







# 연안 및 하구생태복원 관련 워크숍

2013. 12. 4



# 연안 및 하구생태복원 관련 워크숍

## 1. 추진 배경 및 목적

- 현재 많은 간척지가 농업용지나 산업용지로 제구실을 못하고 있는 상황
- 담수호의 수질개선과 갯벌보존 및 복원을 통한 경제적 이득에 대한 관심 증대
- 내륙의 담수관리와 동시에 연근해 및 갯벌관리의 중요성 부각
- 이에따라 미래연안가치 증진을 위한 새로운 연안정책계획 수립을 위한 토론의 장 마련

## 2. 워크숍 개요

- 일시 및 장소 : 2013년 12월 4일(수), 13:30~16:30/충남발전연구원 1층 회의실
- 주제발표
  - 미래 연안 가치 증진을 위한 새로운 연안관리 패러다임(김은경, 지우 대표)
  - 해수유통을 통한 습지복원의 경제 및 환경생태적 가치와 해외사례(전승수, 전남대 교수)
  - 하구생태복원의 국제적 추세 및 충남도 적용방안(장동호, 공주대 교수)
- 참석대상
  - 허재영(대전대 교수), 박영제(한국연구재단 박사), 권철휘(국토해양환경기술단 대표이사)
  - 미래정책TF, 충청남도청 관계자, 원내외 희망자

## 3. 시간계획

|             |                                                                                   |             |
|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| 13:30~13:35 | 개회식(사회 : 이상진 충남발전연구원 선임연구위원)                                                      |             |
|             | 개회사(5분)                                                                           | 충남발전연구원장    |
| 13:35~15:05 | (발표1) 미래 연안 가치 증진을 위한 새로운 연안관리 패러다임                                               | 김은경(지우 대표)  |
|             | (발표2) 해수유통을 통한 습지복원의 경제 및 환경생태적 가치와 해외 사례                                         | 전승수(전남대 교수) |
|             | (발표3) 하구생태복원의 국제적 추세 및 충남도 적용방안                                                   | 장동호(공주대 교수) |
| 15:05~15:20 | 휴식                                                                                |             |
| 15:20~16:30 | 종합토론(좌장 : 허재영, 대전대 교수)<br>(토론자) 박영제(한국연구재단 박사), 마채우(순천향대 교수), 권철휘(국토해양환경기술단 대표이사) |             |



# 미래 연안 가치 증진을 위한 새로운 연안관리 패러다임

2013. 12. 4.

김 은 경

(지속가능성센터 지우 대표)



## 목 차



1. 지속가능발전의 간략한 정리

2. 충남 연안관리의 지속가능성 검토

3. 지속가능한 연안관리 추진 여건

4. 지속가능한 연안관리 과제

5. 전략적 검토

## 1. 지속가능발전의 간략한 정리

3

## 패러다임의 전환

### 성장(Growth) 패러다임

#### ❖ 양적인 팽창에만 초점

- 시장에서 화폐로 거래되는 양 (GDP)의 증가에만 초점
- 체중이 증가하는 것과 같음
- GDP 하나의 지표로 관리



### 발전 (Development) 패러다임

#### ❖ 질적인 측면의 고려

- 경제활동의 사회적 환경적 영향과 경제활동 결과의 형평성 동시 고려
- 건강한 체질을 유지하는 것
- 경제, 사회, 환경 분야 99개 지표

4

## 지속가능발전 핵심 내용

포괄성 : 시간적, 공간적

연계성 : 경제, 사회, 환경의 동시 고려

형평성 : 세대 간, 세대 내, 생물 종 간

안전성 : 물리적안전, 인권 민주적 참여권한

신중성 : 정치, 사회, 기술적 의사결정

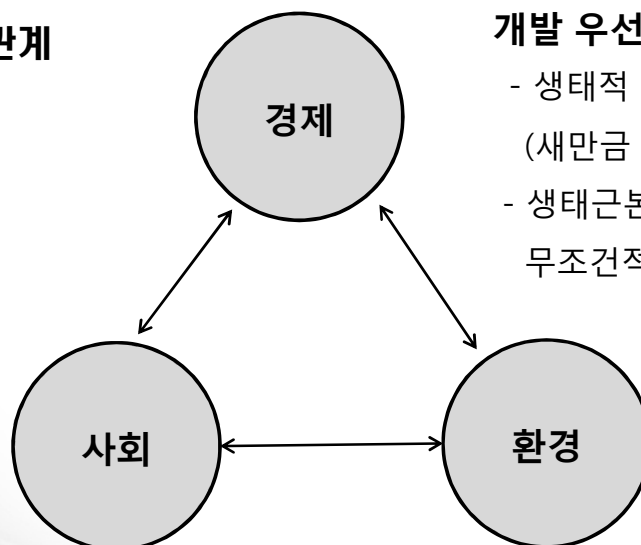
※ 출처: 글래드윈 등(1995)

5

## 지속가능발전 개념도 I

### 사회와 경제의 관계

- 폴라니
- 슈마허



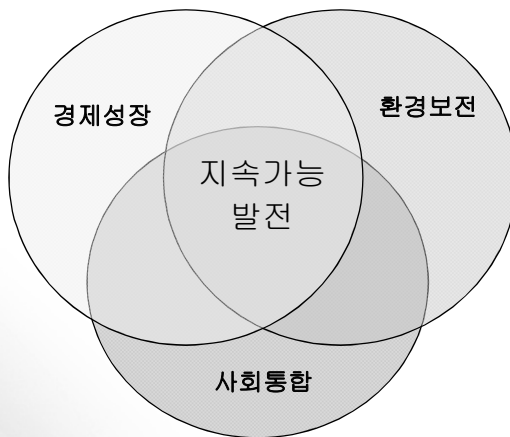
### 개발 우선과 환경보존의 갈등

- 생태적 자원을 경제적 가치로 (새만금 갯벌의 경제적 가치)
- 생태근본주의의 관점에서 무조건적 보존

6



## 지속가능발전 개념도 I

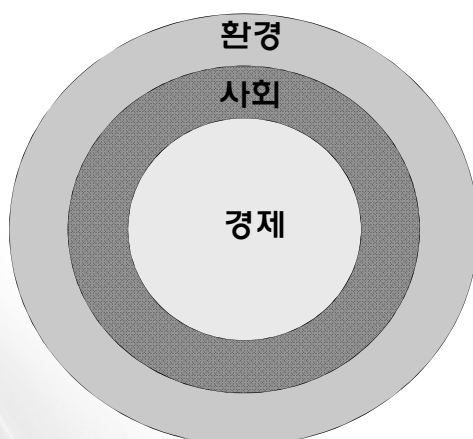


지속가능발전이 세가지 관점을 충족시켜야 한다는 것은 잘 설명하고 있으나,

그 외의 영역들을 어떻게 할 것인지에 대한 논의 부재

세 영역간의 역할이 명확하지 않음

## 지속가능발전 개념도 II



환경과 경제의 대립 구도에서 배제되었던 사회적 측면의 강조

사회정책을 복지 정책으로 해석해왔던 협소함을 극복

경제의 작동 방식을 사회 가치의 범위 내로 통제하고, 인간 사회의 문화와 가치를 생태계의 작동원리 내에 존재하도록 견인

## 1. 지속가능발전의 간략한 정리

## 2. 충남 연안관리의 지속가능성 검토

## 충남 연안관리의 지속가능성 검토

### ◆ 경제적 측면의 검토

#### • 연안의 중요성

- 연안 생태계의 서비스 생산성은 지구전체 생태계가 제공하는 서비스의 70% (Costanza et al, 1997)

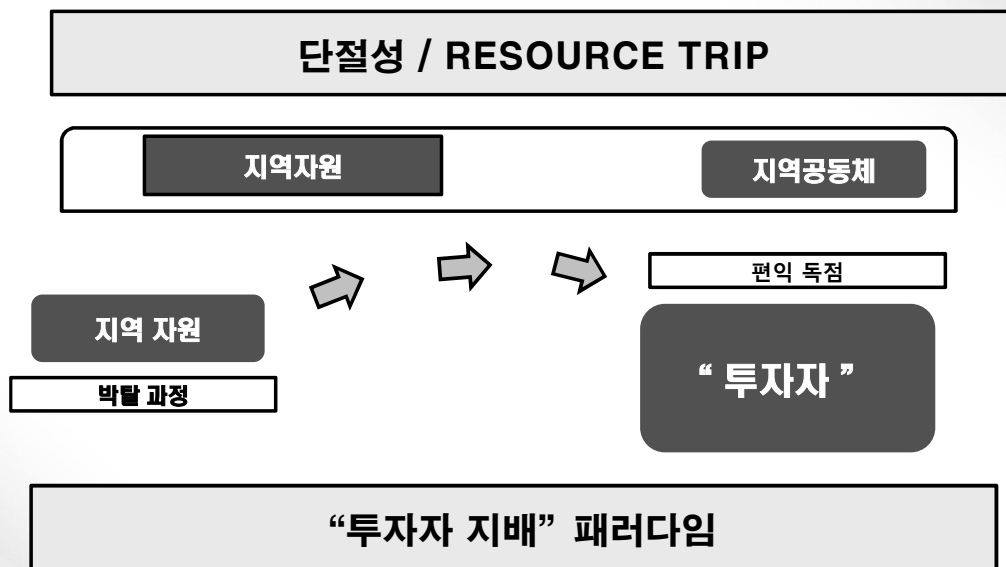
#### • 연안의 집중적 이용으로 인한 훼손과 오염

- 인구의 27%, 국가산업단지의 78.6% 연안에 입지
- 비용 외부화 ; 태안 유류사고

#### • 수산업의 지속가능성

#### • 역외유출: 전국에서 가장 높은 수준

## ■ 유령경제



<2011 아시아미래포럼 - 트리움푸니발제 中>

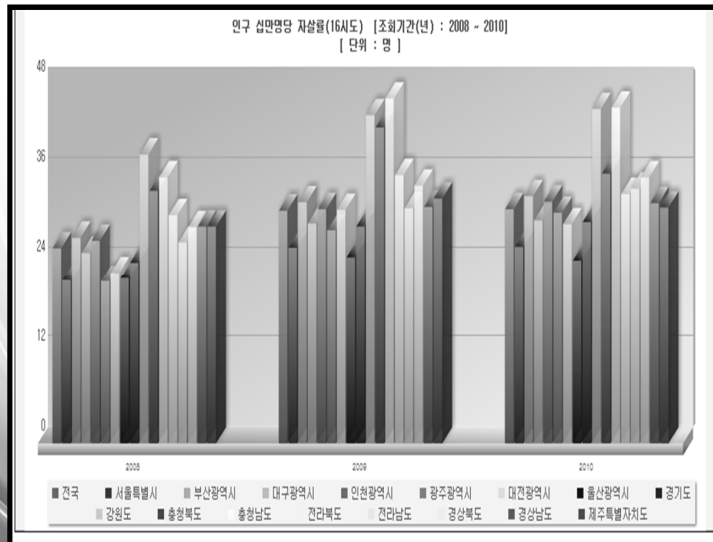
## 충남 연안관리의 지속가능성

### ◆ 사회적 측면

- 자원의 접근권 제한
- 지역의 전통적 생업의 쇠퇴
- 지역 공동체의 해체, 공동체 가치의 부재

## 지역별 자살률

자살률 1위  
충남도 44.6 명  
(2012)



| 시도별         | 2008         | 2009         | 2010         |
|-------------|--------------|--------------|--------------|
| 전국          | 26.00        | 31.00        | 31.20        |
| 서울특별시       | 21.60        | 26.10        | 26.20        |
| 부산광역시       | 27.40        | 32.10        | 32.90        |
| 대구광역시       | 25.40        | 29.30        | 29.70        |
| 인천광역시       | 27.00        | 31.20        | 32.20        |
| 광주광역시       | 21.50        | 28.40        | 30.70        |
| 대전광역시       | 22.70        | 31.10        | 29.20        |
| 울산광역시       | 21.90        | 24.80        | 24.40        |
| 경기도         | 24.10        | 28.90        | 29.50        |
| 강원도         | 38.40        | 43.60        | 44.40        |
| 충청북도        | 33.60        | 42.00        | 35.90        |
| <b>충청남도</b> | <b>35.40</b> | <b>45.80</b> | <b>44.60</b> |
| 전라북도        | 30.40        | 35.70        | 33.20        |
| 전라남도        | 26.80        | 31.30        | 33.90        |
| 경상북도        | 28.80        | 34.30        | 35.40        |
| 경상남도        | 28.90        | 31.50        | 32.00        |
| 제주특별자치도     | 28.90        | 32.60        | 31.40        |

13

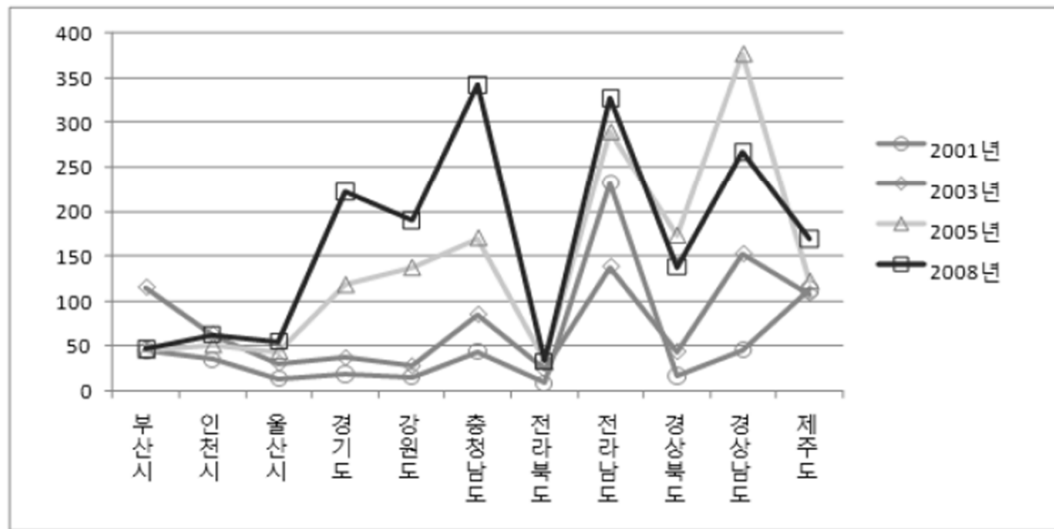
## 충남 연안관리의 지속가능성 검토

### ◆ 환경적 측면

- 자연 연안의 감소
- 갯벌의 감소
- 해양 생물종의 멸종 : 2050년
- 기후변화 위기에 노출

14

## 공유수면 관리



【그림 2-5】 지역별 공유수면 점·사용 신규 허가건수

남정호 이윤정, 2010, 연안 공공이익 침해 방지를 위한 공유수면 관리체계 개선방안

1. 지속가능발전의 간략한 정리

2. 충남 연안관리의 지속가능성 검토

3. 지속가능한 연안관리 추진 여건

## 비전

인간과 자연이 어우러지는 생명의 바다, 풍요로운 삶의 터전

## 목표

- 쾌적하고 건강한 연안해양환경 조성
- 사회적 합의에 기초한 이용·개발체계 구축

## 추진전략

- 연안해양분야 지속가능발전 유도를 위한 사전예방적 제도의 강화
- 생태계보전 및 수산자원육성 기반 구축
- 남북한, 국제협력을 통한 동북아 연안해양관리 이니셔티브 확보
- 참여와 통합의 Ocean Governance 구축

대통령자문지속가능발전위원회, 2005, 연안 해양의 지속가능 발전 방안

17

## 중점추진과제\선정기준

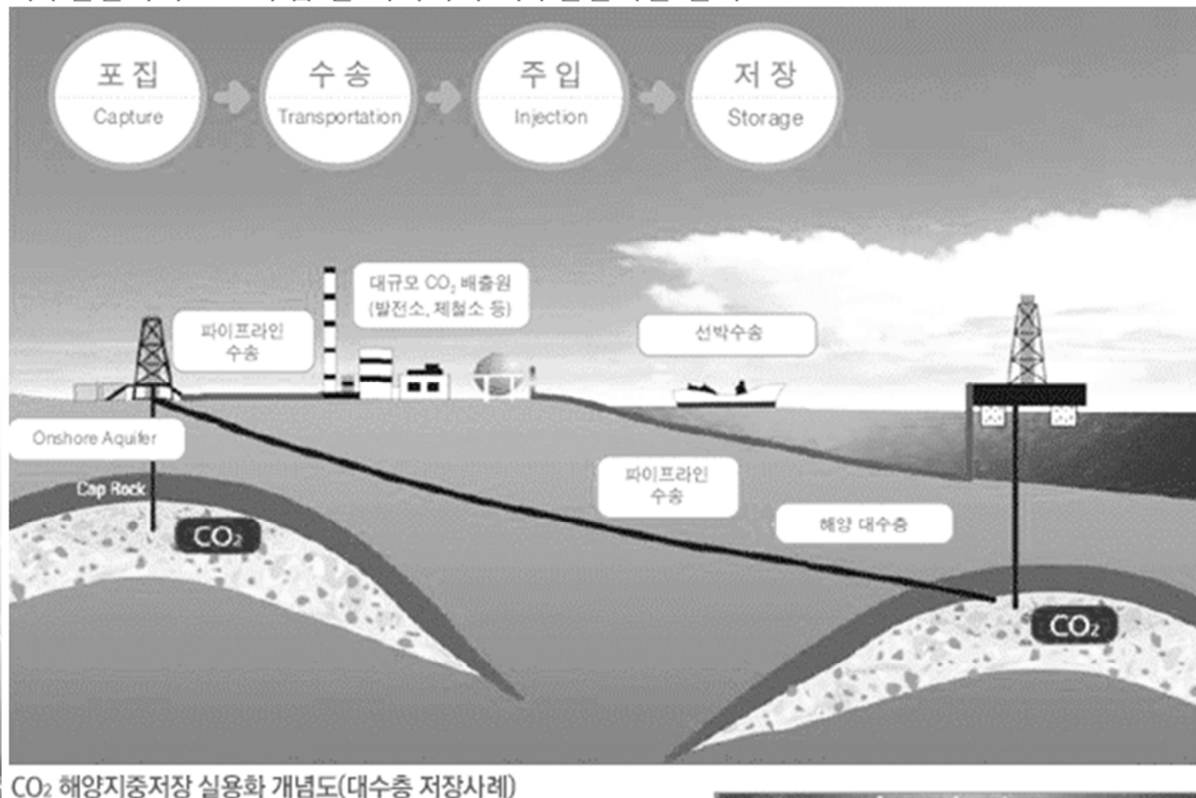
- 자연해안·서식지 손실 방지제 도입
- 연안·해양보호구역 통합관리
- 하구환경관리체계 구축
- 이원화된 연안해역 수질관리체계 개선
- 발전소 온배수 관리체계 확립
- 배타적 경제수역 및 대륙붕 관리
- 서해접경연안 국제해양평화공원 추진
- 통합과 조정의 Ocean Governance

대통령자문지속가능발전위원회, 2005, 연안 해양의 지속가능 발전 방안

18

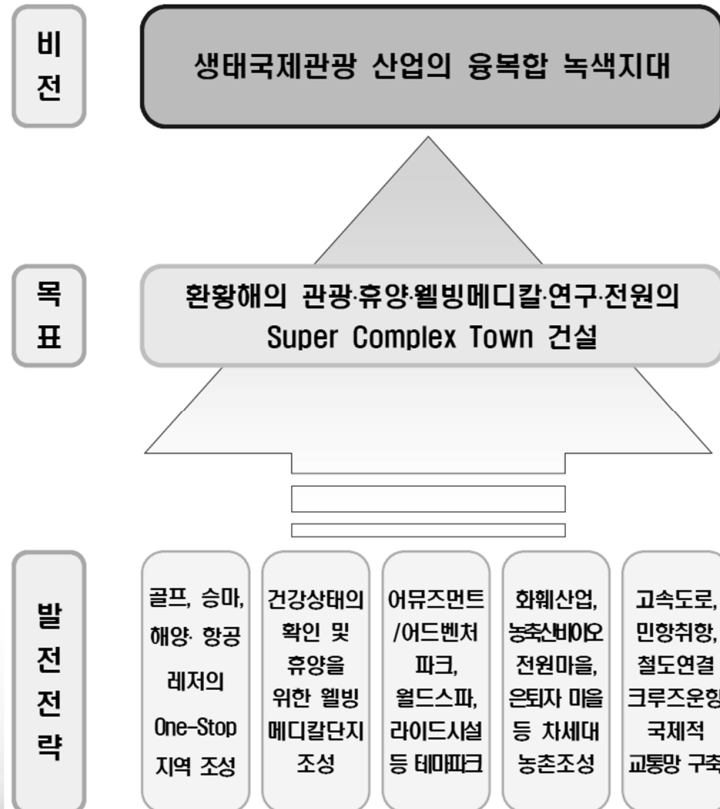


지구온난화의 CO<sub>2</sub> 주범 를 격리하여 지구온난화를 완화





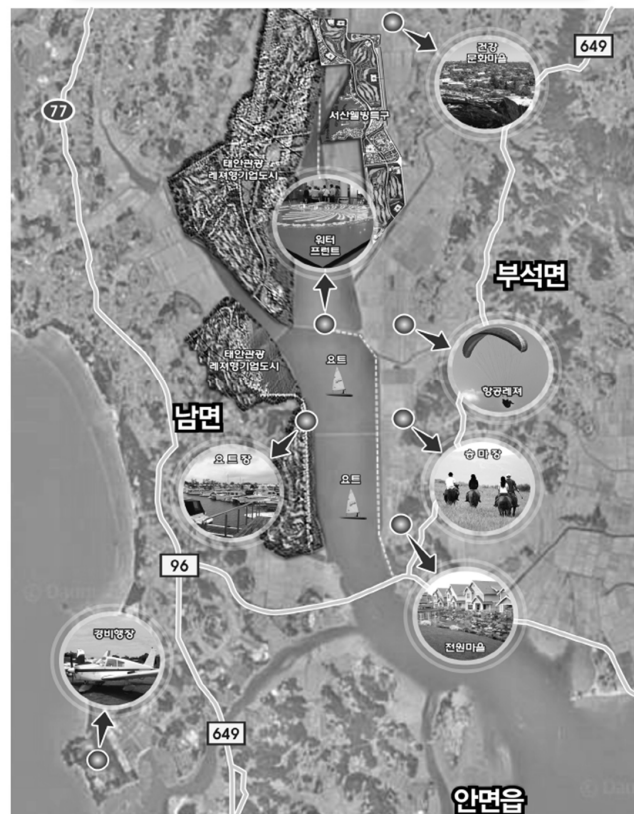




충남발전연구원, 2010, 천수만 생태국제관광 휴양도시 조성을 위한 전문가 워크숍 **충**

23

## 천수만 국제관광·휴양도시

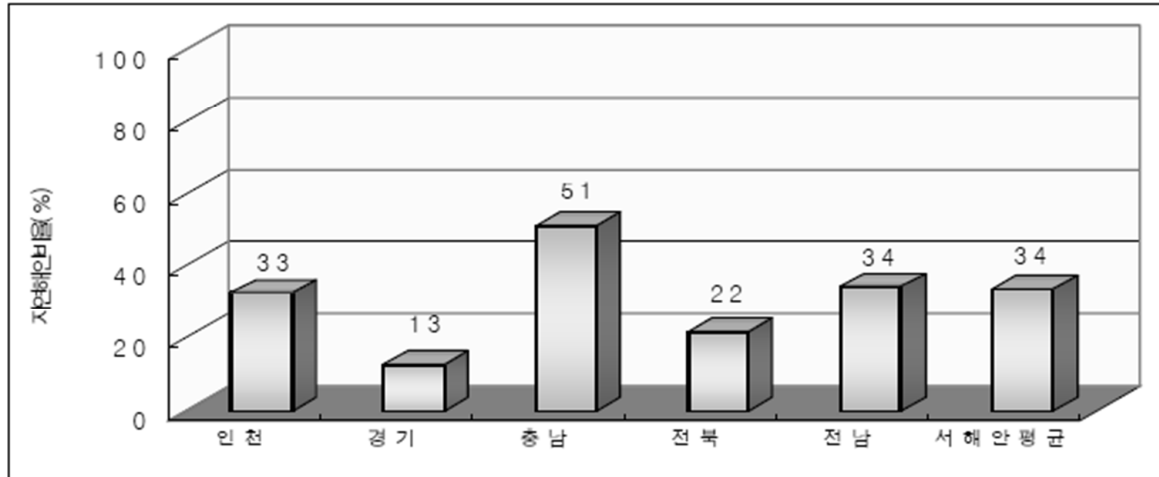


충남발전연구원, 2010, 천수만 생태국제관광 휴양도시 조성을 위한 전문가 워크숍 **충**

24

## 충남 연안 중요성

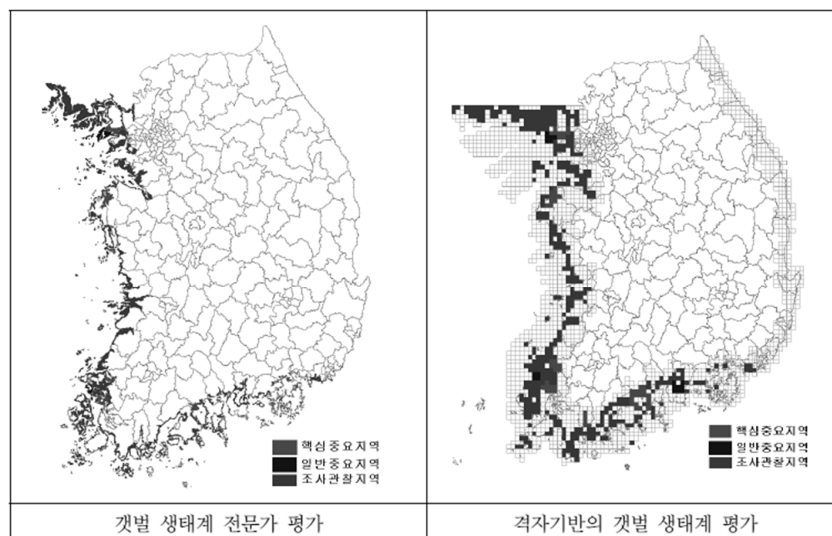
<서해연안 자연해안선 비율>



대통령자문 지속가능발전위원회, 2005, 연안·해양의 지속가능 발전방안

25

## 충남 연안 생태계 현황 (갯벌)

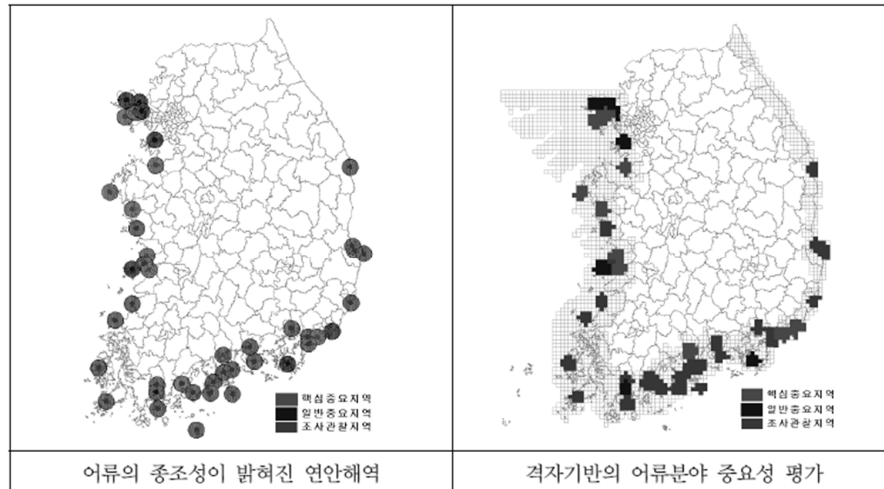


<그림 4-12> 갯벌 생태계의 잠재적 중요지역 도출 및 도면화

박창석 외, 2008, 국토연안생태네트워크 구축과 계획적 관리 방안 (I), KEI

26

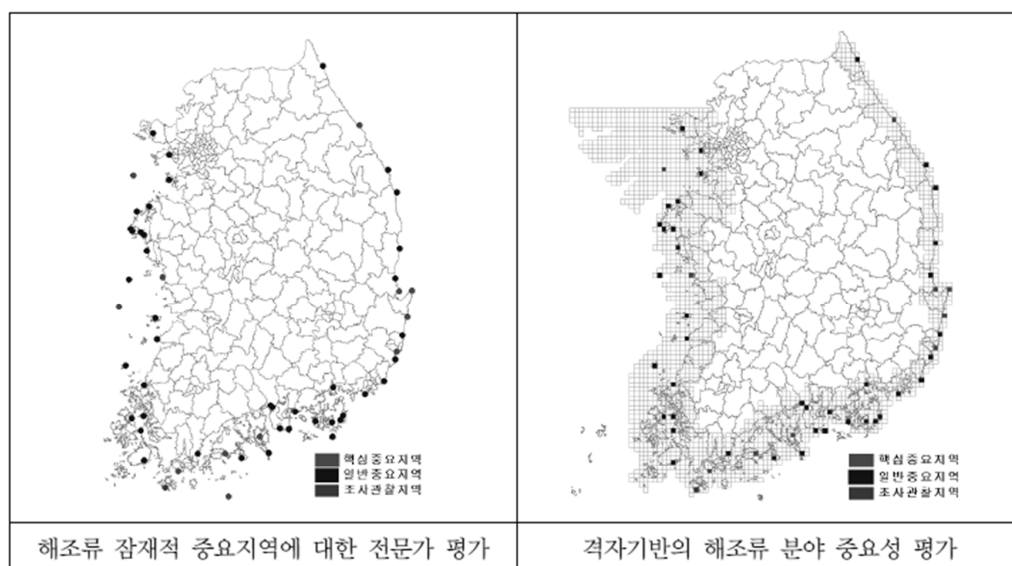
## 충남 연안 생태계 현황 (어류)



〈그림 4-14〉 어류의 잠재적 중요지역 도출 및 도면화

박창석 외, 2008, 국토연안생태네트워크 구축과 계획적 관리 방안 (I), KEI

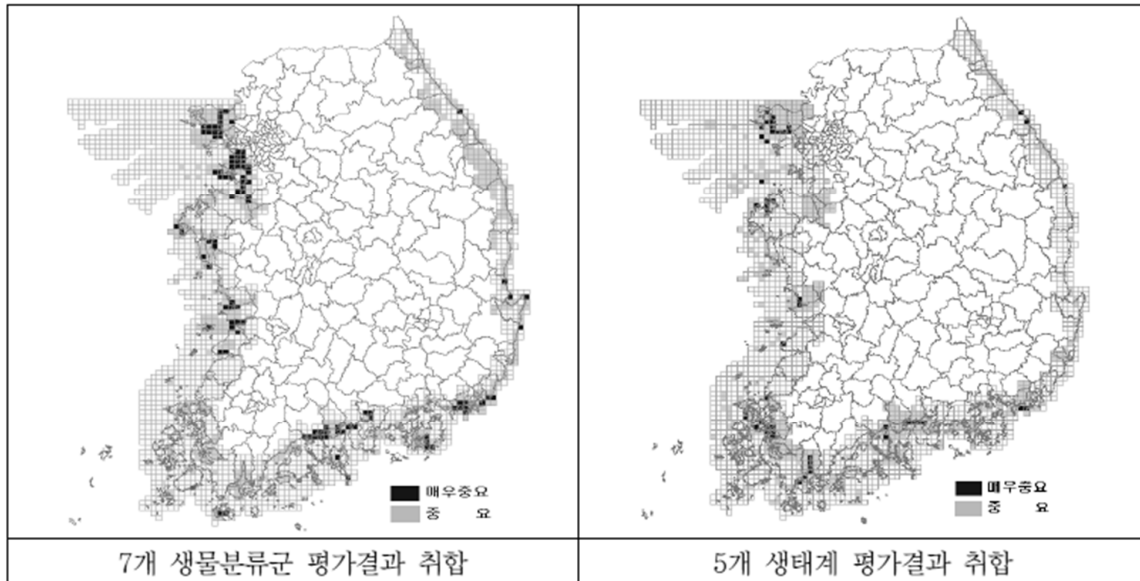
## 충남 연안 생태계 현황 (해조류)



〈그림 4-18〉 해조류 분야 잠재적 중요지역 도출 및 도면화

박창석 외, 2008, 국토연안생태네트워크 구축과 계획적 관리 방안 (I), KEI

## 충남 연안 생태계 현황 (생태계)

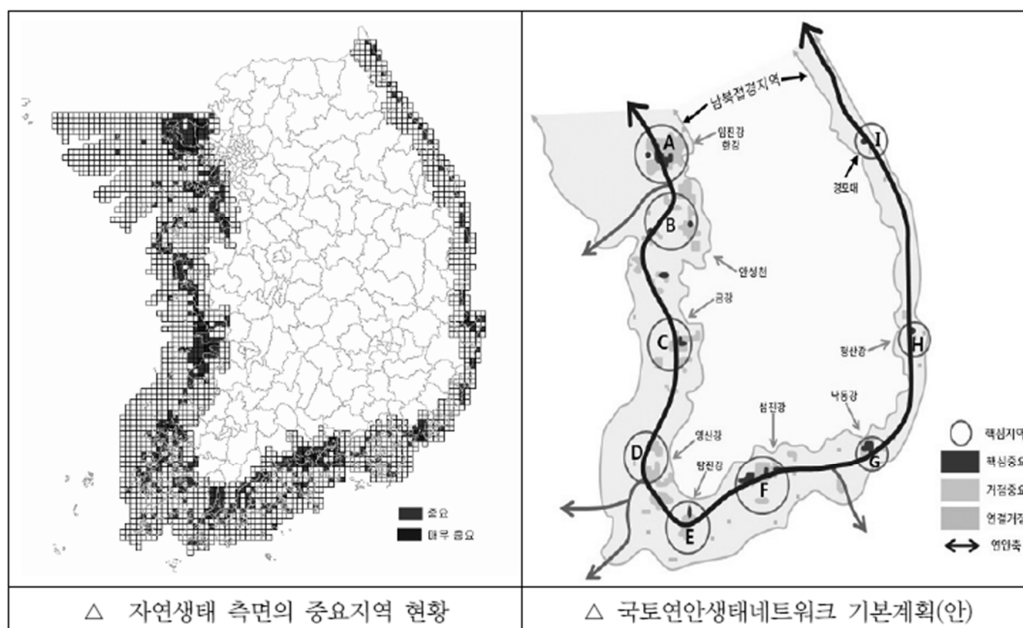


〈그림 4-21〉 생물분류군 평가도 및 생태계 평가도

박창석 외, 2008, 국토연안생태네트워크 구축과 계획적 관리 방안 (I)

29

## 충남 연안 생태의 중요성

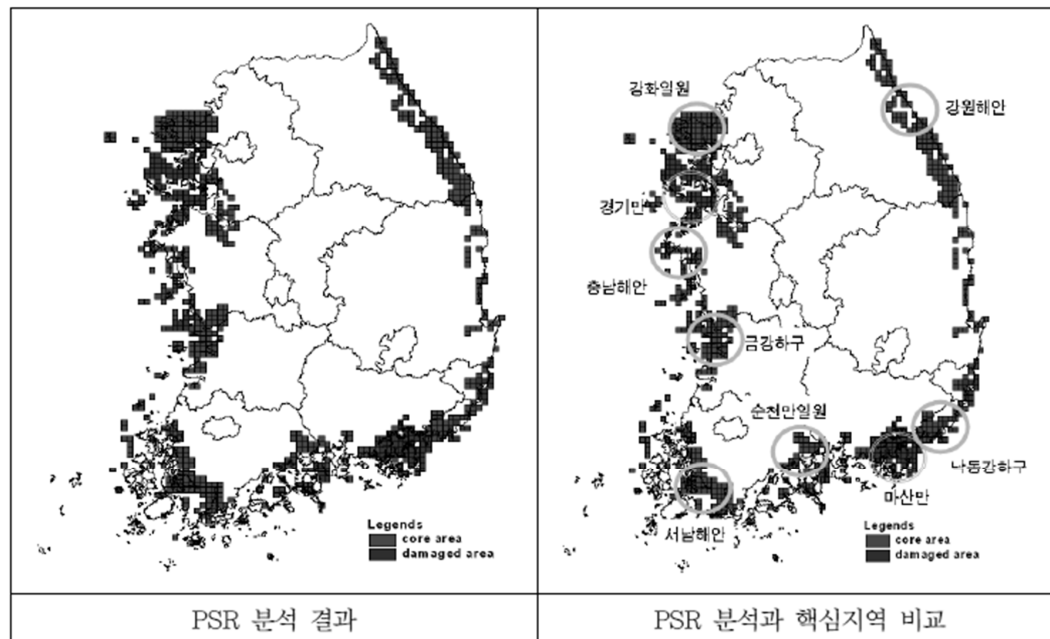


〈그림 1-1〉 국토연안 중요지역 현황과 기본계획안(1차년도 주요 연구결과)

박창석 외, 2008, 국토연안생태네트워크 구축과 계획적 관리 방안 (I)

30

## 충남 연안 생태계의 관리 방향



〈그림 2-18〉 권역별 국토연안생태네트워크 관리방향 분석

박창석 외, 2009, 국토연안생태네트워크 구축과 계획적 관리 방안 (II)

31

## 연안 생태계의 관리 업무의 분산

### ❖ '공간적 속성'과 '기능적 속성'이 복잡하게 교차

- 공간적 : 토지(육지부) + 물(해면부)  
= 이질적 속성의 전이 환경대
- 기능적 : 산업, 도시, 교통, 수산, 생태계 · 환경보호, 항만, 해운, 관광 레저
- 행정적 : 해수부, 환경부, 국토부, 농림부, 산업부, 문화관광부

32

1. 지속가능발전의 간략한 정리

2. 충남 연안관리의 지속가능성 검토

3. 지속가능한 연안관리 추진 여건

4. 지속가능한 연안관리 과제

33

## 1. 지속가능한 연안관리의 원칙

- 추가 매립 금지
- 선 보존 후 개발
- 복원
  - 순손실 방지, 총량관리
    - ※ 충남 48%('05년)→ 50%('10년)→55%('20년)
  - 보호지역 지정 복원

34

## 2. 통합 연안관리 계획 수립

### ❖ 해양수산 정책 내의 조정

- 지속가능한 연안관리 원칙에 따른 조정
  - 보전 계획과 이용 계획이 상충 조정
- 추진 사업들의 지속가능성 재검토
  - 천수만의 대규모 관광단지 개발의 타당성
- 항만 건설의 과다투자 우려 재검토
  - 도로의 과다투자가 되풀이될 우려는 없는지
- 수산업의 지속가능발전 방향
  - 어획량 확대에서 어족자원 보호로

35

## 2. 통합 연안관리 계획 수립

### ❖ 기초 지방자치단체와 연계

- 기초지자체의 연안관리 계획 수립 지원
- 지속가능발전의 가치 공유
- 연안관리의 원칙 공유
- 연안관리 심의제도 연계

36

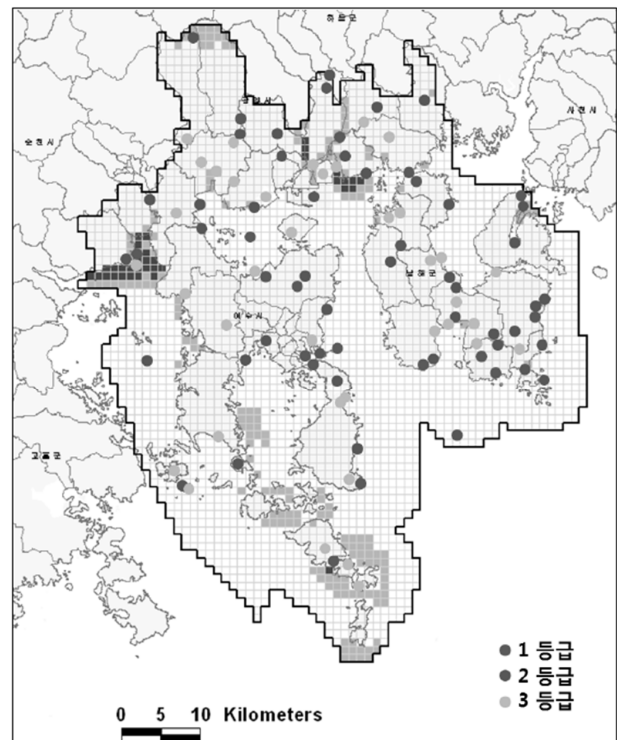
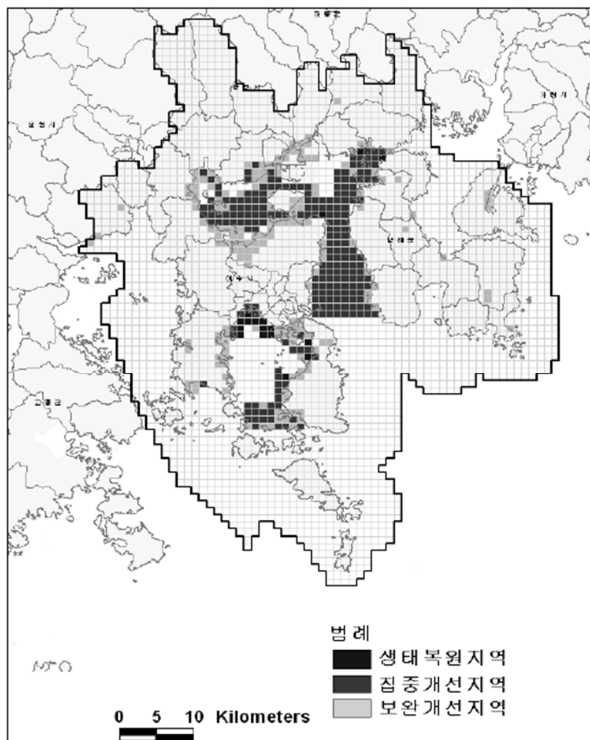
## 2. 통합 연안관리 계획 수립

### ❖ 분산된 행정 기능의 통합

- 여러 부서로 분할된 기능을 과제별로 통합
  - 연안생태계 조사 : 환경녹지국, 해양수산국
  - 하구댐 관리 : 환경녹지국, 해양수산국, 농정국, 건설교통국, 경제통상, 문화체육관광국 등
- 중앙부서와 달리 공간적 특성 중심 통합 유리
  - 융복합 행정의 사례

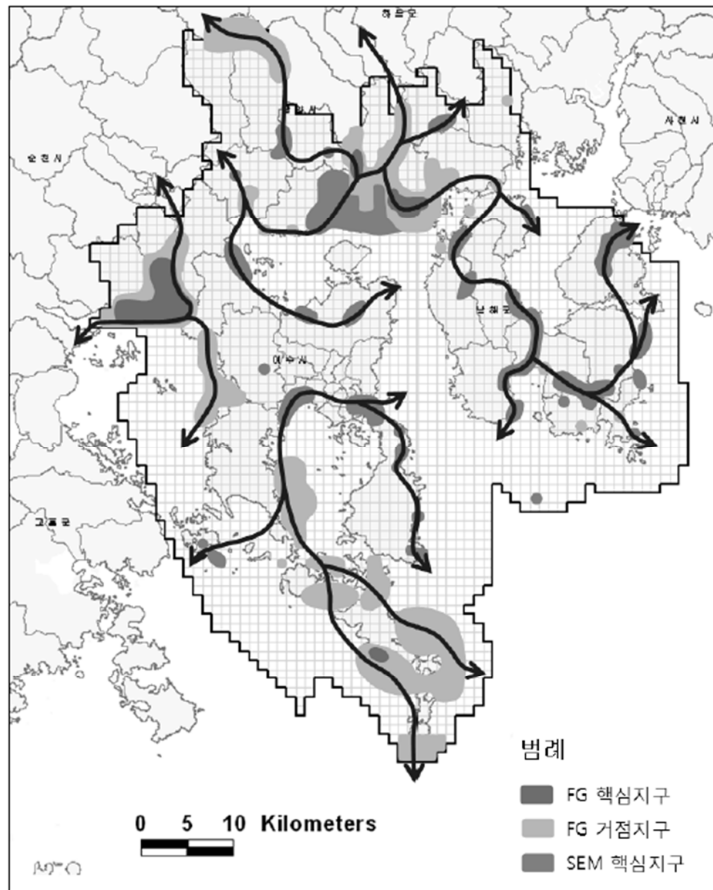
37

## 3. 충남 연안 생태계에 대한 세부 조사



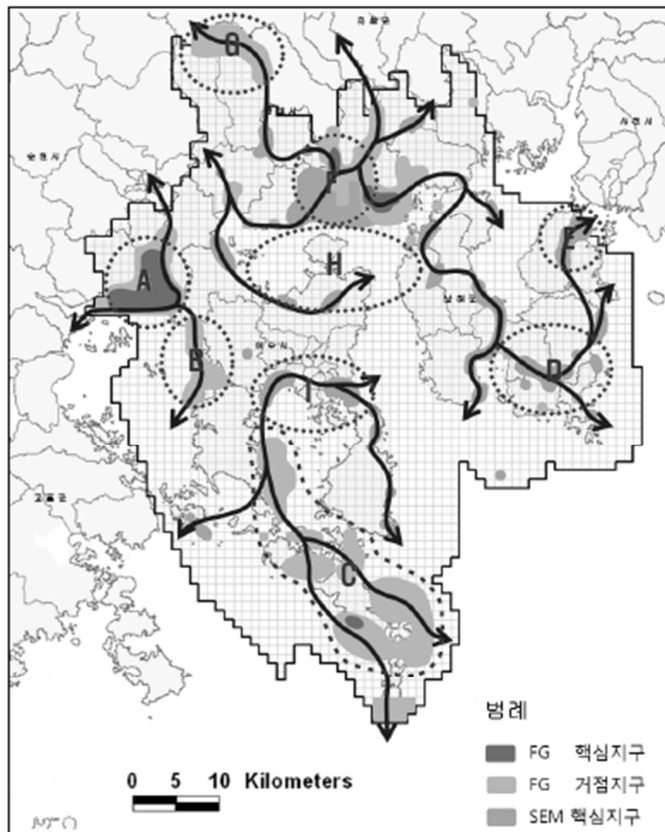
〈그림 3-22〉 주민인식에 기초한 주요 장소(자원)의 분포





## 연안생태네트워크 (안)

39



## 연안생태네트워크 관리 방안

〈그림 3-24〉 사레연구권역의 연안생태네트워크 관리방안 마련

40

#### 4. 연안 생태계 복원 및 관리 제도 연구

- 영국의 국민신탁 제도
  - 넵튠 캠페인
- 미국 공공신탁 이론

남정호 이윤정, 2010, 연안 공공이익 침해 방지를 위한 공유수면  
관리체제 개선 방안

- 프랑스의 해안보호제도

프랑스는 우리와 유사한 연안관리 정책의 변화과정을 거쳤으며,  
15년 에서 20년 정도 시차가 있음

41

#### 프랑스 - 랑그독 루시옹 (Languedoc-Roussillon)

- 위 치 : 프랑스 남서부 지중해 연안
- 규 모 : 27,376km<sup>2</sup> (해변 약 180km) / 개발기간 : 1965~1983 (18년)
- 주요시설 : 마리나, 특급호텔, 중저가 호텔, 콘도미니엄, 골프장, 별장, 캠핑장 등
- 특징 : 정부 주도의 대규모 관광 개발로 대표적인 해안개발 사례
  - 표준화·대량화된 대규모 관광개발의 한계( '시멘트 덩어리 해안'이라는 비판 있음)
  - 관광객 우선시하는 관광개발로 자연 그대로의 해안환경보호에 대한 관심 부족



개발전 바닷가 평원



개발후 모습

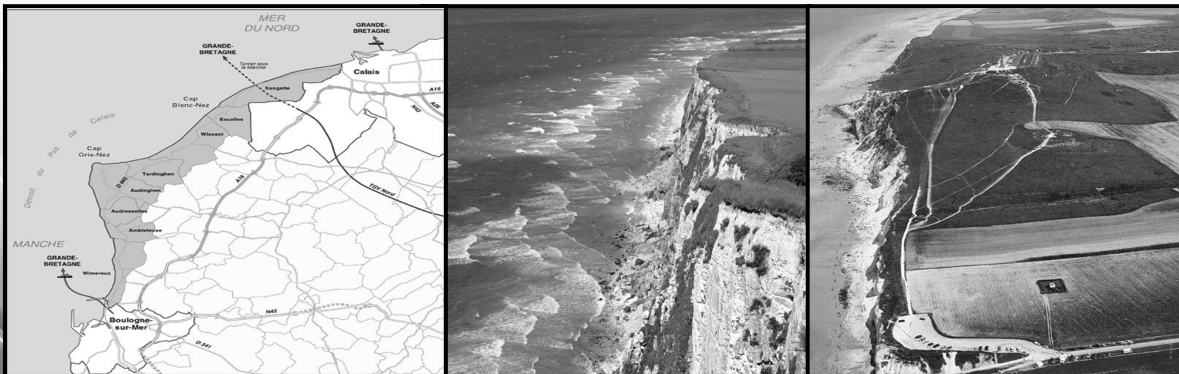


마리나

42

## 프랑스 - 파스칼레(Pas de Calais)

- 위 치 : 프랑스 북서부 지방
- 규 모 : 사업면적 2,130ha, 보호구역 4,581ha, 해안보호청 소유 595ha
- 사업기간 : 2000년대 시작~
- 추진방법 : 해안보호청이 파스칼레지역 해안 구입 지자체 기부(내셔널트러스트 형태)
- 사업주체 : 주의회, 도의회, 기초 지자체연합 파트너십(기업은 사회공헌)
- 사업내용 : 훼손지역 보호, 자연복원, 자연산책로, 지역일자리창출 등  
- 마을, 소규모 지자체 생태관광, 민박, 식당 등 토착 소규모 서비스 발달

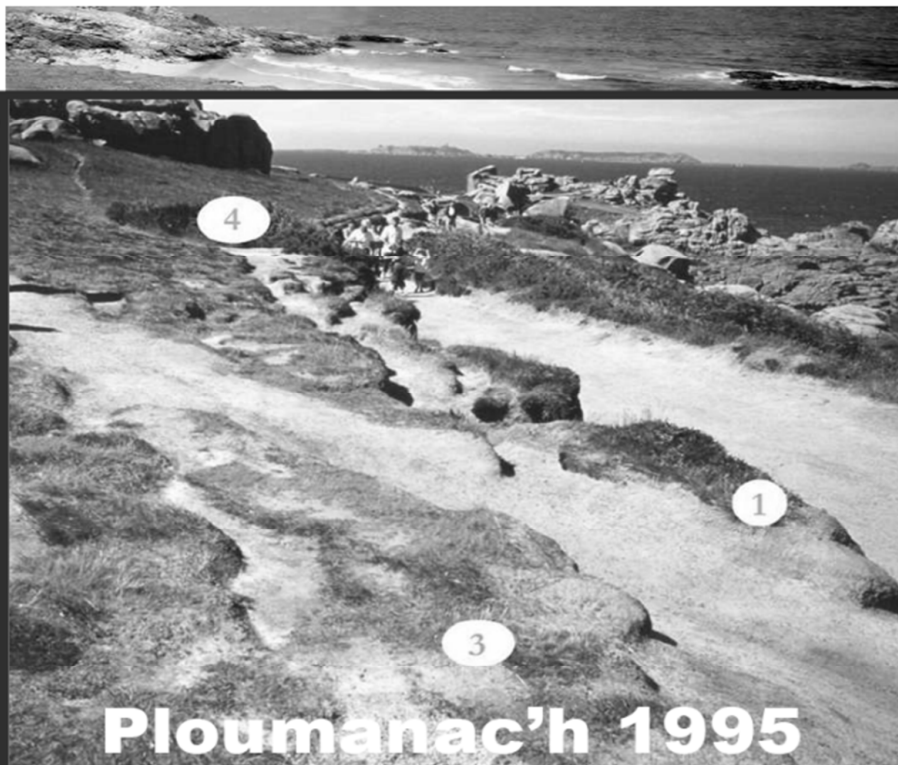


43

Conservatoire  
du littoral

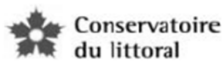
Des travaux de  
restauration

복원 전



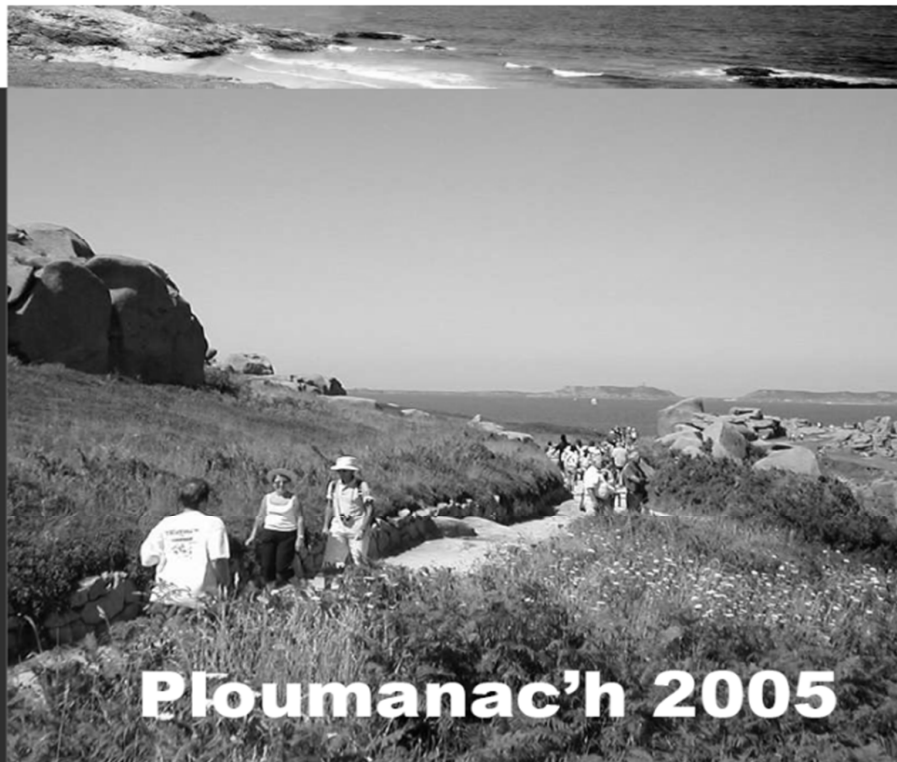
Ploumanac'h 1995

44

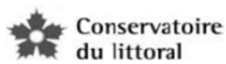


## Des travaux de restauration

복원 후



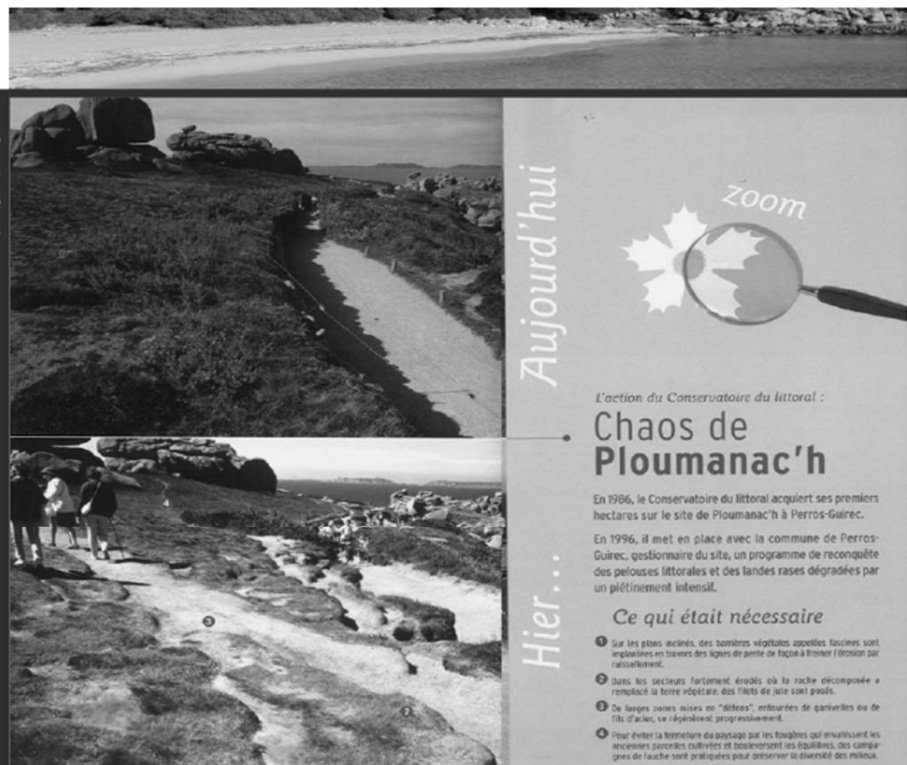
45



## Recalibrer les circulations, aménager les sentiers

오솔길  
관리 사례

위:복원후  
아래:복원전



Aujourd'hui  
Hier...



L'action du Conservatoire du littoral :

### Chaos de Ploumanac'h

En 1986, le Conservatoire du littoral acquiert ses premiers hectares sur le site de Ploumanac'h à Perros-Guirec.

En 1996, il met en place avec la commune de Perros-Guirec, gestionnaire du site, un programme de reconquête des pelouses littorales et des landes rases dégradées par un piétinement intensif.

#### Ce qui était nécessaire

- 1 Sur les plates inclinées, des brousses végétales appelées fascines sont implantées en travers des lignes de pente de façon à freiner l'érosion par ruissellement.
- 2 Dans les secteurs fortement érodés où la roche décomposée a remplacé la terre végétale, des filets de jute sont posés.
- 3 De larges zones mises en "débrous", entourées de garrigues ou de filets d'acier, se réhabitent progressivement.
- 4 Pour éviter la fermeture du paysage par les fougères qui envahissent les anciennes parcelles cultivées et bouleversent les équilibres, des coupes de fougère sont pratiquées pour préserver la diversité des milieux.

46



Conservatoire  
du littoral

**Fermeture des  
accès pour  
supprimer le  
camping  
sauvage et la  
circulation  
motorisée**

캠핑과  
자동차  
운행금지를  
위한  
접근 통제

위:복원후  
아래:복원전



Aujourd'hui

Hier...



L'action du Conservatoire du littoral :

## Anse de Kerguelen

Situés sur le littoral de Larmor Plage, les dunes et marais de Kerguelen, menacés d'urbanisation et envahis par le camping sauvage, ont été acquis dès 1984. Sous la gestion de la Communauté d'agglomérations Cap l'Orient, diverses actions de restauration ont été entreprises pour reconquérir cet espace naturel et organiser la circulation du public.

### Ce qui était nécessaire

- 1 Fermeture des accès afin de supprimer le camping sauvage et la circulation motorisée.
- 2 Organisation de la fréquentation du public.
- 3 Genévrières, mise en "offens" de larges zones.
- 4 Désaiblissement de bâtiments.
- 5 Programme de restauration des marais.

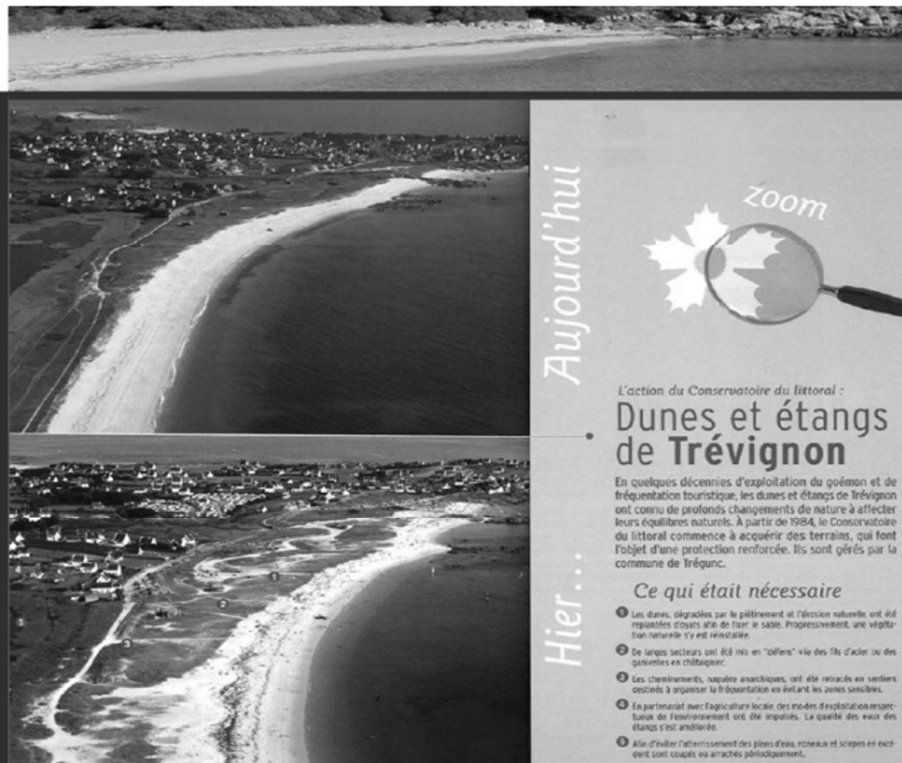


Conservatoire  
du littoral

**Restaurer les  
milieux, les  
équilibres  
écologiques**

환경,  
생태적균형  
복원

위:복원후  
아래:복원전



Aujourd'hui

Hier...



L'action du Conservatoire du littoral :

## Dunes et étangs de Trévignon

En quelques décennies d'exploitation du goémon et de fréquentation touristique, les dunes et étangs de Trévignon ont connu de profonds changements de nature à affecter leurs équilibres naturels. À partir de 1984, le Conservatoire du littoral commence à acquérir des terrains, qui font l'objet d'une protection renforcée. Ils sont gérés par la commune de Tréguier.

### Ce qui était nécessaire

- 1 Les dunes, dégradées par le piétinement et l'érosion naturelle, ont été reprises d'urgence afin de leur faire retrouver leur vocation naturelle. Une végétation naturelle s'y est réinstallée.
- 2 De larges secteurs ont été mis en "offens" via des fils d'acier ou des genévrières en châtiaier.
- 3 Les chemins, nappes anastomiques, ont été remis en service, destinés à organiser la fréquentation en évitant les zones sensibles.
- 4 Le partenariat avec l'agriculture locale des modes d'exploitation respectueux de l'environnement ont été imposés. La qualité des eaux des étangs s'est améliorée.
- 5 Afin d'éviter l'atterrissement des plans d'eau, riveaux et scapes en excédent sont coupés en attaches périodiquement.

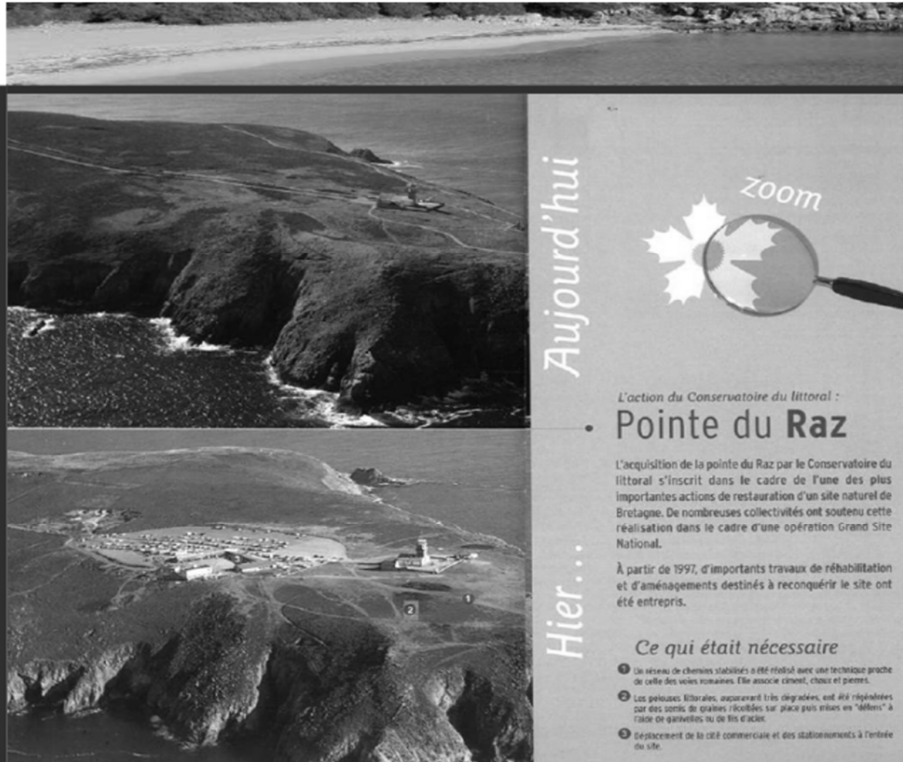


Conservatoire  
du littoral

**Maîtrise  
foncière pour  
une reconquête  
paysagère et  
écologique du  
site**

생태계와  
자연경관의  
복원을  
위한  
토지이용  
규제

위:복원후  
아래:복원전



Aujourd'hui

Hier...



L'action du Conservatoire du littoral :

## Pointe du Raz

L'acquisition de la pointe du Raz par le Conservatoire du littoral s'inscrit dans le cadre de l'une des plus importantes actions de restauration d'un site naturel de Bretagne. De nombreuses collectivités ont soutenu cette réalisation dans le cadre d'une opération Grand Site National.

À partir de 1997, d'importants travaux de réhabilitation et d'aménagements destinés à reconquérir le site ont été entrepris.

### Ce qui était nécessaire

1. Un réseau de chemins stabilisés a été réalisé avec une technique proche de celle des voies romaines. Elle associe ciment, chaux et pierres.
2. Les pelouses littorales, auparavant très dégradées, ont été réimplantées par des semailles de graminées riches en "débris" à l'issue de garrigues ou de fens d'écure.
3. Déplacement de la cité commerciale et des bâtiments à l'entrée du site.

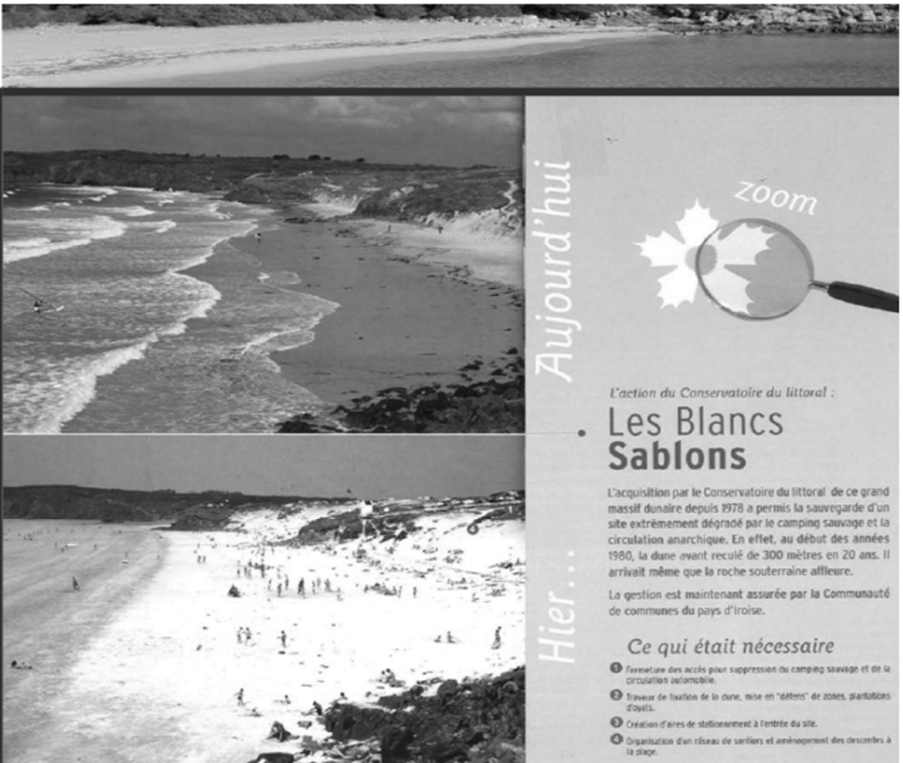


Conservatoire  
du littoral

**Stabilisation du  
massif dunaire,  
création d'aires  
de stationnement à  
l'entrée du site**

토지환경  
안정화,  
지역에  
진입하기  
위한  
점유가  
만든 환경

위:복원후  
아래:복원전



Aujourd'hui

Hier...



L'action du Conservatoire du littoral :

## Les Blancs Sablons

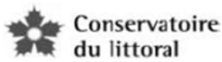
L'acquisition par le Conservatoire du littoral de ce grand massif dunaire depuis 1978 a permis la sauvegarde d'un site extrêmement dégradé par le camping sauvage et la circulation anarchique. En effet, au début des années 1980, la dune avait reculé de 300 mètres en 20 ans. Il arrivait même que la roche souterraine affleure.

La gestion est maintenant assurée par la Communauté de communes du pays d'Iroise.

### Ce qui était nécessaire

1. Fermeture des accès pour suppression du camping sauvage et de la circulation automobile.
2. Travaux de fixation de la dune, mise en "débris" de zones, plantations d'ovula.
3. Création d'aires de stationnement à l'entrée du site.
4. Organisation d'un réseau de sentiers et aménagement des descentes à la plage.

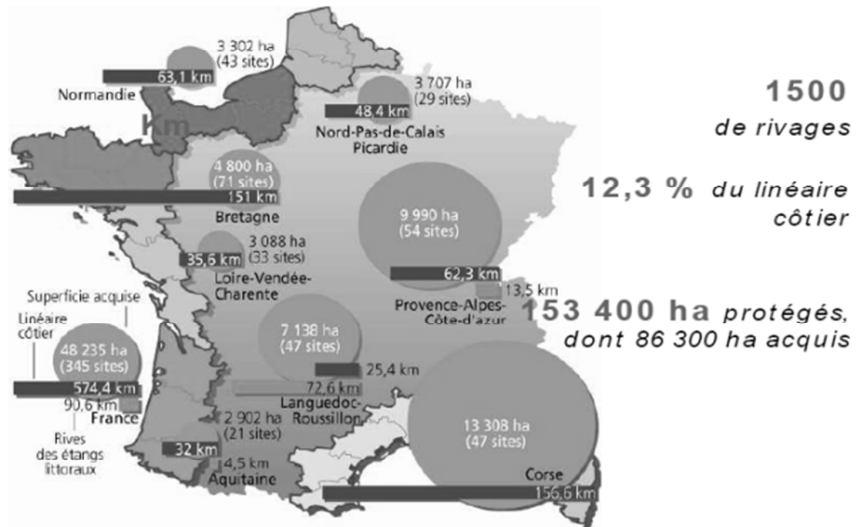




Patrimoine du  
Conservatoire  
du littoral en  
Janvier 2013

2013년 1월  
해안보호청  
토지 소유  
현황

## 800 sites sous la protection du Conservatoire du littoral et de ses partenaires



Ces données concernent le littoral métropolitain en 1997

## 5. 지역 거버넌스 구성 및 활성화

### ❖ 지역 거버넌스 체계 구축

- 지역 공동체 중심의 지역 발전 방안 논의
- 자원 접근권, 경제적 기회의 형평성
- 연안 복원에 대한 갈등 예방

## 6. 연안 하구역 통합관리 체계 마련

### ❖ 수자원관리종합계획과 연계

- 지속가능발전 관점에서 수자원 종합관리계획 수립
- 수자원 보전 및 이용, 수질관리 방향에 따라서 담수호 및 하구댐 관리 계획 결정

### ❖ 수자원관리의 기본 방향

- 물길 복원
- 연안· 하구역 통합관리
- 우수 활용도 제고
- 댐을 활용한 수자원 관리 탈피

53

## 6. 연안 하구역 통합관리 체계 마련

| 시행 부처     | 2005년                                   | 2006년                        | 2007년               | 2008년                      |
|-----------|-----------------------------------------|------------------------------|---------------------|----------------------------|
| 지속가능발전위원회 | 하구지속가능발전<br>개념 정립 및 전략<br>수립            | 한강하구 세계자<br>연생태평화공원<br>전략 수립 | 하구지속가능성<br>평가지표 개발  | 지속가능발전 평<br>가지표 적용         |
| 국무총리실     | 환경관리체제 통<br>합 또는 협의조정<br>메커니즘 개발        | 하구환경관리업무<br>지침 개발, 법률정<br>비  | 하구환경관리종합<br>계획 수립   | 한강하구 자연생<br>태평화공원 지정<br>추진 |
| 환경부       | 해수부와 공동으<br>로 법률입법 추진,<br>하구보호구역 지<br>정 | 관련법률 정비                      | 하구환경관리시행<br>계획 수립   | 하구별 환경관리<br>프로그램 개발        |
| 해양수산부     | 환경부와 공동으<br>로 입법추진, 하구<br>보호구역지정        | 관련 법률 정비                     | 하구환경관리시행<br>계획 수립   | 하구별 환경관리<br>프로그램 개발        |
| 농림부       | 하구둑 기능 종합<br>평가                         | 종합평가 계속                      | 종합평가에 따른<br>정비방안 수립 | 정비방안 시행                    |

54



1. 지속가능발전의 간략한 정리

2. 충남 연안관리의 지속가능성 검토

3. 지속가능한 연안관리 추진 여건

4. 지속가능한 연안관리 과제

5. 전략적 검토

## 지속가능발전 추진 체계

### 1) 행정의 지향하는 가치

#### ◆ 지속가능발전 가치 평가

- 경제발전, 환경보존, 사회통합 동시 고려
- 세대 내, 세대 간, 종 간의 형평성

### 2) 행정 패러다임 전환

#### ◆ 지속가능발전 전략 및 이행계획 수립

- 수평적 소통에 의해 중복/상충해소 조정통합 강화

## 지속가능발전

### 3) 지표 체계

#### ◆ 지속가능발전 지표 평가

- 경제, 환경, 사회의 균형
- 성과지표와 SD 지표의 연계

### 4) 거버넌스 시스템

#### ◆ 거버넌스 기구 설치 운영

- 참여확대를 통한 만족도 및 투명성 제고

## 지속가능발전에 대한 인식제고

### ❖ 추진 기반의 형성

- 전 구성원의 지속가능발전에 대한 인식 공유를 위한 기본 교육
- 정책 분야별 지속가능발전 방향에 대한 이해를 촉진하는 워크숍
- 지표를 통한 혁신과 정책 융복합 촉진

57

## 융복합 행정의 구현 방안

### ❖ Task Force 등

- 이행 과정의 논의 구조

58

## 연안 생태 회복을 위한 로드맵

### ❖ Two Track으로 진행

- 전체 과제 이행 로드맵
- 특정 지역의 생태회복을 위한 로드맵

# 해수유통을 통한 습지복원의 경제 및 환경생태적 가치와 해외 사례

전남대학교 지구환경과학부 교수 전 승 수

## 1. 서론

강은 흘러야 한다. 그러나 금강, 영산강, 낙동강, 만경강, 삼교천, 아산천 등 국내의 대규모 강은 거의 모두 하구둑으로 막혀있어 더 이상 강이 아니며, 강의 기능을 제대로 수행하지 못한다. 우리는 영산강이 하구둑에 막히어 생긴 하구호를 영산호라 부른다. 그런데 여름철에 이 호수에서는 이상한 고약한 냄새가 난다. 영산호에 무슨 일이 있기에 그런 것일까? 전남도청이 자리를 잡은 남악 신도심과 인근의 영암호와 금호호 주변은 전남의 21세기형 지역발전의 모습을 보여줄 수 있는 희망의 신도시를 꿈꾸는 곳, 아니 꿈이 되어야 하는 곳인데... 충남의 소규모 하천은 이미 대부분 수질에 문제가 심각하며, 금강호도 이제 영산호의 전철을 밟을 수밖에 없을 것이다.

우리나라에는 이제 제대로 자연환경을 유지하는 규모가 있는 하구는 한강하구를 제외하면 남아 있지 않은 상태이다. 크건 작건 모든 하구호 주변마다 관광지구가 아닌 곳이 없지만 어느 하나 관광지로 성공한 곳이 없으며, 지어놓은 숙박시설 등의 관광시설이 폐허가 되지 않은 곳도 없다. 하구환경은 지구상에 존재하는 자연환경 중에서 가장 가치가 높은 곳으로 평가되고 있으며, 논외의 경제적 가치와 비교하여 약 250배의 가치가 있는 것으로 알려지고 있다. 뉴욕, 런던, 함부르크, 시드니, 샌프란시스코, 두바이 등 대부분의 국제적으로 유명한 도시들은 모두 자연하구와 인접하여 발전하며 점차 상류와 바다 쪽으로 발전해 나가는 항구도시들이다. 물론 당연히 하구는 막혀 있지 않고 바다로 열려 있는, 막혀있지 않은 하구들이다.

악취의 문제, 수질의 문제는 영산강이 하구둑에 막힌지 20년이 넘었기에 일어나는 현상이다. 이제 전남의 미래가 걸려있는 관광기업도시인 J프로젝트의 성공가능성을 움켜잡고 있는 것도 영산강의 수질문제이다. 하구가 막혀 있으면 바다로 빠져나가 연안환경을 살찌우게 할 유기물들이 하구호에 급격히 퇴적되어 퇴적물에 유기오염을 일으키며, 여름철에는 이들 물질에서 용출되는 인에 의해 다시 녹조현상을 일으키고, 이들은 다시 퇴적물에 축적되어 수질악화는 물론 악취를 발생하여 영원히 돌이킬 수 없는 문제를 야기하게 된다. 연안어장도 강을 통해 공급되어야 할 영양염의 부족으로 피폐화되고, 하구둑 근처의 바다는 퇴적물이 빠르게 퇴적되어 또한 해수의 수질을 악화시켜 안과 밖으로 모두 문제를 일으키는 것이 하구둑이다. 영산강 하구둑보다 먼저 건설된 서낙동강 하구

는 이제 돌이킬 수 없는 곳이 되었으며, 금강 하구둑은 이제 10~15년 이내에 같은 수질 문제에 봉착할 것이 틀림없다. 1981년에 완공된 영산강 하구둑에 비해 1987년에 완공된 낙동강 하구둑은 아직 수질에 대한 큰 문제가 제기되지는 않았지만 어차피 영산강 하구둑의 전철을 밟을 수밖에 없을 것이며, 1990년에 완공된 금강하구둑도 꼭 같은 길을 갈 수밖에 없다. 현명한 사람들이라면 문제가 제기되기 전에 문제를 예측하고 다른 지역의 사례를 거울삼아 앞서나가야만 할 것이다.

하구역의 가치와 특성은 유입되는 담수량, 조석간만의 차, 조수의 유입량, 하천구배, 기후 등에 따라 서로 상이하다. 선진국에 다가 갈수록 하구환경의 가치가 더욱 높아지므로 선진국에 진입하고 있는 우리나라에서는 이제 하구기능을 복원하여 하구의 가치를 극대화하는 정책을 수립하여 추진하는 것이 당연하다. 모든 하구의 기능이 상실되어 있는 충남으로서는 이제라도 하구기능을 복원하는 정책을 강력하게 추진해야 선진지방자치도가 될 수 있는 길일 것이다. 여기에서는 선진국의 하구복원에 대해 검토하고 이를 충남의 하구에 어떻게 적용할 수 있나를 개략적으로 판단해 보고자 한다.

## 2. 하구둑의 문제점

하구둑 건설에 의한 치수정책은 홍수피해, 해일피해, 담수확보를 동시에 해결한다는 점에서 매우 편리하고 간단한 방법이라고 할 수 있다. 하구둑 건설은 이러한 장점들과 함께 부가적으로 주변 하구갯벌의 간척효과를 동시에 얻을 수 있는 방법이기도 전 세계의 많은 나라들이 과거 일반적으로 취해오던 치수·이수정책이라고 할 수 있다. 특히 해일에 의해 심각하게 피해를 가져왔던 네덜란드, 독일, 일본 등에서는 하구둑 건설의 역사가 아주 오래전으로 거슬러 올라가는 것으로 보인다. 그러므로 하구둑의 건설은 인간이 자연과 투쟁의 산물이라고 할 수 있으며, 자연재해에 대한 가장 강력한 방어수단이었음이 분명하다. 자연환경의 가치를, 특히 하구환경이 지니는 특성과 가치에 대해 잘 이해하지 못하였던 시기에는 작은 하구와 염습지가 많이 존재하였으므로 하구환경의 파괴가 가지는 결과에 대해 인식이 부족할 수밖에 없었던 것도 사실이다. 그러나 이제 대부분의 작은 하구가 막히었고, 거의 모든 염습지가 파괴되어 버린 현대에 들어서 세계는 하구환경의 가치에 대해 재삼 인식을 달리하고 있는 상황이다.

대형 하구둑의 건설사업의 대표적인 것으로 1960년대부터 시작된 네덜란드의 델타프로젝트(Delta Project)를 들 수 있다. 우리나라의 대부분 하구둑 건설사업도 네덜란드의 델타프로젝트를 벤치마킹한 것이다. 실제로 델타프로젝트는 1953년 1836명이 희생된 해일에 의해 계획되었다. 델타프로젝트는 지난 1997년 완전개방형 마에스란트 갑문이 완성되어 40년이 지나 일단락이 되었다. 델타프로젝트는 완전폐쇄형 하구둑 건설로 출발하

여 지난 40년간 진화하여 마지막에는 완전개방형 갑문으로 종결을 짓고 과거 건설된 완전폐쇄형 갑문에 대한 반성을 하는 시기로 들어갔다고 할 수 있다. 1987년에 완성한 오스터스켈트 댐을 시작으로 하여 네덜란드의 하구둑 건설정책, 즉 델타프로젝트는 완전히 변화하였지만 이 델타프로젝트를 벤치마킹한 우리나라는 계속 1987년 이전의 델타프로젝트의 정책만을 따르고 있다. 그러면 왜 네덜란드가 그렇게 자랑스럽게 생각하였던 델타프로젝트가 다른 방향으로 진화를 하고 있으며, 왜 네덜란드 사람들은 과거의 델타프로젝트에 대해 후회를 하고 있는지 추적해 보는 것이 바로 하구둑의 문제점이라고 할 수 있다.

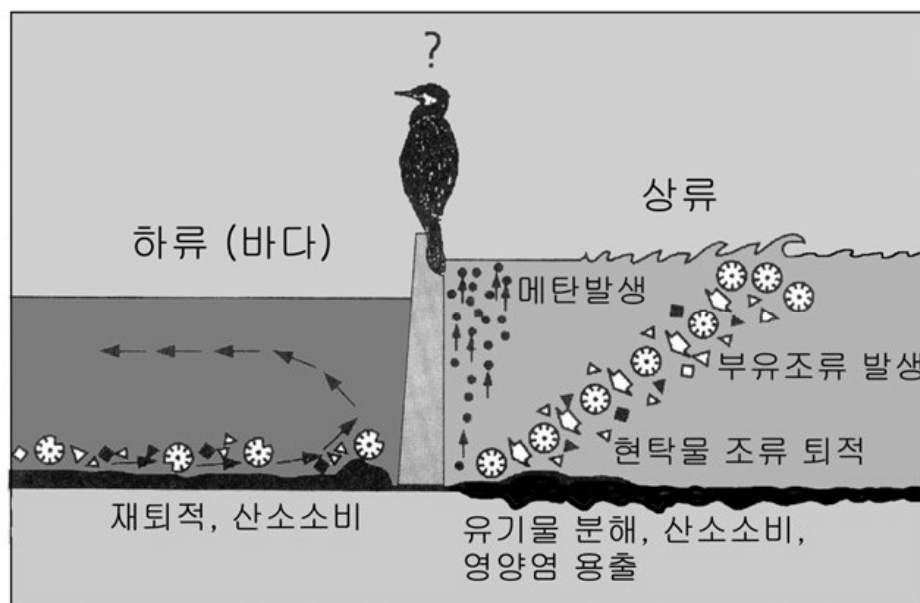
하구둑 건설에 의한 문제점은 다음과 같은 항목으로 간결화 시킬 수 있다.

- ☐ 수질악화
- ☐ 빈산소층에 의한 생태계 파괴
- ☐ 퇴적물 오염에 의한 용출현상으로 악취발생, 산소부족에 의한 생태계 파괴
- ☐ 퇴적물 오염에 의해 표층수의 수질이 개선되어도 지속적인 수질악화 초래
- ☐ 하구호에 녹조현상이 발생하여 생태계 파괴, 생태계 파괴, 심미적 기능 손상
- ☐ 하구호의 높은 퇴적물로 지속적인 퇴적물 오염 야기
- ☐ 기수역의 파괴로 생태계 순환의 고리 차단
- ☐ 육상기원의 조립질 퇴적물을 차단하여 연안침식, 해양생물 서식지 및 산란지 파괴 등 연안환경에 장기적인 피해
- ☐ 하구둑 하류측에 세립질 퇴적물의 축적으로 연안수질 악화 및 생태계 오염
- ☐ 하구둑의 오염을 방지할 경우에 수질완화를 위하여 물을 방출할 경우에 장기적으로는 연안생태계의 충격을 주어 연안생태계를 회생시킬 수 없게 되므로, 결국은 하구호를 오염된 상태로 유지하거나 준설을 해야 하고, 이것은 지속적인 준설경비는 물론오니 처리에 의한 또 다른 환경재해를 가져옴.

위와 같은 하구둑의 문제점들은 개별적으로 발생하는 것이 아니라 동시에, 다발적으로 발생하는 것으로 항목별로 설명하는 것이 부적절하다. 그림 1은 이러한 종합적인 하구둑의 문제를 일괄하여 제시하고 있다고 할 수 있다. 그림 2는 하구둑이 운용된 이후에 상류에서 저층의 산소가 급격히 고갈되는 모습을 보여준다. 이러한 산소의 고갈은 하구둑의 상류에서만 발생하는 것이 아니라 하구둑의 하류, 즉 바다쪽에서도 발생한다. 결국, 하구둑의 상류도 하류도 모두 빈산소층이 형성되어 생태계의 교란 또는 파괴를 야기하게

된다. 그림 1에서처럼 산소의 고갈은 결국 다시 생물의 집단폐사와 동시에 유기물의 분해력을 감소시켜 급격한 유기오염을 야기시키고 다시 이 유기오염된 퇴적물이 집적되었다가 영양염의 용출을 야기하여 부유조류의 대번성과 이들의 집적, 또 다시 급격한 유기오염을 발생하여 지속적인 오염의 순환고리를 탄생시키는 것이다. 하류측에서는 바다의 특성상 상류보다 빠른 수질오염이 야기되지는 않으나 지속적인 세립질 퇴적물의 집적과 이들에 의한 수질의 오염이 야기된다.

하구둑의 하류에서는 그림 3에서처럼 조류에 의해 들어오는 바닷물의 이동에 의해 하구둑 전면부에 유기물이 풍부한 세립질 퇴적물의 집적이 야기되며 이들 유기물의 분해를 위한 산소고갈 현상이 발생한다. 그러나 하구둑의 하류에서는 조석의 작용에 의하여 표층산소와 저층산소의 변화양상이 다르게 나타난다. 이러한 저층에 빈산소층의 형성은 생태계의 문제를 야기할 수 있으며 장기적으로 연안환경을 오염시키는 역할을 하게 된다. 금강하구역의 수질/퇴적문제와 군산항의 퇴적물에 대한 문제점도 이와 같은 이유로 발생한다.



**그림 2.** 하구둑 주변에서 발생하는 환경변화를 요약해 보여주는 것으로 하구둑 상류에서 발생한 플랑크톤이 강바닥에 퇴적되어 분해될 때 용존산소를 급격히 소비하게 된다. 이때에 산소가 부족한 저층에서는 메탄이 발생하고, 인 등의 영양염이 용출되고 다시 이 영양염에 의해 부영양화가 발생하여 대량의 부유조류가 발생하여 산소의 부족을 초래한다. 하구둑 하류에서도 빠른 세립질 퇴적물이 집적되어 산소부족 현상이 발생된다.

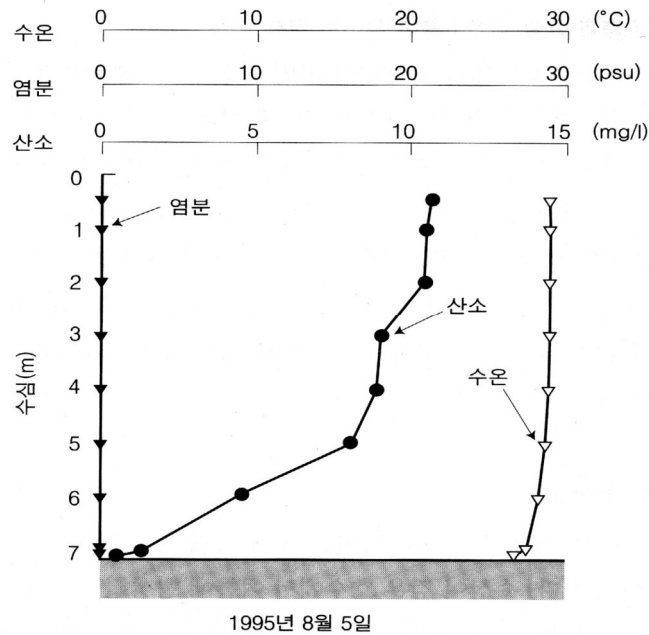


그림 3. 일본 나가라강 하구둑이 운용된 이후에 상류에서의 산소부족 현상이 발생하는 양상 (村上, 1996).

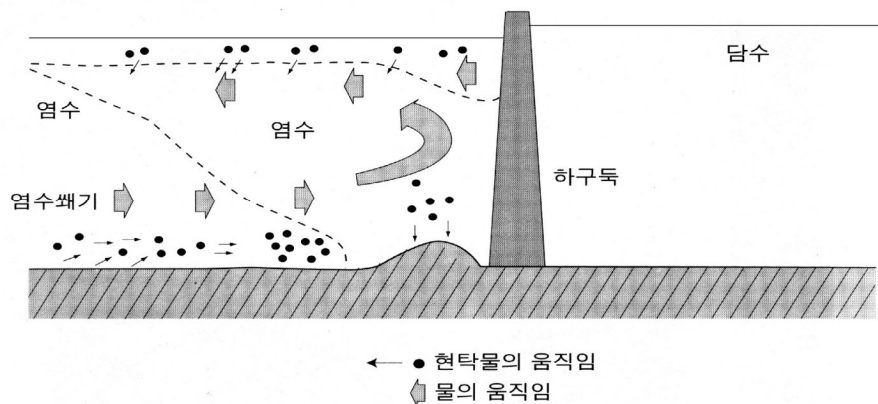


그림 4. 하구둑 하류에서는 상류에서 흘러온 미세입자가 하구둑 하류의 염수와 접촉하여 빠르게 퇴적된다. 이들 저층에 고인 입자는 염수빼기에 의해 독에 가까운 하류로 운반되어 비교적 좁은 범위에 집중적으로 퇴적되어 해양환경을 피폐화 시킨다.

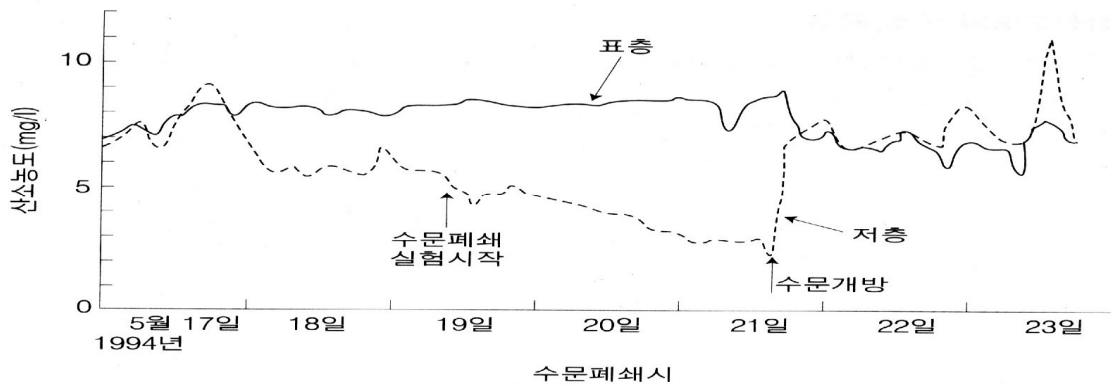
그림 4는 나가라강의 하구둑에 의한 집수시험 중에 보여진 현상으로 하구둑 상류에서 수문의 폐쇄시에 급격하게 고갈되던 용존산소가 하구둑을 다시 개방하였을 경우에 급격히 다시 증가하는 것을 보여준다. 그러나 어느 경우에도 표층산소는 변화가 없음을 보여주는데 이것은 용존산소의 농도를 조사할 때에, 또한 수질조사를 할 때에 반드시 저층



의 용존산소를 함께 조사하여야 하며, 수질을 판단할 때에 반드시 저층에 대한 자료를 제시하여야 함을 뜻하기도 한다. 이러한 현상은 유역관리를 통한 하구호의 수질문제를 접근할 때에 반드시 저층에서 발생하는 다양한 형태, 즉 생물작용, 물리-화학적 작용, 퇴적물 작용 등을 종합적으로 고려해야만 하며 자료의 축적도 매우 광범위하여야만 한다는 것을 뜻한다. 또한 하구둑은 저질퇴적층 위에 얹혀있는 형태로 건설된 것이다. 즉, 전체의 하구둑이 강의 바닥 암석층에 기초를 하여 건설된 것이 아니라 갑문을 제외한 하구둑의 나머지 부분은 퇴적층 위에 놓여 있으므로 지하층을 통해 해수의 교환이 일어난다. 이러한 해수의 유입이 하구둑 바로 상류에서 수질을 좋게 하며, 염분이 다소 높은 현상을 설명해주는 것이다. 그러므로 하구둑 직상류에서의 수질은 하구호의 수질에 대한 자료로서 적합하지 않으며, 오히려 해수를 유통하였을 경우에 수질이 좋아질 수 있음을 보여주는 증거라고 할 수 있다. 또한 담수가 충분히 공급되지 못하는 영암호, 금호호, 화성호 등에서는 이러한 하구둑 하부지층을 통한 자연적인 해수유통에 의해 완전한 담수화를 이루기 어렵게 될 수 있다.

### 3. 금강호의 수질

국토해양부가 2011년 12월 발표한 금강호의 수질자료(그림 5)는 낙동호와 영산호와 함께 모두 매우 심각한 상태이며, 지난 10년간 계속 수질이 악화되고 있음을 보여주고 있다. 금강호의 COD는 4~5급수를 유지하며 점차 나빠지는 경향을 보여주고 있으며, 부유물질과 T-N은 6급수, T-P는 4~5급수를 보이고 있다. 이와 같은 수질은 관광이나 친환경농업은 물론 정상적인 농업용수로도 적합하지 않는 상태를 유지하고 있으므로 대책 마련이 시급한 상황으로 판단된다. 전라북도에서는 금강호의 물을 새만금 희석수로 사용할 계획이지만 이와 같은 금강호의 4~5급 담수를 이용하여 새만금호의 수질을 농업용수인 4급수로 유지할 수는 없을 것이며, 새만금 산업단지에 공업용수를 공급할 계획은 물론 새만금을 대규모 관광단지로 활용하고자 하는 전북의 계획은 물건너 간 것으로 판단하는 것이 옳을 것이다.



**그림 5.** 일본 나가라강 하구둑에 의해 시험집수지의 상류에서의 저층용존산소의 감소 양상 (石橋, 1995). 수문이 폐쇄되면서 급격히 저층 용존산소량이 떨어지나 수문을 개방할 경우에는 저층 용존산소량이 급격히 상승함을 알 수 있다. 그러나 어느 경우에도 표층 용존산소량의 변화는 거의 없다.

농업용수로도 사용할 수 없는 금강호의 수질, 새만금 회석수로도 사용할 수 없는 금강호의 수질개선을 위해서는 특단의 개혁적인 대책이 필요하다. 전라북도도 이미 회석수로 사용할 수 없는 금강호를 바라보면서 새만금 계획에 대해 전면적으로 다시 검토할 필요가 있다. 실제로 이와 같은 하구호의 수질문제는 우리만의 문제가 아니다. 우리나라가 하구호 건설을 위해 벤치마킹하였던 네덜란드의 모든 하구호도 건설된 후 30년이 지나면서 심각한 수질문제에 직면하였으며, 이를 해결하기 위한 민관의 오랜 논의, 연구와 수치모델링을 통해 유일한 방법으로 부분해수유통으로 그 해결점을 찾고 있다.

#### 4. 해수유통의 사례

##### 1) 국외 사례

##### ■ 네덜란드 휘어스호

네덜란드 휘어스호는 해일방지, 담수확보와 함께 휴양 및 관광 목적으로 1962년에 네덜란드의 최남단의 하구를 막아서 건설한 약 1억 1천만톤의 용량을 가지고 있는 담수호이다(그림 6). 그러나 휘어스호의 수질이 점차 나빠지면서 지역민들의 심한 논쟁의 대상이 되었다. 논쟁의 결과 우선 내측의 잔트크리크담에 5.5x3m 터널 2개를 건설하고 수질변화와 생태계 모니터링을 수행하는 것이었다(그림 7). 2004년 5월부터 3개월에 걸쳐 1차 모니터링 결과와 2년간에 걸친 모니터링의 결과 휘어스호는 완전히 수질이 개선되었다. 이는 예측모델에서 얻어진 결과보다 매우 빠른 것으로 네덜란드 Zeeland 주정부가

매우 만족할만한 결과를 얻게 되었다. 이러한 성공은 중앙정부에서 불케락호와 하링블리에트호의 수질개선을 위해서 해수유통하도록 하는 계기가 되었으며 전체 델타프로젝트에 의해 건설된 하구둑에 대한 방향을 수정하도록 하는 계기가 되었다.

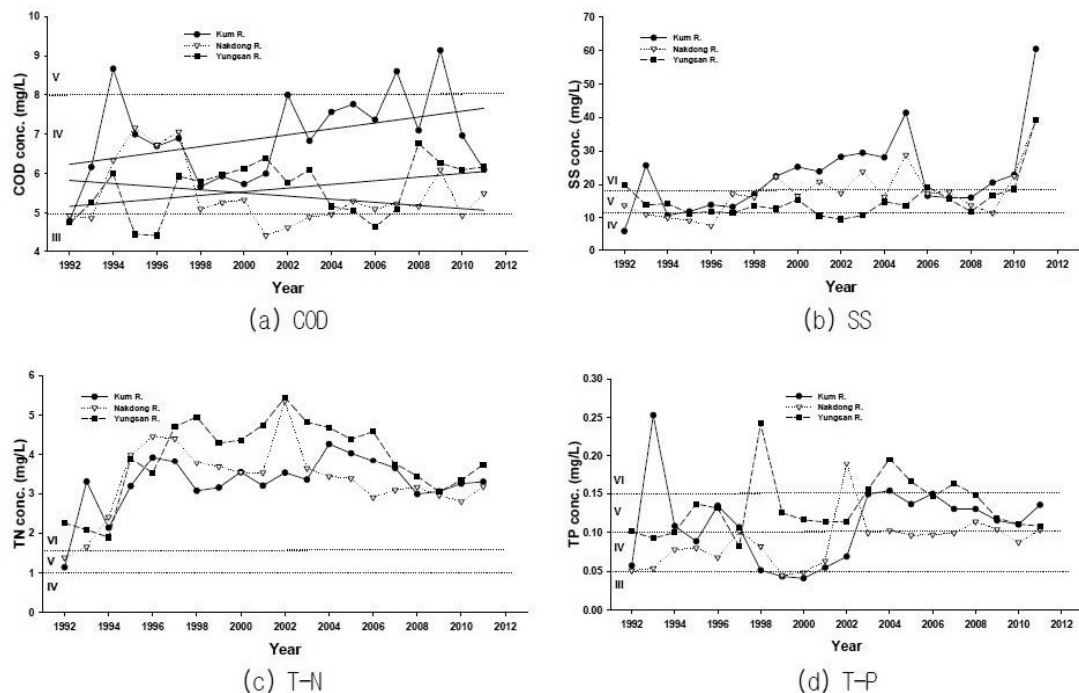


그림 6. 금강호의 수질변화

## ■ 네덜란드 오스터스켈트 댐

그림 8은 네덜란드의 오스터스켈트댐으로 1976년 착공시에는 전체 하구를 다 막는 것으로 설계되었다가 하구생태계의 중요성이 부각되고, 지역주민의 요구에 의해 수문을 항상 모두 열어놓도록 설계가 변경되었다. 결과적으로 최초의 계획보다 예산을 3배 들여 1987년에 완공하였다. 중간에 설계를 변경하여 완성 후의 경관은 별로 좋지 못한 것 같다. 이 댐의 모든 수문은 모두 365일 24시간 개방되어 있으며 해일예보시와 점검을 위해서 닫는다. 내부로 선박을 통행시키기 위한 통선문은 별도로 설치되어 있다.

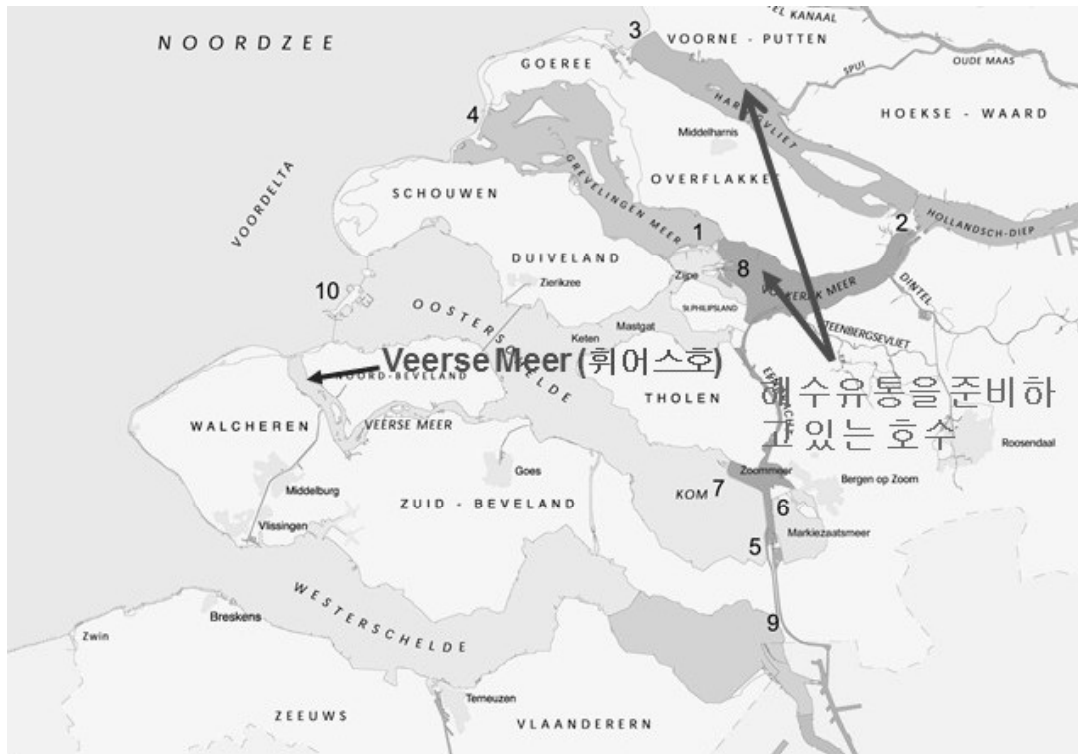
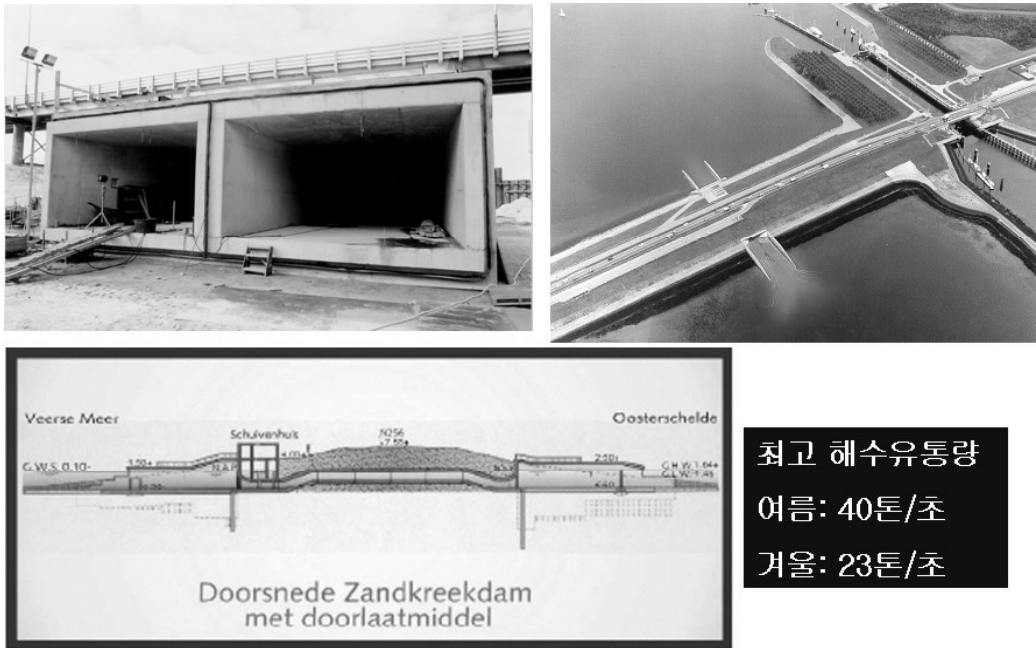


그림 7. 네덜란드의 휘어스호의 위치. 번호는 네덜란드의 델타프로젝트에 의해 건설된 갑문들의 건설순서를 표시한다. 큰 화살표는 휘어스호의 성공에 의해 최근 해수유통을 통해서 수질을 개선하기로 결정한 불케락과 하링블리에트 하구호의 위치를 표시함.



Figuur 1-1. Doorsnede van de 'Katse Heule'

그림 8. 네덜란드 휘어스호의 잔트크리크댐에 설치한 해수유통을 위한 터널로서 5.5x3m 크기로 여름철에는 40톤/초, 겨울철에는 23톤/초의 물을 유통시킨다. 잔트크리크호의 규모는 1억 1천만톤으로 영산호나 금호호의 규모에 비해 작다.



그림 9. 네덜란드 오스터스켈트 댐. 댐의 수문은 년 중 열려 있으며 해일이 예보될 경우와 1달에 한번 점검을 위해 닫힘.

#### ■ 네덜란드 마에스라트 배리어

마에스라트 케링(배리어)는 네덜란드가 가장 자랑하는 하구갑문으로서 1997년에 완공되었다. 오스터스켈트댐의 실패를 거울 삼아 설계된 것으로 평상시에는 항상 접혀져 있는 부채모양의 구조물로 이루어진 댐이다(그림 9). 이 댐의 철구조물 1개의 크기는 파리의 에펠탑보다 길며 평상시에는 항상 열려 있어 하구로 선박들이 드나드는데 어려움이 없도록 설계되었다. 북해의 강한 폭풍과 만조가 맞아떨어져 해일의 우려가 있을 때나 1달에 1회 점검을 위해 닫는 경우를 제외하고 항상 열려있는 수문구조를 가지고 있다.

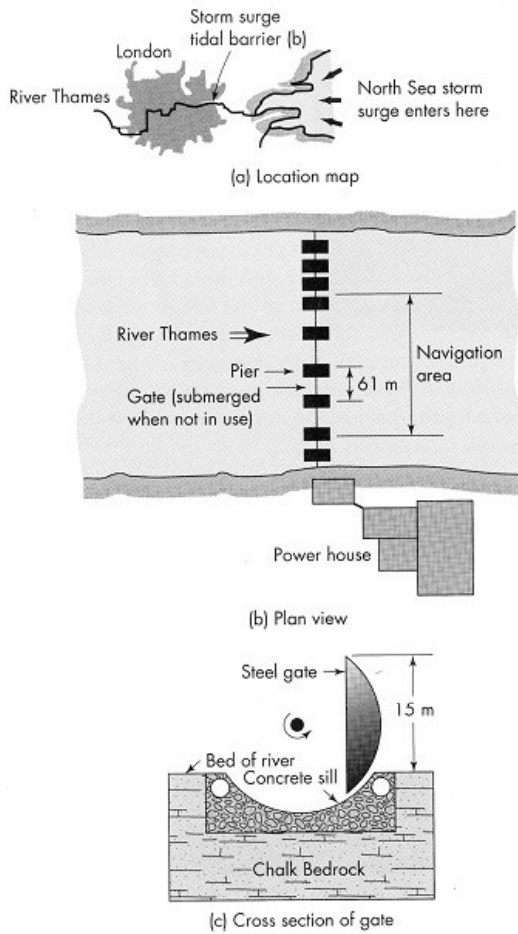
#### ■ 영국 런던 하구의 테임즈 배리어

네덜란드 기술자들에 의해 설계되어 1984년에 완성된 테임즈 강의 배리어는 백중사리와 폭풍이 만나 해일을 일으킬 우려가 있을 때에만 닫을 수 있도록 설계되어 있어 년 중 항상 열려있으며 작은 배들이 쉽게 런던까지 닿을 수 있다(그림 10). 이것은 하구의 다양한 기능을 유지하기 위해서는 하구는 항상 열려있어야 한다는 철학을 실친한 것이다. 갑문의 형태도 반구의 형태를 가져 열려있는 상태에서는 강의 바닥에 붙어버려 강바

닥의 퇴적물 이동을 방해하지 않도록 설계되어 있다. 현재 이 배리어는 영화에도 자주 등장하며, 런던의 주요한 관광상품이 되어 있다.



그림 10. 1997년에 완성된 네덜란드 마에스란트케링의 모습. 부채모양의 움직이는 댐이 평시에는 해안에 붙어있다가 해일경보시에 닫히도록 설계되어 있다.



테임즈강 하구의  
홍수방지용 갑문

그림 11. 테임즈 배리어의 사진 및 개념도.

## ■ 독일의 홀머질

독일의 홀머질은 방조제에 설치된 수문으로 해수용과 담수용의 두 개로 되어 있다. 해수용 수문은 항상 열려있어 해수가 방조제 내로 유입될 수 있도록 하고 담수용 수문은 홍수통제를 위해 조절되도록 되어 있다. 담수구역과 해수구역의 경계에는 낮은 독을 두어 담수량이 많았을 경우에 해수구역으로 자연적으로 넘어갈 수 있도록 하고 있으며, 갑문을 통한 해수수위를 조절하여 담수구역을 담수로 유지하고 있다. 또한 내부에 작은 독을 두어서 해수와 담수가 섞일 수 있도록 하여 기수생태계의 연결고리를 절단하지 않도록 배려했다(그림 11). 그 결과 다양한 생태계를 보여 생물생태계를 매우 건강하게 유지하도록 설계되었다.





그림 12. 독일의 홀머질 수문과 경계방수제에 의한 기능적 생태계 복원과 주변에 복원한 염습지.

## ■ 미국의 하구복원

미국에서도 많은 하구복원 프로젝트가 진행되고 있다(표 1). 그 중에 대표적인 것으로 캘리포니아 주의 불사치가 하구습지 복원을 들 수 있다. 불사치가 하구복원은 기존의 하구둑에 설치되어 있는 갑문을 개방하여 내측에 염습지를 점진적으로 복원하는 계획이다(그림 12).

표 1. 미국이 현재 추진하고 있는 하구복원 프로젝트

## 미국의 법률에 의한 하구복원 프로젝트 (2010년 현재) -by Estuary Restoration Act (ERA)

1. McDaniel Slough Tidal Restoration Expansion (NOAA)
2. Damde Meadows Tidal Restoration - Phase II (NOAA)
3. Molokai Fishpond and Fringing Reef Restoration Project (NOAA)
4. Port Susan Bay Estuary Restoration Project (NOAA)
5. Restoring Coastal Estuarine Habitat in Three North Carolina Estuaries (Corps)
6. Jupiter Ridge Shoreline Restoration Project (Corps)
7. McAllis Point Estuarine Habitat Restoration (Active)
8. Kent Island Restoration at Bolinas Lagoon (Active)
9. Secret Harbor Estuary and Salt Marsh Restoration (Active)
10. Thunder Bay Reef Habitat Restoration (Active)
11. West Goleta Slough Restoration Project (Active)
12. Deadman's Island Restoration Project (Active)
13. City of Long Beach's Colorado Lagoon (Active)
14. Indian River Lagoon (Active)
15. Banana River Estuary Restoration Project (Active)
16. Stewart's Creek (Active)
17. Old Place Creek Berm Removal Project (Active)
18. Half Moon Reef Restoration Project (Active)
19. Alligator Creek Addition Restoration Project (2010년 현재 완료)
20. Restoration of Submerged Aquatic Vegetation (2010년 현재 완료)
21. Fort Sheridan Coastal Habitat Restoration Project (2010년 현재 완료)



## 미국 캘리포니아

## 볼사치카 하구습지 복원

Bolsa Chica Wetland Restoration Project Description Map

단계적인 해수유통  
으로 기수역 확보/  
하구습지 복원

-점진적인 하구습지  
확대 계획

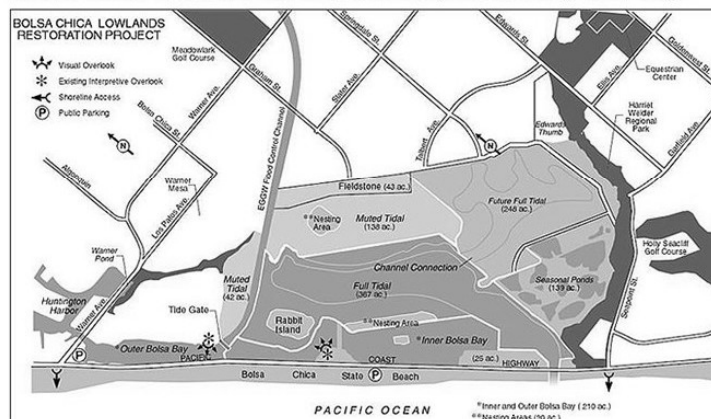


그림 14. 미국 캘리포니아 볼사치카 하구습지 복원 계획

## 2) 국내 사례

### ■ 시화호

1999년 1월 21일 시화호의 수질개선을 위해 해수를 상시 유통하도록 결정이 된 이후에 중앙정부의 관련부서는 모두 해수를 상시 유통시키는 것에 대하여 동의하여 현재까지 해수를 수문조절에 의해 유통시키고 있다(표 2). 약 3년이 지난 후부터 시화호 1/3에 해당하는 해역의 수질이 거의 회복되었으며, 최근에는 일부 저층퇴적물에서도 생태계의 기능이 살아나고 있음이 보고되고 있다. 최근 보다 많은 해수를 유통시키고, 시화호의 활용성도 높이기 위해 조력발전소를 건설하여 2012년 1월부터 상업가동에 들어갔다. 방조제를 건설 후 시화호의 수질을 개선하기 위하여 8,000억 이상을 투입하였지만 수질이 개선되지 않았으나 해수를 유통시킨 후에 3년 정도의 기간이 지난 후에 저층퇴적물의 일부도 살아난다는 사실은 해수의 엄청난 기능, 즉 해양 생물과 미생물의 생태계에서의 기능을 증명해주는 결정적인 증거자료가 되었다.

### ■ 화성호

화성호는 2002년 방조제의 체질을 완료하였으나 수질문제가 우려되어 현재까지 담수호로 완벽하게 전환되지 못하고 있다(표 2). 해수유통에 의해 수질이 유지되고 있으며, 해수에 의한 수질예측치보다 더 좋은 효과를 보여주고 있음을 알 수 있다.

표 2. 시화호와 화성호의 해수유통의 특성 및 효과

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>● 시화호 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1997년부터 해수유통('98년 이후 연평균 5,440백만톤)</li> <li>- COD 농도 변화 : '97년 17.4mg/ℓ → '06년 2.6mg/ℓ [상류지역 6.0mg/ℓ]</li> <li>- 저층의 용존산소 증가, 엽록소a 농도 저감</li> <li>- 식물성 플랑크톤은 기수성 또는 해양종 우점</li> <li>- 해수유통량 증대를 위해 조력발전소 건설</li> </ul> </li> <li>● 화성호 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 2002년 방조제 체절완료, 2012년 담수호로 계획이 되었으나<br/>현재까지 해수유통중</li> <li>- 해수유통량 : '05년 342백만톤, '06년 204백만톤</li> <li>- 수질개선 효과 <ul style="list-style-type: none"> <li>• COD : 예측치 4.1mg/ℓ, 실측치 4.1mg/ℓ</li> <li>• T-N : 예측치 1.087mg/ℓ, 실측치 0.645mg/ℓ</li> <li>• T-P : 예측치 0.095mg/ℓ, 실측치 0.050mg/ℓ</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

## 5. 하구생태계 복원 체계

### 1) 하구환경의 복원을 위한 분류 및 전략

- 복원 및 관리계획에 앞서 하구에 대한 분류작업이 필요함

#### ① 분류 기준 필요:

예) 에너지와 퇴적물 공급에 따르는 분류: 그림 14 (Boyd et al., 1992)

서해: 조석우세 하구/개방형 갯벌하구/조석해빈형 하구

남해: 조석우세 하구/조석 해빈

동해: 파랑우세 하구/석호

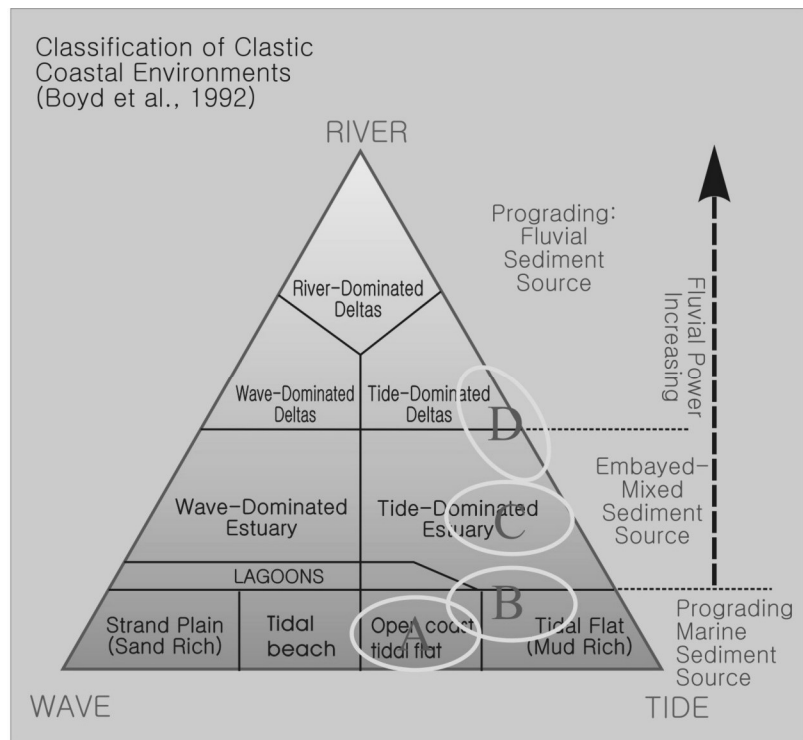


그림 14. 연안환경의 분류 다이어그램.

② 지형특성에 의한 분류

- 개방형 해안에 발달한 소규모 하구: 방조제에 의해 변형된 하구
- 썰기형 하구: 대규모 하구나 암반지형을 갖는 소규모 하구
- 석호형 하구: 사취에 의해 변형된 하구

③ 규모에 따른 분류: 담수 배출량/ 에너지

- 담수배출량: 삼각주형 하구- 조석우세/파랑우세
- 에너지/담수량: 성층형, 완전혼합형, 부분혼합형

## 2) 하구의 복원-관리 전략 수립

### ■ 목표

- ① 하구서식지/환경 복원
- ② 생태 및 토사통로 복원
- ③ 하구경관 개선 및 친수공간 조성
- ④ 하구 분류에 따른 차별적 계획 수립
- ⑤ 지역주민 소득 증대 및 지역발전의 한 축이 되어야 함

## ■ 기본 철학

- ① 하구환경의 자연생태로의 복원 및 자연복원기능의 극대화
  - 전반적으로 공학적 방법에 의한 복원이 아니라 공학적으로는 자연복원이 될 수 있는 기본적 환경조성만 조성하여준 후에 자연적인 기능에 의해 하구자연환경이 복원될 수 있는 방향 추진
- ② 하구유입 물질의 원활한 소통과 하구생물의 자유로운 이동 가능

## ■ 원래의 하구특성 파악후 계획 수립

- ① 대부분의 하구는 변형이 되었으므로 원래의 지형, 퇴적물 수지, 에너지 특성을 파악하여 원래의 자연환경에 맞는 계획수립 필요
- ② 하구별 장기적 진화방향을 파악하여 지구기후변화에 대비한 하구 복원 및 관리 계획 수립 필요
- ③ 복원계획 중 도입이 필요한 환경인자는 국외를 포함하는 다른 하구의 특성에 대한 연구를 통해 신중하게 받아들여야 함

## 3) 하구의 지속가능한 발전 방안

### ■ 대규모 하구에 대한 개선 방안

- ① 목표
  - o. 자유로운 생태계 및 토사 통로 확보
  - o. 하구서식지 및 경관 회복
  - o. 홍수/해일 등 재해 방지
  - o. 담수 확보
- ② 최적 방안 모색
  - o. 기존의 하구둑에 대한 최소한의 변형
  - o. 가능한 최대의 다양한 생태계 복원
  - o. 최대한 자연에 가까운 복원 및 관리 계획 수립
- ③ 예시안 (그림 15)
  - o. 기존 하구둑의 수문을 개방형으로 변형

- 자유개방형과 조절용 수문을 목적과 기능에 맞게 배치
  - 담수확보량/조수/육수압 등을 고려한 크기/갯수비 설정 필요
  - 소규모 뱃길 조성 가능으로 관광기능 확대
  - 자연적으로 항구기능 회복
- o. 기수역 구간 설정
- 담수확보량과 생태계 회복 효과 고려
- o. 가변식 수중보 설치 (필요한 경우에만 적용)
- 담수 확보
  - 상류 배출 오염물 제거 기능
- o. 기수역 구간 농지의 일부를 습지구간으로 복원 (그림 11 참조)
- 홍수시 저류지 기능
  - 먹이원, 종다양성 유지, 어류 및 조류 산란지 및 서식지
  - 관광기능 확대로 지역주민 소득 확대 가능

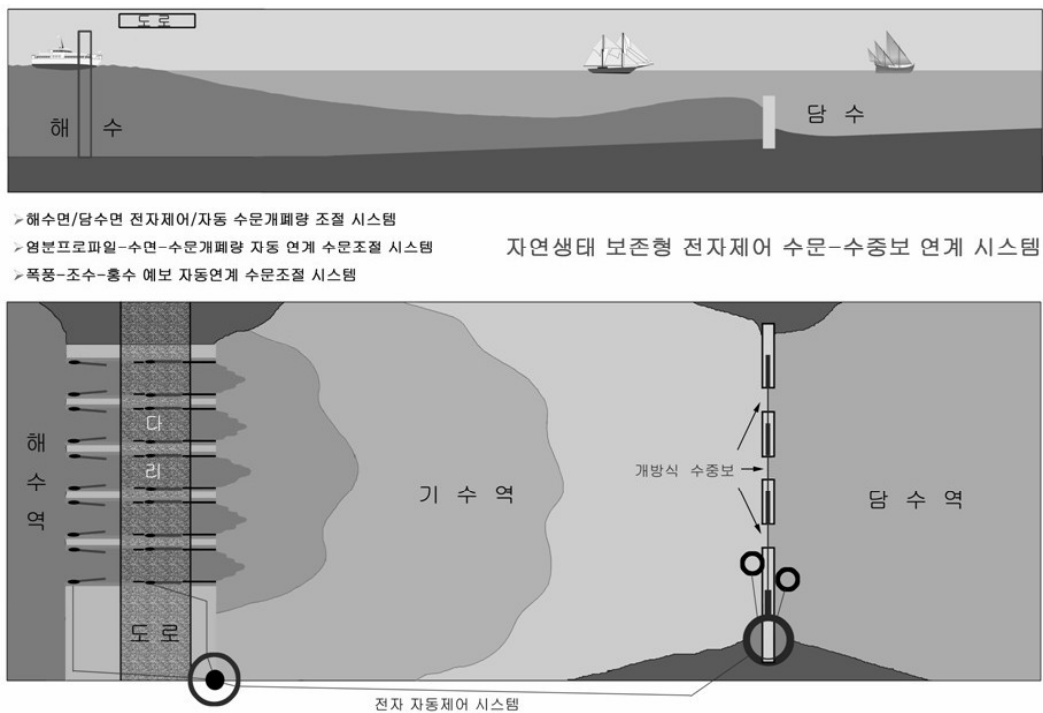


그림 15. 개방형 다기능 하구둑 모형(안).

## ■ 소규모 하구에 대한 개선 방안

### ① 적절한 담수량 확보가 가능한 소규모 하구

- o. 자유 수압식 개방형 수문 설치 (그림 16)
- o. 작은 구조변형 사업으로 소형 어항 확보 용이 (그림 17)

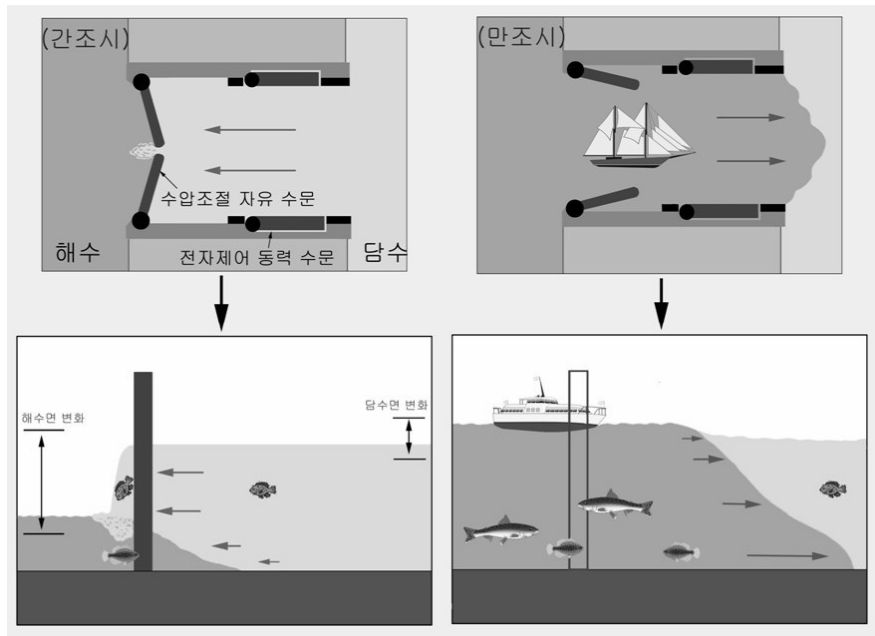


그림 16. 수압식 자유 개방형 수문의 모습.



그림 17. 덴마크의 소형 하구 어항. 조차를 이용하여 수압형 자유개폐형 수문이 설치되어 있음.



② 적절한 담수량 확보가 불가능한 소규모 하구

- o. 조석에 따른 동력수문 설치 (그림 18)
- o. 일정 구간에 걸쳐 주변 농지를 매입하여 변형 (그림 19, 21)
- o. 담수량 확보 및 기수구간 조성을 위해 수로 설치 (그림 20)



그림 18. 동력수문에 다리를 설치한 모습



그림 19. 인공 방조제로 수로를 설치하고 내부에 기수역과 어항을 두었음. 독일의 라이부흐트만과 그릇질 항구.



그림 20. 라이부후트 지역의 내부수로



그림 21. 독일의 관광지로 유명한 그릿질 항구(어항)

### ③ 사업의 효과

- o. 하구어항의 현대화: 효율성, 기능 및 심미적 가치 확대 (그림 22)
- o. 소규모 하구를 이용한 서해안 갯벌항구 개발 전략의 하나임
  - 서남해안의 빈약한 갯벌어항의 혁신적 개선 방안
  - 소규모 갯벌어항의 관광가치 극대화 방안
  - 정부의 실질적이고 가시적인 효과로 홍보 가능
- o. 하구환경 및 하구갯벌의 자연적 회복 전략과 연계됨
  - 하구갯벌 및 하구 염습지 조성기술 확보 요구됨
  - 하구특성을 이용한 하구 수산자원 회복 및 확대 가능
    - : 황복, 민물장어(풍천장어), 백합, 바지락(치패) 생산성 확대
- o. 지구온난화에 대비한 전해안 방조제 개조 구상 가능

## 6. 충남 하구의 분류

충분한 자료에 의한 분류가 아니나 개략적으로 대규모, 중규모와 소규모로 충남에 존재하는 하구를 분류할 수 있다. 물론 보다 구체적인 자료를 획득하여 정밀하게 하구의 특성에 따른 분류가 필수적이거나 여기에서는 규모와 담수량, 유역분지에 의해 개략적인 분류에 의해 하구복원의 안을 제시하고자 한다.



그림 22. 중규모의 갯벌항구의 모습  
 ■ 대규모 하구 (그림 23)

- ① 금강
- ② 삼교천



그림 23. 금강호(좌)와 삼교천 하구(우)

■ 중규모 하구

- ① 대호천 (그림 24)
- ② 웅천천 (그림 25)
- ③ 보령천 (그림 26)
- ④ 홍천천 (그림 27)

■ 소규모 하구

- ① 송림천 (그림 28)
- ② 관교천 (그림 29)
- ③ 종천천 (그림 30)



그림 24. 대호천  
④ 남포천 (그림 31)



그림 25. 웅천천



그림 26. 보령천  
⑤ 장포리 (그림 32)  
⑥ 교성천 (그림 33)  
⑦ 비인천 (그림 34)



그림 27. 홍천천



그림 28. 송림천



그림 29. 관교천



그림 30. 중천천



그림 31. 남포천



그림 32. 장포리 하천



그림 34. 비인천

그림 33. 교성천

## 7. 대규모 하천의 부분해수유통 적용 방안 제 안 (예: 금강호)

### 1) 고려해야 할 사항

#### ① 담수의 확보: 농업용수

- 지역적 특성상 금강호는 충분한 담수량을 확보할 필요가 있으므로 해결방안을 모색함에 있어서 분명히 고려되어야만 할 사항임.

#### ② 뱃길 개발, 하구생태계 회복 및 관광용의 수질유지

- 현재 폐쇄되어 있는 하구호 내측의 지역발전과 장항지역 등 금강하구역 외측의 발전을 견인해내기 위해서는 하구둑을 통한 뱃길이 개발될 필요가

있음.

- 전세계적인 추세는 물론 연안어업이 매우 중요한 서천군과 군산시 개야도 해역의 입장에서 하구생태계를 보호하고 복원하는 것은 시대적 요청임.
- 금강하구호를 생태관광과 레조트, 마리나 등 지역발전에 활용하기 위해서는 수질이 농업용수의 기준을 벗어나 최소한 2~3급수를 유지하여야만 됨.

### ③ 퇴적층 오염 해결

- 금강하구둑 상하류에 두껍게 퇴적되어 있어 수질회복을 불가하게 하는 하나의 요인인 세립질 퇴적물을 제거하여야 할 절대절명의 과제가 있음.
- 장기적으로 군산항의 퇴적물 문제를 해수유동으로 완화시키기 위해서는 자연적인 하구순환의 기능을 회복시킬 필요가 있음.

### ④ 지역의 발전방향과 동일선상에서 판단되어야 함

- 최근의 국제적인 경향은 “자연환경이 가장 중요한 발전자원”이라는 것이다. 다른 말로 하면 이것은 자연성을 갖고 있지 않은 자연환경을 가진 곳에서는 발전방향을 모색할 수 없으며, 우선적으로 오염된 자연환경을 복원하는 것이 발전계획의 시작이라는 것이다.
- 지역의 특성과 한미 FTA에 대응해야만 하는 입장에서는 금강호의 수질문제는 현상유지나 농업위주가 아닌 혁신적인 방안의 모색이 요구된다.

## 2) 부분해수유통 수치모델링 결과

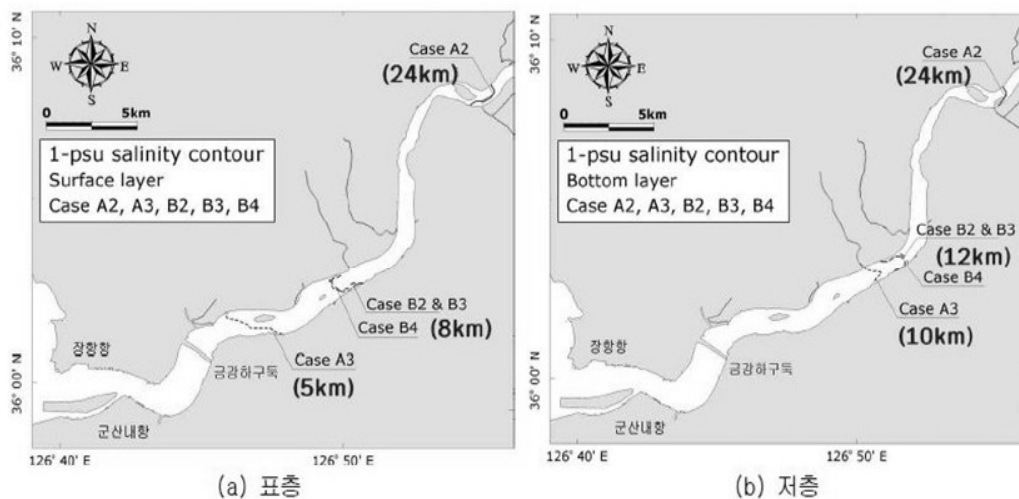
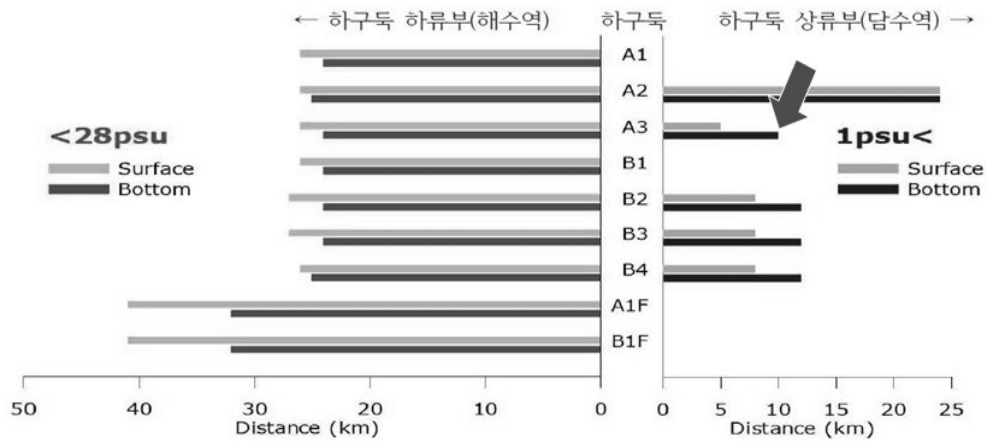
국토해양부가 2011년 12월 발표한 보고서는 현재의 금강하구둑 갑문을 이용하거나 서천측에 갑문을 추가하여 상시 또는 부분 해수유통을 할 경우에 해수가 어느 정도까지 상류로 침투할 것인지 수치모델결과를 제시하였다. 보고서는 24km까지 해수가 침투하므로 이를 방지하고, 취양수장 이전을 고려할 경우에 엄청난 예산이 들어갈 것으로 예측하여 해수유통이 불가함을 언급하였다. 그러나 수치모형 실험안과 그 결과를 면밀히 검토하면 부분해수유통에 매우 긍정적인 결과를 보여주고 있다. 그림 35의 실험안에서 5개의 수문을 개방하여(A3, B3) 해수를 유입시킬 경우에 표층수는 5~8km, 저층수는 10~12km 침투하는 것을 보여주고 있다. 5개의 갑문(폭 30m, 높이 10m)을 통한 해수유통의 실면적이  $1,500m^2$ 에 이르므로 네덜란드 휘어스호( $5.5 \times 3 \times 2 = 33m^2$ )의 경우와 비교할 때에 금강호의 담수량이 3배임에도 약 50배를 적용한 것은 엄청난 규모의 해수유통을 뜻한다.



<표 7-3-1> 수치모형 실험안

| 구분            | 실험안       | 해수유통 | 수문위치    | 개방문수(련)                    | 내용               |
|---------------|-----------|------|---------|----------------------------|------------------|
| 군산측 수문 유지 (A) | A1<br>A1F | ×    | 군산측     | 유출 20                      | 담수 유출, 해수유통 없음   |
|               | A2        | ●    |         | 유출 20, 유입 20               | 상시 해수유통          |
|               | A3        | △    |         | 유출 20, 유입 5                | 부분 해수유통          |
| 서천측 수문 증설 (B) | B1<br>B1F | ×    | 군산측 서천측 | 유출 20<br>유출 10             | 담수 유출, 해수유통 없음   |
|               | B2        | △    | 군산측 서천측 | 유출 20, 유입 5<br>유출 10       | 군산측 부분 해수유통      |
|               | B3        | △    | 군산측 서천측 | 유출 20<br>유출 10, 유입 5       | 서천측 부분 해수유통      |
|               | B4        | △    | 군산측 서천측 | 유출 20, 유입 5<br>유출 10, 유입 5 | 군산 및 서천측 부분 해수유통 |

※ × : 해수유통 없음, ● : 상시유통, △ : 부분유통  
 ※ A1F, B1F : 홍수시 실험안



<그림 7-3-4> 수치모형 실험안별 상류측 염분 1psu 기준 해수 확산범위

그림 35. 국토해양부 수치모델링 결과 요약.

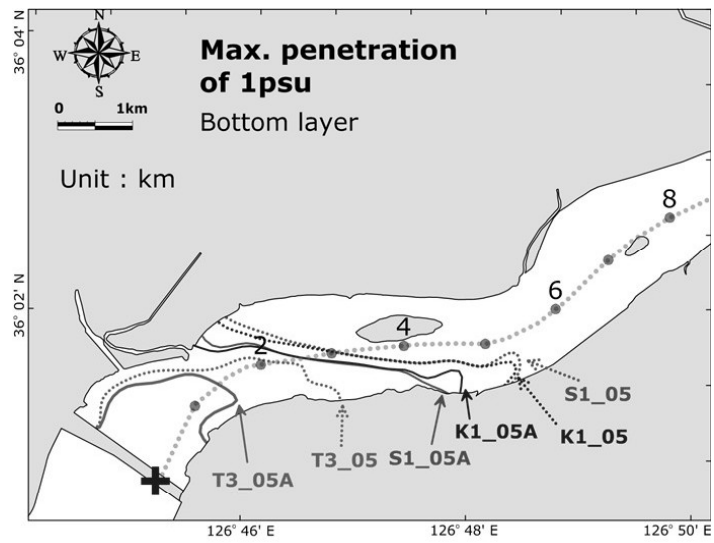


이 수치모델링 결과가 오히려 긍정적이라는 것은 현재의 갑문을 5개나 열었음에도 저층수가 10km 밖에 침투하지 않았다는 것은 갑문 2~3개만 개방할 경우에 담수에 의한 압력을 고려한다면 저층수가 5km도 침투하지 않을 것임을 의미하기 때문이다. 이것은 저층수의 침투가 심할 경우에 수중보를 설치하여 저층수침투를 방지하여야 하나 그러한 추가적인 시설조차 건설하지 않고 갑문을 적절히 조절하여 개방할 경우에 충분히 저층해수의 침투를 방지할 수 있음을 의미한다. 이러한 결과는 수중보를 건설하지 않고도 갑문을 조절하여 해수가 섞이는 기수역의 범위를 5~12km까지 조절할 수 있다는 의미가 된다. 향후 지역발전모델을 설계할 때에 지역의 합의를 거쳐 보다 넓은 기수역이 필요할 경우에 갑문만 적절히 조절하면 충분히 기수역을 넓히어 기수역을 활용할 수 있다는 뜻이다.

갑문을 5개만 열었을 때에 1‰(psu) 표층수가 5km 밖에 침투하지 못하므로 그 상류의 표층에서는 밭농사를 위한 담수도 공급할 수 있다. 논농사의 경우에 3‰(psu)의 기수도 사용할 수 있으므로 논농사를 위한 담수의 공급에는 5km 상류에서는 전혀 문제가 없다는 것을 뜻한다. 지하수에 유입되는 해수를 차단하기 위해서는 보다 정밀한 수치모델이 필요하므로 이에 대한 대책을 강구해야만 하나 현재의 결과로 추론해 볼 때에 갑문 2~3개를 통한 부분해수유통은 담수공급에 전혀 문제를 야기시키지 않는 것으로 낙관할 수 있다. 물론 이 경우라 하더라도 취양수를 위한 시설은 이전하는 것이 타당하므로 지역에서 합의하는 기수역의 범위에 따라 하구둑에서 5~12km 이내의 취양수장 이전과 관련한 예산투입과 방법에 대해 논의가 필요하다.

서천군에서 시행한 최근의 연구용역의 결과에서는 현재의 기준수위에서 상하로 5cm의 해수를 30분간 유통시킬 경우에 저층수로도 해수가 5km 이상 상류로 전진하지 않음을 알 수 있다. 이 경우라도 5km 이내의 취양수장 3곳을 상류로 이동하거나, 관로를 통하여 5km 상류에서 취수한다면 전혀 문제가 없다는 결과였다. 터널을 이용하여 해수를 유통하면서 양과 시간을 조절한다면 터널 3~5개를 통하여 기수역을 복원할 수 있음을 알 수 있다(그림 36). 수치모델의 안으로 시행하지는 않았으나 금강호의 갑문을 통하여 자주 담수를 방류하고 있으므로 간조시에 시간과 수위를 더 낮게 방류할 수 있으므로 그림 37에서 제시된 해역보다 더 넓게 더 많은 담수를 하구 외측에 공급할 수 있으므로 유부도와 개야도 해역에 넓게 조성되어 있는 해태양식장에도 상당한 긍정적 효과를 낼 수 있을 것으로 판단된다. 네덜란드의 경우처럼 터널을 이용하는 것이 담수량의 조절과 계절적, 시간적 변화를 줄 수 있으므로 더 선호될 수 있는 방안일 것으로 판단된다.

부분해수유통과  
저층염수  
침투 거리



- $\Delta h=5\text{cm}$ 인 경우 약 45분간 유입. 유입시간을 30분으로 제한시 확산범위 축소
- 유입시간 조절 전  
    갯문 운영시(K1\_05, S1\_05) : 5.3~5.4km, 터널 운영시(T3\_05) : 3.1km
- 유입시간 조절 후  
    갯문 운영시(K1\_05A, S1\_05A) 4.6~4.8km, 터널 운영시(T3\_05A) 1.5km

그림 36. 갯문(군산측 K, 서천측 S)과 터널(T)에 의해 부분해수유통을 할 경우에 저층염수의 상류 침투거리에 관한 수치모델링 결과.

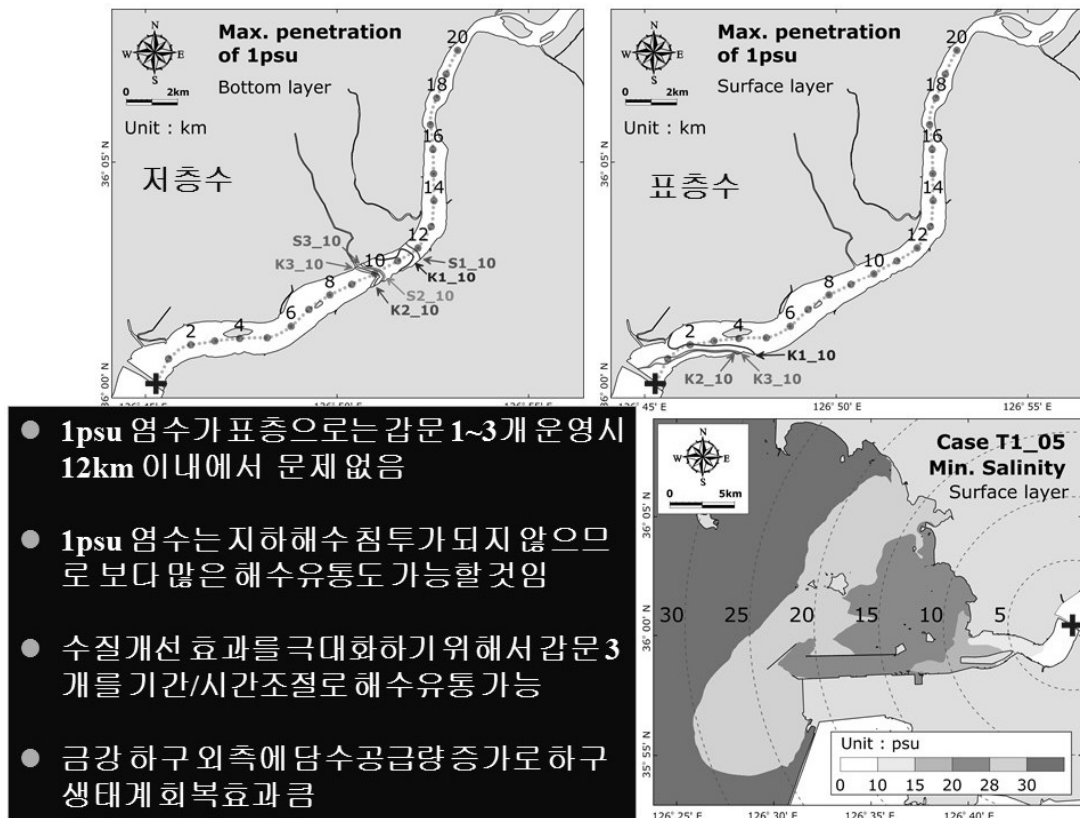


그림 37. 1psu의 기수의 저층과 표층의 침투거리 및 외측에 방류되어 기수를 이루고 있는 해역의 범위.

### 3) 부분해수유통을 위한 비용 검토

국토해양부가 2011년 12월 발표한 보고서에서는 부분해수유통을 위한 비용을 최소 24km에서 백제보에 이르는 58km까지를 가정하여 계산을 하였다(그림 38). 그러나 금강호의 수질개선과 함께 지역발전을 견인해야 할 기수역의 범위는 5~12km면 충분하다. 필요한 기수역만을 고려한다면 저층수가 침투하는 수역을 하구둑에서 5km 이내면 농업용 담수활용, 새만금 희석수 공급의 문제없이 충분한 것으로 판단된다. 그러나 서천군의 입장을 고려하여 신성리 갈대밭 직상류까지 부분적으로 해수를 공급할 수 있도록 비용을 산정해 볼 필요가 있다.

그림 38에서 보면 부분해수유통에 의해 이전이 되어야 할 취양수장은 5km 기수역일 경우에 군산, 화양, 서포를 이전해야 하며, 12km 기수역을 유지하고자 할 경우에는 강정과 나포 양수장이 포함되어야 할 것이다. 충남도가 기존 양수장에서 21.3km까지 상류에 있는 입포에 취수탑을 건설할 경우로 계산하여 이전비용을 2,240억을 추산하였으며, 농수산식품부는 대형 관경을 제시하면서 7,128억의 비용을 제시하였다(그림 38). 입포에서 취양수를 할 경우에 고창과 양화 양수장을 이전해야 하며, 관로개설을 위한 경비가 매우

높게 될 뿐만 아니라 해수침투거리를 매우 크도록 관리하게 되므로 지하수에 해수의 침투가 문제가 될 소지가 있으므로 관리비를 저감하기 위한 방안을 채택해야만 한다. 12km 기수역으로 산정할 때에 취양수장 이전비용은 농수산식품부가 원하는 관경을 사용한다고 하더라도 4,000억 이내의 비용으로 충분한 것으로 판단된다. 경우에 따라 1,500~4,000억으로 부분해수유통과 지역발전 두 마리 토끼를 모두 잡을 수 있을 것으로 판단된다.

<표 7-5-8> 해수유통시 영향을 받게 될 금강호의 취·양수시설 현황

| 시설명          | 행정구역명<br>시도 시군 | 관개면적<br>(ha) | 펌프구경<br>(mm) | 전동기<br>(kW) | 단위양수량<br>(m <sup>3</sup> /s) | 대수 | 양수량<br>(m <sup>3</sup> /s) | 하구둑<br>상류거리 | 수치모형별<br>영향권             |
|--------------|----------------|--------------|--------------|-------------|------------------------------|----|----------------------------|-------------|--------------------------|
| 군 산<br>(취수장) | 전북 군산          | -            | 450          | 320.0       | 0.309                        | 5  | 1.945                      | 3.5km       | A3 (10 km)<br>B2 (12 km) |
|              |                |              | 300          | 180.0       | 0.197                        | 1  | 0.197                      |             |                          |
| 화 양          | 충남 서천          | 4,036        | 1,000        | 485.0       | 2.100                        | 3  | 6.30                       | 3.8km       | A2 (24 km)<br>B4 (12 km) |
|              |                |              | 850          | 802.0       | 1.461                        | 2  | 2.92                       |             |                          |
| 서 포          | 전북 군산          | 9,955        | 1,200        | 1230        | 3.315                        | 8  | 26.52                      | 4.0km       |                          |
| 강 정          | 전북 군산          | 30           | 350          | 30.0        | 0.250                        | 2  | 0.50                       | 8.3km       |                          |
| 나 포          | 전북 익산          | 8,742        | 1,100        | 750         | 2.480                        | 8  | 19.84                      | 11.5km      |                          |
| 고 장          | 전북 익산          | 100          | 350          | 30.0        | 0.250                        | 1  | 0.25                       | 16.1km      |                          |
| 양 화          | 충남 부여          | 322          | 500          | 205.0       | 0.518                        | 2  | 1.04                       | 19.3km      |                          |
|              |                |              | 500          | 343.0       | 0.525                        | 2  | 1.05                       |             |                          |
| 지 토          | 충남 부여          | 426          | 500          | 149.0       | 0.443                        | 2  | 0.89                       | 26.1km      |                          |
|              |                |              | 500          | 149.0       | 0.443                        | 2  | 0.89                       |             |                          |

<표 7-5-9> 해수유통으로 취수원 이전에 따른 취수시설 건설비용 비교(단위: 억원)

| 안별        | 구분                 | 지역 | 취수량<br>(m <sup>3</sup> /day) | 관경<br>(mm) | 관로<br>(km) | 취수탑 | 펌프장   | 가압장 | 관로등    | 용지매수<br>및<br>시설부대 | 합계     |
|-----------|--------------------|----|------------------------------|------------|------------|-----|-------|-----|--------|-------------------|--------|
| 1안<br>일부  | H <sub>1</sub> 취수장 | 서천 | 300,000                      | 1,500      | 21.3       | 42  | 110   | 96  | 422    | -                 | 670    |
|           |                    | 군산 | 1,000,000                    | 2,600      | 21.2       | 42  | 240   | 207 | 1,081  | -                 | 1,570  |
|           |                    | 계  | 1,300,000                    | -          | 42.5       | 84  | 350   | 303 | 1,503  | -                 | 2,240  |
|           | H <sub>2</sub> 취수장 | 서천 | 896,000                      | 4,000      | 21.3       | -   | 153   | -   | 1,095  | 114               | 1,362  |
|           |                    | 군산 | 4,255,000                    | 12,000     | 21.2       | -   | 837   | -   | 4,450  | 479               | 5,765  |
|           |                    | 계  | 5,141,000                    | -          | 42.5       | -   | 990   | -   | 5,545  | 593               | 7,128  |
| 2안<br>백제보 | H <sub>1</sub> 취수장 | 서천 | 300,000                      | 1,500      | 48.0       | -   | 110   | 96  | 1,235  | -                 | 1,441  |
|           |                    | 군산 | 1,000,000                    | 2,600      | 57.9       | -   | 240   | 207 | 3,428  | -                 | 3,875  |
|           |                    | 계  | 1,300,000                    | -          | 105.9      | -   | 350   | 303 | 4,663  | -                 | 5,316  |
|           | H <sub>2</sub> 취수장 | 서천 | 1,702,000                    | 5,600      | 48         | -   | 295   | -   | 3,063  | 309               | 3,667  |
|           |                    | 군산 | 8,798,000                    | 27,000     | 57.9       | -   | 1,731 | -   | 21,958 | 2,156             | 25,845 |
|           |                    | 계  | 10,500,000                   | -          | 105.9      | -   | 2,026 | -   | 25,021 | 2,465             | 29,512 |

\* 1) 충남도의 각 시설별 세부 소요비용은 <부록표 7-5-2> 참조  
2) 농식품부의 각 시설별 세부 소요비용은 <부록표 7-5-3> 참조

그림 38. 국토해양부 보고서(2011.12)에서 기술한 해수유통과 관련한 해수침투거리와 취양수장 이전을 위한 비용 산정표.

#### 4) 부분해수유통과 통선문 개설을 통한 지역발전 방안

##### ■ 하구둑 선진국의 하구둑에 통선문이 없는 경우는 없다!

우리나라가 벤치마킹한 네덜란드나 독일의 하구둑에 통선문이 설치되어 있지 않은 하구둑은 없다(그림 39). 어떠한 형태로든 하구호에 선박을 통행시키는 것은 당연한 것이다. 하구호는 담수공급은 물론 항구, 위락, 심미적 기능을 모두 가져야 그 가치가 있다. 그러나 우리나라의 하구호는 담수공급의 기능밖에 가지고 있지 않다. 우리나라도 이제 이들 선진국들의 하구호를 제대로 벤치마킹할 필요가 있는 시점에 이르렀다는 판단이다. 이들 나라들의 통선문은 완전해수 차단용, 부분해수차단용, 해수유통용 통선문 등 다양하다. 이들 중에 어떠한 것을 택하더라도 하구둑에 통선문의 설치하는 필수적인 지역발전의 방향이다.



그림 39. 네덜란드 하구호의 통선문.

### ■ 하구호는 가장 정온성이 뛰어난 항구이며 관광자원이다!

하구둑을 건설하여 자연재해를 방지하고 담수공급을 하고 있는 선진국들의 하구호는 다기능의 항구, 농업, 관광레조트 타운이라고 할 수 있다(그림 40). 요트가 정박하는 마리나는 해양으로 열려져 있는 항구가 아니라 육지를 파고 내측에 건설되는 것이 당연하다. 그러나 하구호는 육지를 파고 들어갈 필요가 없는 이상적인 항구의 특성을 가지고 있으므로 통선문만 있다면 자연스럽게 마리나, 관광레조트 단지로 발전하며, 인근 농업은 관광용 농업이 되어 지역민의 소득창출에 엄청난 기여를 하게 된다. 또한 이러한 하구호 레조트 항구는 상업지로도 발전하므로 하나의 해안타운이 들어서게 되므로 인구감소의 문제도 없게 된다. 서천군이나 군산시는 이러한 무한한 잠재성이 있는 자원을 이미 가지고 있다. 이 자원을 썩히는 것은 지역민의 희망을 무참히 파괴하는 것이라고 할 수 있으므로 관과 민, 지자체장은 반드시 이 자원을 활용할 의무가 있다고 할 수 있다.



그림 40. 네덜란드 휘어스호 내의 농업-관광-레조트 복합타운.

#### ■ 하구호는 항구로, 주변 평지는 워터타운으로!

하구호 내측에 존재하는 평지는 이제 단순한 논이나 밭으로 활용하기에는 너무나 귀중한 자산이다. 우리가 선진국이 되기 위해서는, FTA를 극복하기 위해서는 지역발전의 모델을 구상함에 혁신적인 사고의 전환이 필요하다. 하구호의 특성상 일정한 수면을 유지하게 된다. 금강호도 항상 일정한 수면을 유지할 수 있도록 갑문을 조절하고 있다. 이러한 특성은 하구호 주변에 안정적인 워터타운(수로로 연결되어 있어 요트가 집 앞에 정박할 수 있는 타운)을 건설할 수 있다. 선진국에서 이러한 택지는 어떤 대도시 택지의 가격보다 가치가 높다. 그림 41은 이러한 워터타운의 모식도이다. 이들 워터타운이 어떤 형태가 되어야 하는 것인지, 어떤 법적인 조치를 해야하는지는 추후 논의가 될 수 있지만 기본적으로 워터타운은 금강호나 다른 하구호에 반드시 적용이 되어야 할 가치를 가지는 제안이라고 할 수 있다. 물론 이러한 워터타운은 군산시 쪽에도 건설되어야 군산시의 새로운 미래가 있다고 할 수 있다.

대규모 하구에 해당되는 삽교천도 금강호의 경우와 마찬가지로 하구의 기능을 복원

하여 가치를 높이는 방향으로 지속가능한 발전을 할 수 있을 것으로 판단된다.

## 5) 부분해수유통/통선문과 관련한 추진 시나리오

### ■ 1안) 부분해수유통과 통선문 동시 설치!

이상적인 금강호와 하구역 발전모델은 부분해수유통을 통해 새로운 지역발전 구상할 수 있는 기수역을 정의하고, 적절한 규모의 통선문을 설치하여 하구호 주변에 워터타운, marina, 어항 등을 건설하는 것이라고 할 수 있다. 물론 이러한 발전모델의 전제조건은 상류로부터 오염원을 차단하고 관리하여 하구호의 수질을 2급수로 유지하는 것이라 할 수 있다. 상류에서 점오염원을 완전히 차단하더라도 비점오염원에 의한 하구호의 수질을 유지하기 어려우므로 해수를 부분적으로 유통시켜 이들 비점오염물을 해양으로 배출하고 희석하여 수질을 유지할 필요가 있다. 이들 오염물질들은 바다로 나가서는 영양염이 되어 금강하구역의 어장을 활성화시키는 중요한 자원이 될 수 있다.

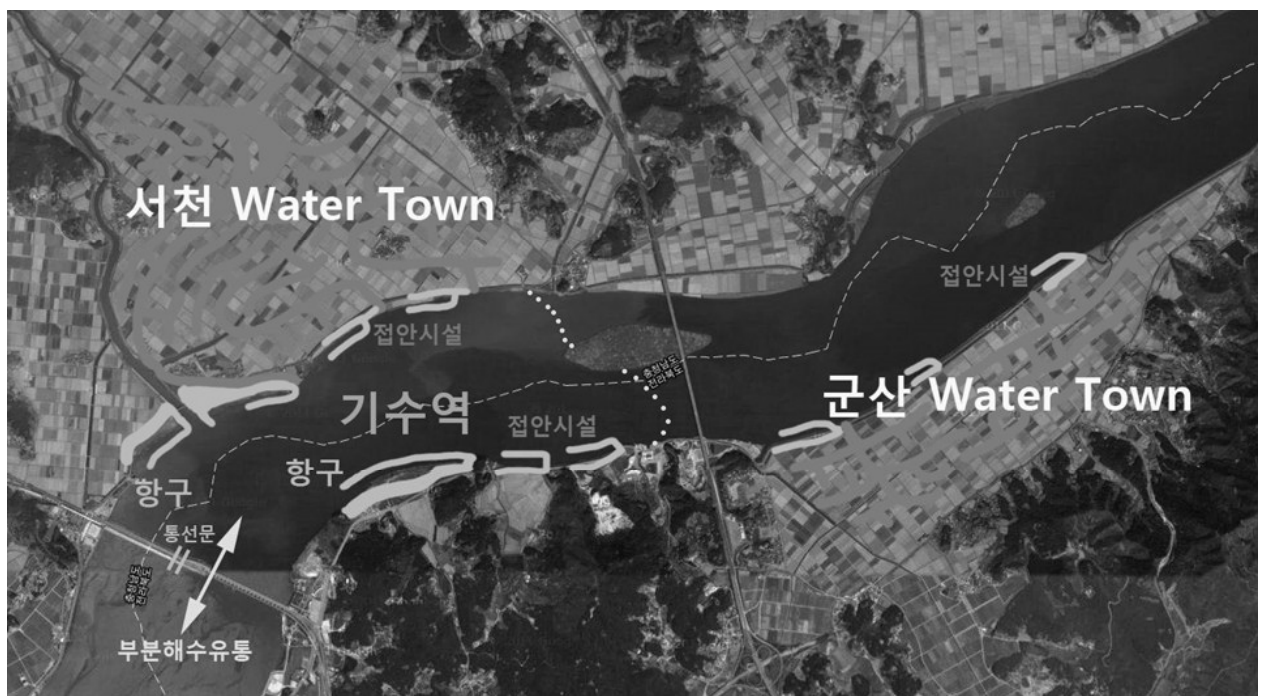


그림 41. 금강호 내측의 워터타운 예시.

■ 2안) 우선 통선문 동시 설치 후 부분해수유통 고려!

부분해수유통에 대한 두려움이나 있거나 지역합의가 이루어지지 않을 경우에는 우선적으로 통선문을 설치하여 서천군과 군산시의 공동지역발전의 모델을 수립하여 진행하면서 차후 지역합의를 통해 해수유통을 고려하는 수질개선, 생태환경개선 프로그램을 진행할 수도 있을 것이다. 다음은 이 안에 따르는 단계를 제시한 것이다.

□ 1단계: 하구호를 담수관광항구로 전환

- 관광(생태)어항과 요트(마리나) 항
- 하구호의 서측에 통선문 설치: 해수차단 통선문
- 부분준설, 준설토는 새만금 지역 공급

□ 2단계: 상류 수질개선을 통한 광역생태관광 하구역으로 전환

- 하구-섬-갯벌 연계 생태관광 프로그램
- 하구호 육지부 수변생태도시(Water Town) 추진
- 기수역 확보 및 부분해수유통의 장단점 판단과 지역 합의

□ 3단계: 수질개선이 어려울 경우 부분해수유통 프로그램

- 모니터링 결과 담수호의 수질개선이 불가할 경우에 부분해수유통을 위한 준비
- 수치모델 후 소형의 해수유통용 수문터널 건설
- 적절한 기수역 확보 및 부분해수유통의 장단점 판단과 지역 합의
- 적절한 부분해수유통과 기수역 범위 설정후 부분해수유통을 위한 갑문개폐 또는 추가갑문 설치
- 하구항의 기능을 확대: 통선문 확대
- 기수생태계 복원: 갈대밭 확대, 철새관광지, 기수습지 확대



- 1단계: 하구호를 담수 관광항구로 전환
  - 관광(생태)어항과 요트(마리나)항
  - 하구호의 서측 통선문을 설치: 해수차단 통선문
  - 부분 준설, 준설토 외해투기나 새만금 지역 공급
- 2단계: 수질개선을 통한 광역 생태관광 하구역으로 전환
  - 하구-섬-갯벌 연계 생태관광 프로그램
  - 하구호 육지부 수변생태도시(Water Town) 추진
  - 기수역 확보 및 부분해수유통의 장단점 판단과 지역 합의
- 3단계: 수질개선이 어려울 경우 부분해수유통 프로그램
  - 수질개선 불가할 경우 부분해수유통을 위한 준비
  - 수치모델 후 소형의 해수유통용 수문터널 건설
  - 적절한 기수역의 범위를 판단한 후 개방형 수중보 건설
  - 하구항의 기능을 확대: 어선/요트 입항, 통선문 확대
  - 기수생태계를 복원: 갈대밭/기수습지 확대, 철새관광지 활용

## 8. 중규모 하구 부분해수유통 적용 방안 제안

충남의 하구에서 개략적으로 중규모의 하구로 판단되는 하천은 대호천, 웅천천, 보령천과 홍천천을 들 수 있다. 중규모의 하천의 특징은 조수에 의해 밀려오는 해수의 양에 비해 담수의 양이 부족한 하구의 물리적 특성을 가진다. 이러한 하구에서는 부분해수유통이라고 하더라도 짧은 시간에 하구호의 담수가 모두 해수 또는 염분이 높은 기수로 변할 가능성이 높다. 이와 같은 하구에서는 하구를 복원할 경우에 기존의 산업에 대해서 충분히 안정성을 유지토록 해야 한다. 그러나 수질개선을 위해서는 충분한 해수가 필요하므로 그림 15에서 제시된 것과 같은 수중보가 필요할 것이며, 수중보에 의해 다시 상류에서 수질에 악영향을 미칠 수 있으므로 자주 수중보 상류 저층에 퇴적되는 퇴적층을 방류하기 위해서는 개방형 수중보가 필요하다.

충남에서 문제가 되고 있는 부남호와 간월호도 유입담수량이 적으므로 중규모의 하구로 분류할 수 있다. 여기에서는 부남호와 간월호를 대상으로 대략적으로 부분해수유통에 대해 검토해본다.

### 1) 부남호와 간월호에 퇴적된 오염퇴적물(오니) 문제

부남호와 간월호의 수질개선을 위한 오니의 해결책으로 현재 제시되어 있으며 이미 추진하고 있는 사업이 준설에 의한 개선방법이다(그림 42, 43).

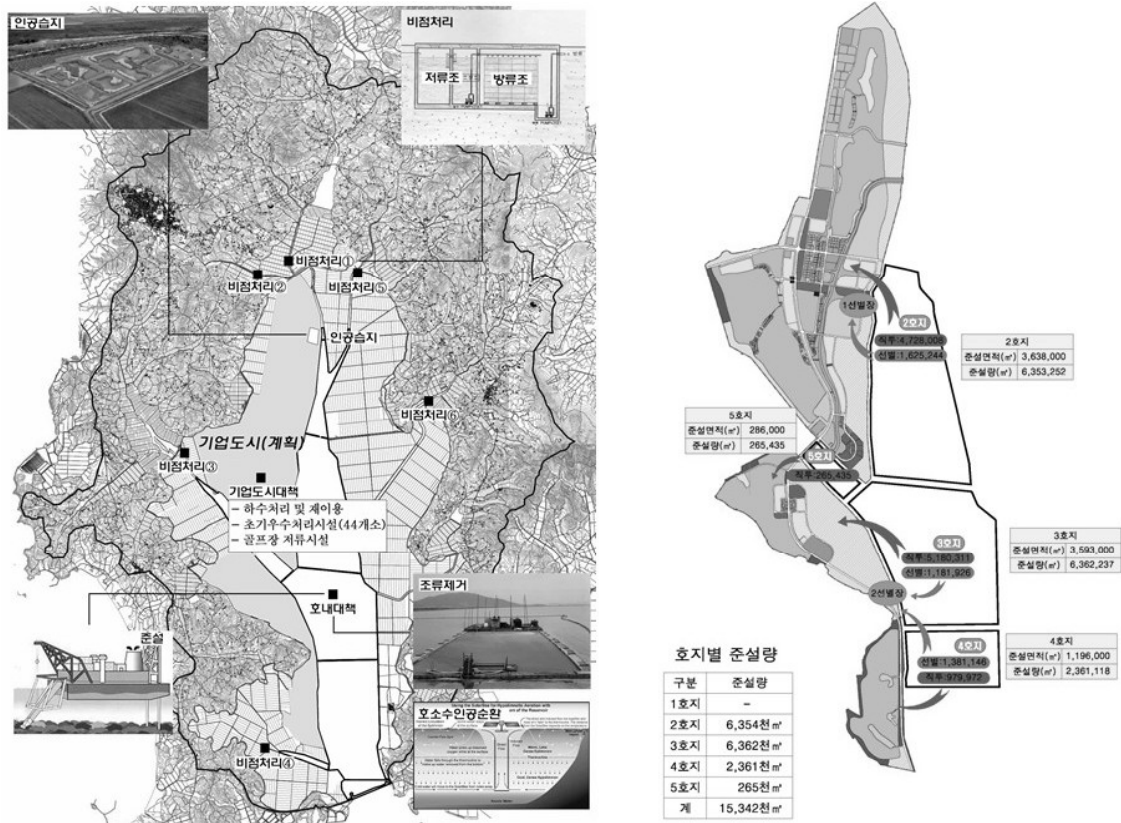


그림 42. 부산호의 기업도시계획과 준설계획



그림 43. 간월호의 준설계획과 목표치

#### 간월호 준설사업

- 사업목적 : 간월호 수질개선 (VI등급 → IV등급)
- 준설면적 : 1,660ha(전체면적 2,504ha)
- 준 설 량 : 29,392천 m³
- 준설심도 : 평균 1.77m (하류측 1,001ha는 저니층 0.5m만 제거)

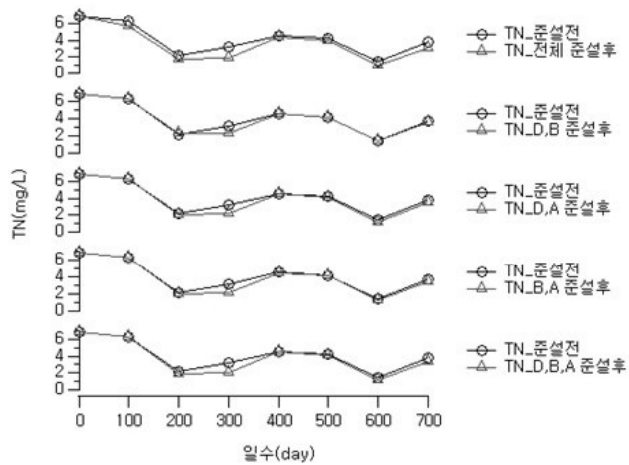
#### 준설 기대 효과

- 간월호 수질개선 (VI등급 ⇒ IV등급) 및 담수용량 증대
- 매장된 골재 활용: 국고 절감 (민자유치)
- 담수용량 증대 및 수질개선에 따른 고품질 농산물 생산가능
- 농산물 품질인증으로 농가소득 증대
- 깨끗한 담수 방류로 인근 바다어장 어류 영향 최소화
- 저서생물 서식공간 및 철새도래지 환경 보전 등 자연생태환경 복원

그러나 준설은 다시 준설을 낳을 수밖에 없으므로 항구적인 수질개선의 방법도 아니며, 추가적인 비용이 어마어마하여 합리적인 개선방법이라 할 수 없다. 영산호의 경우에도 대규모의 준설에 의해 수질개선 방안을 검토하였으나 약 6천만 $m^3$ 을 준설하기 위해 1조 1천억의 경비가 필요하나 약 3년 이내에 다시 준설을 해야 하는 결과를 얻었다(그림 44). 부남호나 간월호에서도 현재의 상태를 유지한다면 준설의 효과가 오래가지 않을 것이며, 다시 준설을 해야 한다는 것으로 보여준다. 현재 현대나 농촌공사가 추진하고 있는 대책이 단기적인 효과에 불과함을 의미한다. 또한 부남호의 경우에 기업도시를 조성하는 곳에 오니를 투여하고 있으므로 향후 지하수 오염문제도 발생할 수 있다는 점에서 유의를 해야 한다. 간월호에서는 3천만 $m^3$ 을 준설한 이후에도 겨우 4급수를 유지한다면 간월호의 수질로 미래형 수변공간을 조성할 수 없으며, 친환경농업의 인증을 받을 수 있는 농산물도 생산할 수 없음을 의미한다.

중규모의 하구복원을 위해서는 해수차단을 위한 수중보 또는 방수제가 필요하며, 적절한 규모의 담수를 주기적으로 기수역에 방출하여 희석시킨 후에 해역으로 방류를 함으로서 외측의 해역의 수질도 유지하고, 담수구역에 오염을 야기하는 유기물을 제거하는 하구의 기능을 활용하는 것이 가장 좋은 방법으로 판단된다(그림 45). 부남호의 경우에서측의 기업도시지역은 농업용 담수로가 필요하지 않을 것이므로 동측에만 담수로를 건설하여 하류지역에 농업용수를 공급하도록 하며, 간월호에서는 양측에 담수로를 건설하여 농업용수를 공급하고 하류구역에 해수를 유통시켜 기수역을 유지한다면 하구의 기능을 모두 가지는 하구복원이 될 수 있을 것이다.

## ■ 준설전후의 T-N 농도변화



## ■ 준설전후의 T-P 농도변화

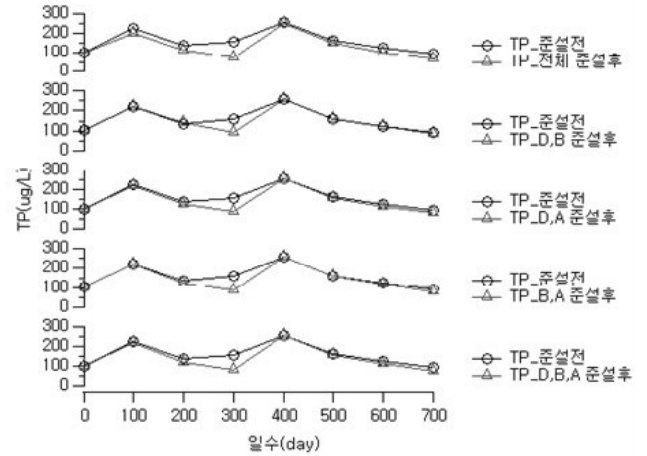


그림 44. 영산호에서 전체 오니를 준설한 이후에 총인과 총질소의 농도변화를 예측모형을 보여주는 것으로 준설 후 약 300일간은 효과가 있었으나 약 700일에 이르러서는 효과가 원상태로 돌아감을 보여준다.

## 부남호/간월호 기수환경 복원 구상



## 하구 생태 관광지/휴양지 6차형 관광농업지



그림 45. 중규모 하구인 부남호와 간월호의 하구복원 방안.

## 9. 소규모 하구 부분해수유통 적용 방안 제안

충남의 연안에 분포하는 하구는 대부분 소규모 하구(송림천, 판교천, 종천천, 남포천, 장포리, 교성천, 비인천 등)에 해당된다. 소규모 하구는 담수량이 매우 부족하여 해수유통을 통하여 대규모 기수역을 확보하기 어려우며 충분한 담수량도 확보하기 어렵다. 이 경우에도 중규모와 마찬가지로 담수를 가두어놓을 수 있는 제방과 담수를 방류할 수 있는 갑문을 상류에 두어 그 하류에 기수 또는 만입형 하구를 복원할 수 있다. 이 경우에 하구는 전형적인 기수역이 아니라 약간의 담수가 유입되는 소규모의 기수역이 형성되나 정온성이 좋은 작은 항구로 사용할 수 있는 공간을 확보할 수 있다는 점에서 지속가능한 발전전략을 수립할 수 있을 것이다.

충남해안의 특성상 조차가 매우 높으므로 갯벌항구를 조성하는 방법으로 하구복원과 항구를 조성할 수 있을 것이다. 가장 좋은 예로 독일의 프리드리히스쿱(그림 46, 47), 도르누머질과 할레질 항구(그림 48)를 들 수 있다. 그림 47의 녹색갯벌은 염습지가 조성되어 있어서 녹색으로 보이고 있음. 갯벌내에 수로를 설치하여 항로를 확보하고 있으며, 주로 창조시를 활용하여 갑문을 이용하여 선박이 내측 항구로 출입을 하고 있으며, 간조시에 갑문을 닫아 내부 항구에 수심을 유지하여 항구의 정온성을 확보하고 있다(그림 47).



## 독일 Friedrichskoog

그림 46. 독일 쉘레스비히홀스타인 해안의 프리드리히스쿱 갯벌항구의 모습으로 갯벌에 항로를 유지하도록 하며 주로 창조시에 선박이 출입하고 있으며, 항구내에는 갑문으로 수심을 유지하여 정온성을 확보하고 있음.



그림 47. 독일 프리드리히스쿱 항구의 갯벌쪽 수로와 갑문 내측의 항구를 보여주는 사진.



그림 48. 독일 니더작센 해안의 도르누머질과 할레질 항구의 모습. 항구는 모두 육지 내측으로 들어간 곳에 구성되어 있으며, 갯벌로는 수로를 두어 항로를 유지하고 있음.

독일의 도르누머질과 할레질 항구(그림 48)의 갑문 위로는 차도가 있으며 다리를 들어올려 차량이 통과하도록 되어 있다. 항구에는 내측의 호수로 드나드는 선박을 위해서 신호등이 설치되어 있다.

그림 49는 송림천에 독일의 갯벌항구를 접목하였을 때 적용할 수 있는 방안을 모식화한 것으로 항구주변을 새로운 주거와 마리아와 관광시설로 바꾸어 지역의 가치를 확대하는 것임. 주변에 농지에 담수를 공급하기 위해서는 상류에 작은 갑문을 설치하여 담수를 확보할 필요가 있으며, 홍수시에 담수를 배출할 수 있도록 관리되어야 함. 갯벌에는 수로를 설치하여 항로를 유지하도록 해야 함.



그림 49. 서천 송림천에 독일의 갯벌항구의 모델을 접목해 본 모식도임.





# 하구생태복원의 국제적 추세 및 충남도 적용 방안

장동호(공주대학교)

## 1. 서론

간석지 또는 갯벌(tidal flat)은 조류에 의해 운반된 점토, 실트, 모래 등이 파랑의 작용을 적게 받는 해안에 퇴적되어 만든 지형으로, 만조 시에는 해수면 아래로 잠기고 간조 시에는 해수면 위로 노출되는 특성을 가진다. 갯벌은 후미나 내만으로 어느 정도 폐쇄되어 파랑작용이 약하고, 하천에 의한 토사의 퇴적작용이 있는 곳에서 잘 발달한다. 또한, 완만한 지형경사와 풍부한 부유물이 공급되는 연안환경, 그리고 조차가 크고 수심이 얕은 곳에 넓게 형성된다(해양수산부, 2005).

한국의 갯벌은 주로 서해안과 남해안에 다양한 형태로 발달되어 있고, 매우 좁지만 일부 동해안에도 갯벌이 형성되어 있다. 서·남해안은 해안선이 복잡하고 섬이 많아 갯벌의 발달에 유리한 조건을 갖추고 있으며, 주로 황해로 유입되는 한강, 금강, 만경강, 동진강, 영산강 등의 하구와 해수면 상승에 따른 해침에 의해 형성된 만입지에 대규모의 갯벌이 발달하였다. 특히, 거대한 내만의 형태를 띠고 있는 서해안은 갯벌의 발달이 탁월하여 유럽의 북해 연안, 캐나다 동부 및 미국의 남동부 연안, 아마존강 하구 등과 더불어 세계 5대 갯벌 지역으로 손꼽히고 있다(고철환, 2004).

황해는 여러 하천이 유입하면서 특히 여름철의 홍수기에 대량의 토사를 운반한다. 그런데 하구가 나팔 모양으로 벌어진 이들 하천은 조류의 영향을 많이 받으며, 이로 인해 하천의 토사는 조류에 의해 바다로 잘 제거된다. 바다로 제거된 토사 중 뿔과 같은 물질은 조류에 의하여 멀리까지 운반되면서 해수면이 잔잔한 후미진 해안에 퇴적된다. 그리고 모래와 같은 조립물질은 하구 가까이의 해안에 주로 퇴적되면서 사질 갯벌을 형성한다. 또한 삼각강의 형태를 가진 소하천의 하구에서는 하천의 토사 유출량보다 조류에 의하여 바다로 부터 들어오는 뿔의 양이 훨씬 많기 때문에 점토질 갯벌이 넓게 발달한다. 이러한 점토질 갯벌 사이에 뿔러 있는 하도는 유역분지의 지표수 유출로 보다는 바닷물이 드나드는 갯골의 역할을 주로 한다.

일반적으로 갯벌의 지면은 안쪽이 높고 바깥쪽이 낮는데, 지면이 높아져서 바닷물이 침입 회 수가 줄어들면 염생식물이 정착하기 시작한다. 식생은 또한 퇴적물의 집적을 크게 돕는다. 염생습지는 조차가 큰 유럽의 대서양 연안에는 널리 나타나며, 네덜란드와 같은

일부 인구 조밀지역을 제외하면 염생습지가 자연 상태로 보존되어 있는 곳이 많다. 그러나 우리나라에서는 서해안과 남해안을 불문하고 국지적으로만 분포한다. 염생습지는 간척의 최적지이기 때문에 거의 전부 농경지로 개간되었다. 간척사업은 과거부터 추진되어 왔으며, 우리나라에서는 염전뿐만 아니라, 관개를 요구하는 논으로 간척지를 이용하기 때문에 용수의 활용이 가능한 곳에서는 일찍부터 방조제를 바다 쪽으로 막아 나갔었다. 그러나 대대적인 간척사업이 추진되기 시작한 20세기 초반 하더라도 염생습지는 광범하게 분포하였다(권혁재, 1974).

국토면적이 협소한 우리나라는 지난 40여 년 동안 서해안의 지형도가 바뀔 정도로 갯벌에서 많은 간척사업을 수행하여 국토면적을 늘려왔다. 간척사업은 농경지를 확보한다는 장점이 있지만 많은 부분에 공단이나 산업시설이 입주하여 연안생태계를 오염시키고 있으며, 농업용수 확보를 위해 조성하는 담수호는 부영양화 과정을 통해 오염이 심각한 상태에 있다. 특히, 연안개발의 영향으로 갯벌 원래의 기능을 발휘하지 못하고 오히려 다양한 환경문제를 야기하였다.

갯벌은 해양생물의 산란장, 자연정화, 연안보호 등 환경적으로 중요한 역할을 하는 것으로 널리 인식되고 있어 최근 들어 많은 사람들의 관심 대상이 되고 있는 지역이다. 따라서 오늘날 갯벌은 과거와는 달리 체계적인 관리 지침을 만들어서 이용하고 관리하여야 한다. 또한 최근 들어 갯벌의 생태적·경제적 가치가 돈으로 따질 수 없을 만큼 무궁무진하다는 사실을 인식하면서 기존의 간척지 제방이나 육지화한 땅을 허물어 간척하기 이전의 상태로 돌려놓는 갯벌 복원사업인 역간척 사업에 관심이 증대되었다.

국외에서도 갯벌의 생태적 가치와 소중함이 새롭게 부각되면서 네덜란드를 비롯하여 미국, 독일, 일본 등의 여러 선진국에서는 간척지를 다시 갯벌로 환원하는 역간척 사업을 추진하고 있다. 특히, 이러한 사업을 추진하기 위해서는 그동안 갯벌이 어떻게 사용되었는지, 그리고 그에 따라서 어떠한 문제들이 야기되었는지에 대한 분야별 현황조사와 함께, 유형별 문제점에 대한 대책 수립이 필요하다. 따라서 국내에서 역간척 사업을 수행하기 위해서는 해외에서 이와 관련된 유사한 사례 또는 선행사례가 있었는지 파악하고 비판적으로 검토하여, 필요한 부분들은 우리 현실에 적합하도록 수정하여 적용하여야 한다. 또한 역간척 사업을 성공적으로 수행하기 위해서는 대상지역의 이해관계자들 간의 합의가 반드시 필요하다. 이러한 합의를 도출하기 위한 구체적인 방안 제시가 필요하다. 최종적으로는 우리나라 실정에 맞는 갯벌습지 복원 가이드라인 및 기준 등을 마련하여 역간척 사업에 따른 문제점을 최소화하고, 지역발전 및 생태계복원에 기여할 수 있는 중장기 관리지침을 만들어야 한다.

## 2. 갯벌의 형성 및 지형분류

### 1) 갯벌의 형성

갯벌은 퇴적물이 퇴적되는 속도와 퇴적물의 공급량, 해수면 상승 등의 다양한 조건에 의해 형성되는 지형이다. 일반적으로 갯벌은 지형이 완만하고 파랑에너지가 약한 지역에서 발달하며, 해수면의 상승이 점진적이고 육지로부터 퇴적물의 공급이 지속적으로 충분히 이루어져야 성장하게 된다. 또한 조차가 커서 부유물의 퇴적이 잘 일어날 수 있는 대조차 환경 지역에서 발달한다.

제4기(Quaternary)는 지구적 규모에 걸친 빙하의 소장이 반복된 시기로서, 빙하성 해수면 변동에 따른 해수면의 승강이 갯벌 발달에 커다란 영향을 끼쳤다. 즉, 갯벌의 규모와 퇴적구조는 후기 홀로세 동안의 해수면 변화와 밀접한 관계가 있다. Bloom & Park(1985)에 의하면, 지난 1만 5천~1만 8천 년 전의 마지막 빙하기 동안 한반도 대륙붕의 해수면은 현 해수면 아래 약 130m에 있었고 그 후 해수면은 비교적 빠르게 상승하였다고 한다. 그리고 약 7천~8천 년 전부터는 느리게 상승하였거나 거의 현 위치에 도달한 상태에서 소규모의 상승과 하강을 반복한 것으로 보고하였다. 그들의 해수면 변동 곡선에 의하면 6,000년 전의 해수면은 -5m 부근, 10,000년 전의 해수면은 -10m 부근에 나타난다. 장진호(1995)는 갯벌이 마지막 간빙기 이후 약 6,000~7,000년 동안 해수면이 현재 위치에 도달한 후 형성되고 성장된 것으로 보았으며, 신동혁(1998)은 해수면이 현 위치에 도달한 상태에서 소규모의 상승과 하강을 반복하였음을 보고하였다.

한편, 서해안의 하천 하류부 충적평야 연구에서도 후빙기 해수면 변동에 관한 다양한 고찰이 이루어졌는데, 황상일(1994)은 고양시 일산충적평야를 대상으로 고해수면을 복원한 결과 이 지역에서는 약 7,000년 전에 해면(평균고조위)이 현 수준까지 상승하였고, 5,000년 전에는 해발 5.5m에 도달했다. 이후 3,200년 전까지 거의 같은 고도를 유지하다가 2,300년 전에 해면이 낮아져 해수면은 후퇴하였고, 1,800년 전의 해수면은 해발 5.8m까지 상승했다가 이후 현 수준으로 수렴된다는 사실을 밝혔다.

이상의 결과로 종합하여 보면, 우리나라 황해안의 갯벌은 해수면이 거의 현재 높이까지 상승한 이후에 형성된 것으로 추정된다. 김여상(1998)의 연구에 의하면, 실제로 갯벌을 형성하는 미고결 현생퇴적층 바로 아래에 위치하는 반고결 상태의 산화퇴적층 상부에서 얻어진 토탄층의 연대를 측정한 결과 약 7천 년 전으로 밝혀졌고, 이들 토탄층 위에 쌓인 간석지 퇴적층은 그 이후에 형성된 것이다. 따라서 오늘날 간석지가 형성되어 있는 대소의 만입지나 큰 강하구의 삼각강(estuary)은 모두 이때의 해수면 상승에 따른 침수에 의해 생긴 것이다.

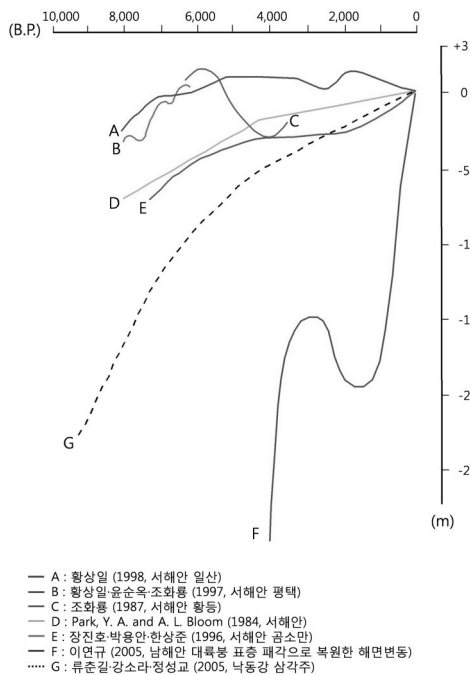


그림 53. 한반도 Holocene 해면 변동 곡선(황상일·윤순옥, 2002 자료 수정)



그림 54. 위스콘신 빙하기의 LGM 때에 위치한 고해안선(paleocoastline)(박용안, 1992)

일반적으로 갯벌은 해수면 상승이 점진적으로 일어나고, 퇴적물 공급이 지속적으로 일어나야만 형성된다. 따라서 서해안의 해수면 변동 곡선에서 보는 것처럼, 홀로세 초기에는 해수면의 상승이 매우 급격하게 일어나 갯벌이 형성되기 어려웠을 것이다. 또한 급격한 해수면 상승에 따라 수심이 깊어져 퇴적물의 공급량이 많아도 퇴적층이 형성되기는 어려웠다. 그러나 홀로세 후기에는 해수면의 상승이 점진적으로 일어나 갯벌이 형성될 수 있었다. 특히, 현재보다 해수면이 높았던 시기이거나 해수면 상승이 거의 없었던 시기에서는 퇴적물의 공급이 충분하고 또 계속적으로 이루어져 갯벌은 바다 쪽으로 성장하였을 것이다. 따라서 우리나라 서해안의 갯벌 퇴적층의 층서는 바다 쪽으로 성장하여 상향 세립화하는 수직층서를 보인다.

## 2) 갯벌분류

갯벌은 먼저 지형학적, 생물학적 특징에 따라 분류가 이루어지는데, 특히 해수면의 기준 높이에 따라 퇴적물의 입자 크기가 달라지기 때문에 지형분류가 가능하다. 밀물과 썰물 현상은 대조 때와 소조 때의 고조선과 저조선의 위치를 크게 다르게 한다. 이것의 1차 요인은 조석 차이로 인한 주기적인 해수면 변화 때문이다. 일반적으로 평균만조선(고조선)과 평균간조선(저조선)을 기준으로 하여 세부적 지형면으로 분류할 수 있는데, 육지에서 바다 쪽으로 향하면서 조상대(supratidal zone), 조간대(intertidal zone), 조하대

(subtidal zone)로 구분된다. 조간대는 다시 상부조간대(high-tidal flat), 중부조간대(mud-tidal flat), 하부조간대(low-tidal flat) 등으로 구분된다(고철환, 2009).

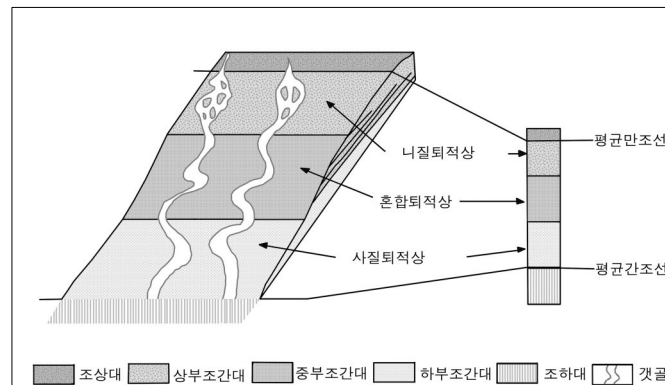


그림 3. 갯벌 구분(고철환, 2009)

이런 조석의 차이는 생물의 분포와 퇴적환경에 매우 중요한 영향을 미친다. 갯벌의 퇴적작용은 밀물과 썰물의 조류에 의해 이루어지며, 퇴적환경은 밀물이 우세한 부분과 썰물이 우세한 부분으로 구분할 수 있다. 조간대와 조하대에서는 퇴적물이 무거워서 퇴적 속도가 빠른 물질의 운반이 우세하고, 조상대에서는 퇴적물이 가벼워서 퇴적 속도가 느린 물질의 운반이 우세하다. 이와 같은 갯벌 전반의 퇴적작용의 현상에 따라 만조선에서 간조선에 이르는 갯벌 표층퇴적물의 조직 특성은 일반적으로 입자 크기가 바다 쪽으로 갈수록 조립화하는 경향을 나타낸다.

두 번째로 조차에 의한 갯벌 분류를 살펴보면, 크게 대조차, 중조차, 소조차 지역으로 나눌 수 있다(최성길, 1998). 대조차 지역은 보통 조차가 4m 이상 되는 지역으로 연안은 넓게 발달한 조간대 환경이 특징적이다. 우리나라 서해안은 좋은 예라 할 수 있으며, 조차에 의한 갯벌 분류에 의하면 서해안의 대부분은 대조차 환경에 속한다. 서해는 북으로 갈수록 조차가 커지는데 이는 황해가 좁고 수심이 얕으며 해안선의 출입이 심하고 긴 만이라는 지형적 특성과 관계가 있다. 이밖에 중조차 지역은 조차가 2~4m에 해당하는 지역으로 남해안이 중조차 환경에 속하며, 소조차 지역은 조차가 2m 미만인 지역으로 동해안이 소조차 환경에 포함된다.

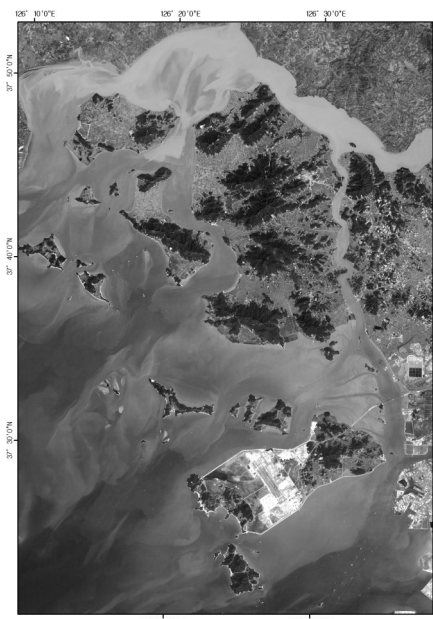
세 번째로 해안지형의 특성에 의해 갯벌을 개방형, 하구형, 폐쇄형(만입형) 및 반폐쇄형으로 분류될 수 있다(해양수산부, 2005). 개방형 갯벌은 우리나라의 서남해안에서 외해를 향하여 열린 상태로 발달한 갯벌을 지칭한다. 서해안에서는 주로 연안이나 섬의 서쪽과 북쪽에 분포하는 갯벌에서 이러한 형태를 보이는데, 안면도 서쪽 해안이 대표적이다. 개방형 갯벌은 조류의 영향뿐만 아니라 파랑의 영향도 매우 강하게 받아 최상부에 해빈이 발달하거나 사질갯벌이 우세하게 나타난다. 서해안에 형성되어 있는 대부분의 해수욕장

이 개방형 갯벌에 해당된다.

하구형 갯벌은 비교적 규모가 큰 하천이 유입하는 연안에 형성된 갯벌로 한강 하구의 강화도 갯벌, 금강하구 갯벌, 만경강·동진강 하구의 새만금 갯벌 등이 대표적이다. 이밖에 충남에서는 아산만과 남양만 사이에 하구형 갯벌과 사주와 함께 나타난다. 하구 갯벌은 지형 특성상 하구를 향하여 길게 발달하며 때로는 갯벌로 노출이 되지 않는 경우도 있지만 대부분 하구 입구에 사주를 형성하기도 한다.



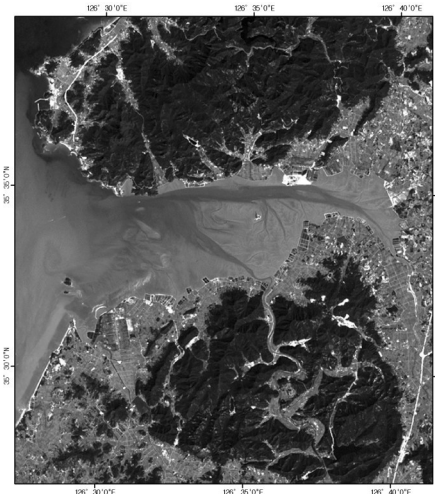
(a) 개방형(안면도 동쪽 해안)



(b) 하구형(한강하구)



(c) 폐쇄형(탄도만)



(d) 반폐쇄형(곰소만)

그림 4. 해안지형 특성에 의한 갯벌 유형분류

폐쇄형 갯벌은 만의 입구가 좁아서 파랑으로부터 보호를 받는 만의 내측에 발달하는 갯벌로 대부분 점토질 갯벌이 우세하다. 대표적인 지역으로는 함평만의 동측, 탄도만의 동측, 가로림만의 동측 지역이다. 남해안의 큰 만에는 이러한 영향이 나타나기는 하나 서해안만큼 뚜렷하게 나타나지는 않는다. 서남해안의 많은 만입지에는 대부분 폐쇄형 점토질 갯벌이 매우 광범위하게 발달하였으나 오랜 간척사업의 결과 상당히 많은 갯벌이 사라지거나 그 특성을 잃어버렸다.

반폐쇄형 갯벌은 만의 입구가 넓어서 만의 입구 쪽에서는 파랑의 영향이 강하지만 만의 안쪽으로 들어가면서 상대적으로 조류의 영향이 증가하여 전체적으로 만의 입구에서 만의 안쪽으로 점차 세립해지는 경향을 보이는 간척지를 의미한다. 대표적인 지역으로는 고평만이나 가로림만 간척지가 이에 해당된다. 이들 갯벌은 부분적으로 파랑을 막아 주어 상대적으로 조류의 영향이 강하게 나타나는 갯벌로서 만에 형성된 특징과 유사하기 나타난다. 특히 남해안의 육지와 섬 사이 또는 섬과 섬 사이에 분포하는 갯벌들은 모두 이러한 특성을 가진 반폐쇄형 간척지로 분류될 수 있다.

마지막으로, 퇴적상에 따른 분류는 크게 사질 갯벌과 점토질 갯벌, 그리고 혼성갯벌로 구분된다(박동원, 1975). 사질 갯벌은 퇴적물이 주로 모래가 90% 이상을 차지하는 갯벌로 안면도 바람아래 해변 등이 해당된다. 반면, 모래가 차지하는 비율이 10% 이하에 불과하고 펄 함량이 90% 이상에 달하는 점토질 갯벌은 금강하구, 강화도, 순천만 갯벌 등이 있다. 또한, 모래와 펄이 각각 90% 미만으로 섞여 있는 혼성 갯벌은 천수만 주변 갯벌이 대표적이다. 우리나라에서 이들 퇴적물에 의한 갯벌 분류는 한 지역 내에서도 계절적 변화를 보인다. 또한 한 갯벌 내에 점토질, 혼성 및 사질 갯벌이 모두 존재하는 경우도 있으며, 이 셋 중의 하나 또는 두 종류의 갯벌이 우세하게 분포하기도 한다. 갯벌 퇴적물 중에는 간혹 자갈이 포함되는 경우가 있는데, 이들은 주로 갯골을 중심으로 분포하며 조류의 이동에 의해 잔류하는 자갈들이 전형적인 갯벌 퇴적물에 협재한다. 이밖에 해안의 구릉지와 만나는 지역을 중심으로 사면퇴적물에서 유입된 자갈들이 분포하기도 한다.



그림 5. 해안지형 퇴적상에 따른 갯벌 유형분류

### 3. 우리나라 및 충청남도의 갯벌 현황

#### 1) 우리나라의 갯벌 현황

우리나라 서·남해안의 갯벌은 2008년을 기준으로 약 2,489.4km<sup>2</sup>이며, 그 중 약 84%인 2,109.7km<sup>2</sup>가 서해안 지역에 분포하며, 나머지는 남해안에 형성되어 있다. 지역별로 보면 전남 지역이 약 41.7%로 가장 많으며, 인천·경기 지역이 약 35.1%, 충남지역이 약 14.4%, 전북 4.7%, 경남·부산 지역이 약 4.1%의 비율로 분포한다.

표 1. 우리나라 갯벌의 분포 현황(단위 : km<sup>2</sup>, %)

| 구분                 | 1987    | 1998         | 2008           |
|--------------------|---------|--------------|----------------|
| 합계                 | 2,815.4 | 2,393.0      | 2,489.4        |
| 경기도/인천             | 1,076.6 | 835.5(35%)   | 872.7(35.1%)   |
| 충청남도               | 502.9   | 304.2(12.7%) | 358.8(14.4%)   |
| 전라북도               | 218.9   | 113.6(5%)    | 117.7(4.7%)    |
| 전라남도               | 946.6   | 1,054.1(44%) | 1,036.9(41.7%) |
| 경상남도<br>(부산/제주 포함) | 70.4    | 82.6(3.3%)   | 103.3(4.1%)    |

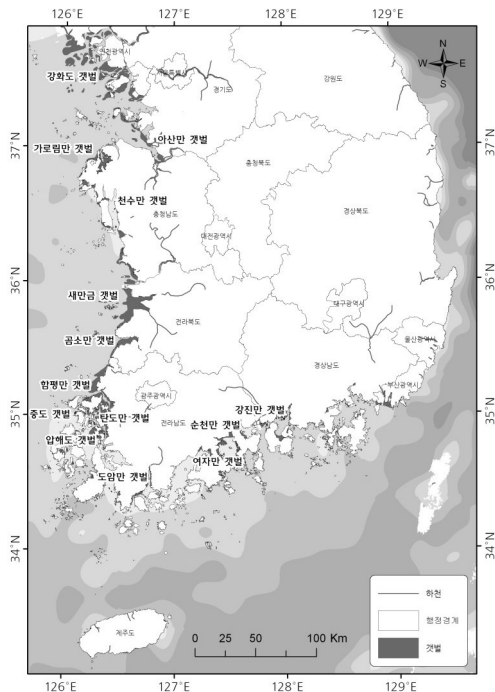


그림 6. 우리나라 갯벌 현황

우리나라 황·남해안은 조차가 크고 바다가 얕으며 큰 강이 유입되고, 해안선이 복잡하며 섬들이 많아 갯벌 발달에 유리한 모든 조건을 갖추고 있다. 한반도의 갯벌 분포 현황을 크게 경기만, 충청남도, 군산만 및 전라북도, 전라남도, 경상남도 및 부산 지역으로 나누어 볼 수 있다.

경기만과 충청남도의 해안은 큰 조차와 얕은 바다, 육상퇴적물의 풍부한 공급, 비교적 양호한 해안 굴곡과 섬들의 분포 등 모든 조건을 고루 갖추고 있기 때문에 갯벌이 넓게 발달되어 있다. 군산만은 조차가 작음에도 불구하고 여러 개의 강이 많은 퇴적물을 공급하는 조건이 두드러져 해안선 길이에 비하여 가장 넓은 갯벌이 형성된 지역이다. 전남 특히 전남서해안

지역은 조차가 작지만 해안선이 길고 굴곡이 심하며 많은 섬들이 인접 분포하는 등 해안



선의 조건이 두드러지게 양호하여 우리나라에서 가장 넓은 갯벌이 형성되어 있다.

## 2) 충청남도 갯벌 현황

충남해안지역은 거의 전부가 갯벌을 간척한 해성충적평야와 표고 200m 미만의 침식기원의 구릉지로 형성된 노년기 지형이다. 충남해안은 인위적인 지형변화가 심하게 일어난 지역으로, 과거에는 조수간만의 차가 심하여 리아스식 해안을 이루고 있었으며, 갯벌이 대규모로 발달되어 있었다. 최근 국가공단 및 하구둑, 방조제 건설 등으로 인한 간척사업으로 일부 구릉지를 제외한 전체 해안선이 일련의 직선구간으로 이루어지게 되었다.

충남 갯벌은 2008년을 기준으로 약 358.8km<sup>2</sup>이며, 그 중 태안군이 38.6%로 가장 많으며, 다음으로 서천군 지역이 약 19.9%, 서산시가 약 18.8%, 보령시가 9.1%, 당진시가 약 7.8%의 비율로 분포한다.

표 2. 충남 갯벌의 분포 현황(단위 : km<sup>2</sup>, %), 2008

| 시 · 군 | 면적(km <sup>2</sup> ) | 비율(%) |
|-------|----------------------|-------|
| 아산시   | 6.5                  | 1.8   |
| 당진시   | 28.1                 | 7.8   |
| 서산시   | 67.3                 | 18.8  |
| 태안군   | 138.4                | 38.6  |
| 홍성군   | 14.4                 | 4.0   |
| 보령시   | 32.8                 | 9.1   |
| 서천군   | 71.3                 | 19.9  |

현재 충남의 주요 갯벌로는 아산만갯벌, 당진갯벌, 서산갯벌, 가로림만갯벌, 이원갯벌, 원북갯벌, 근흥갯벌, 남면갯벌, 천수만갯벌, 보령갯벌, 비인만갯벌, 장항갯벌 등이다. 아산만의 갯벌들은 1970년대 중반에 완공된 아산방조제와 삼교방조제로 막혀져 지금은 농토나 산업단지 개발용지로 전환되었다. 대호 · 석문단지가 들어 선 당진갯벌은 현재 산업단지 전면에 일부 갯벌이 분포하며, 서산 간척지 A, B지구가 속한 천수만 갯벌은 전형적인 내만 갯벌이다. 그리고 태안화력발전소 배후부지로 매립되었던 이원 갯벌은 작지만 내만 갯벌이라 할 수 있다. 금강하구에 위치한 장항과 서천 주변 갯벌은 내만이 아닌 곳에 위치한 대형 모래 갯벌이지만 현재 간척 · 매립사업이 진행되고 있다.

충청남도의 갯벌은 1970년대 이후부터 지속적으로 개발되었고, 지난 십년 동안에만 충청남도 내의 갯벌 중에 약 40%가 사라졌다. 이제는 가로림만 갯벌이 거의 유일하게 남아 있는 대형 내만 갯벌이라고 할 수 있다. 이러한 간척지의 매립은 생태계 전반에 걸쳐 영향을 미치고 있어서 갯벌보호 대책이 시급한 실정이다. 충남서해안의 대표적인 간척사업으로는 천수만, 석문지구, 아산만, 가로림만, 보령시 일대의 홍보지구 간척사업 등이다.

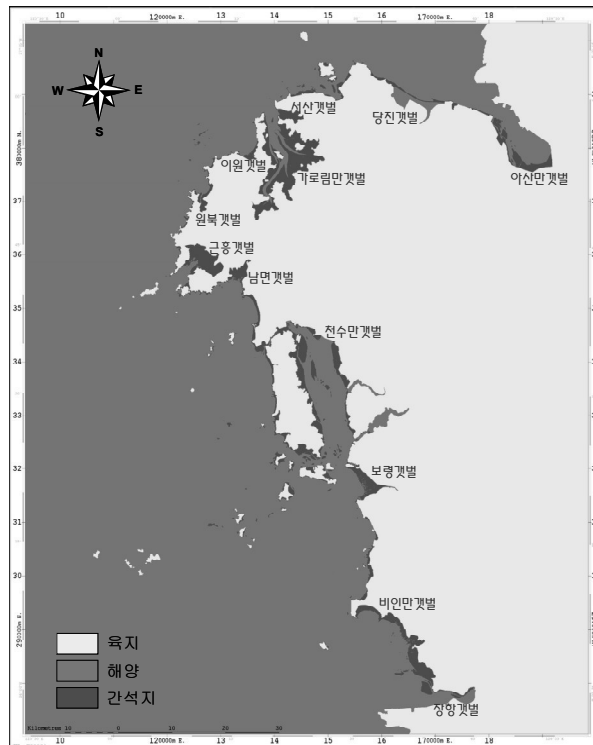


그림 7. 충남 갯벌 분포도



#### 4. 갯벌의 가치와 기능

갯벌은 환경적인 측면에서 가치가 매우 높은 지역이다. 갯벌은 육상생태계와 해양생태

계를 연결하는 접이대 지역으로 두 생태계의 완충기능을 가지고 있다. 갯벌의 기능 중 중요한 것은 자연정화 활동으로 흔히 갯벌을 ‘자연의 콩팥’ 이라고 부른다. 갯벌에 서식하는 많은 생물들은 염생식물과 함께 하천에서 바다로 유입된 육상의 오염물질을 분해하는 정화조와 같은 역할을 한다. 이밖에 갯벌은 어류 및 패류의 생산 및 서식지 기능과 태풍과 홍수의 완충 기능, 심미적 기능 등이 탁월하여 그 가치가 중요하게 부각되며, 뿐만 아니라 해안지역의 생물을 관찰할 수 있는 자연학습장 역할까지 하고 있어 가히 인간과 생물의 공생 장소라고 할 수 있다.

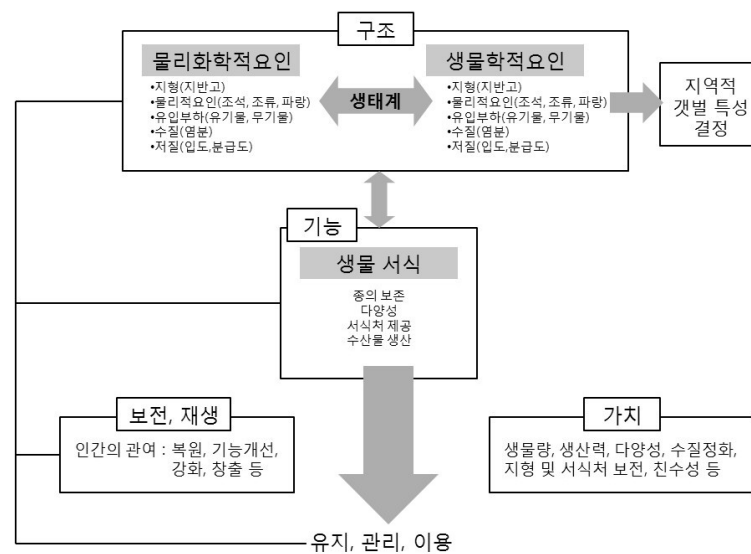


그림 8. 갯벌 생태계의 구조, 기능, 가치의 상호관계(국토해양부, 2008).

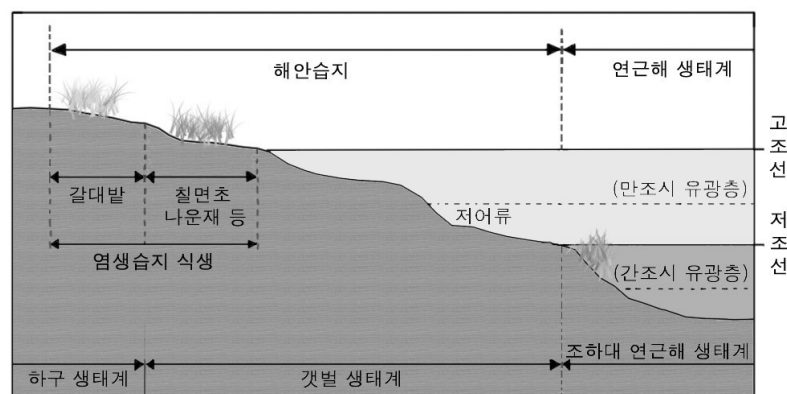


그림 9. 간석지 주변의 생태계 모식도(고철환, 2004).

첫 번째로, 갯벌에는 영양염류와 에너지가 풍부하기 때문에 1차생산량이 높아 생물의 종류가 다양하다. 우리나라 서해안 갯벌에 서식하는 어류는 230종, 계류가 193종, 새우류가 74종, 조개류가 58종 이상이다. 미국에서는 현재 멸종 위기에 처하거나 위협을 받고

있는 생물종의 약 3분의 1 이상이 습지 생태계에서만 발견된다는 보고가 있다. 또한 미국의 전체 생물 다양성의 거의 절반이 습지 생태계에 의존하고 있다고 한다. 최근에는 염습지 식생과 갯벌을 구성하는 해안습지가 전체 해양생물의 다양성을 부양하는데 있어서 가장 중요한 역할을 담당하는 해양생태계의 보고이다.

갯벌에는 유기물이 풍부하고 산소의 공급이 원활하여 각종 해산 동물들이 생육하기에 알맞은 환경을 갖추고 있어 다양한 생물상을 보인다. 갯벌은 1차 생산성이 육지보다 약 9배 높은 지역으로서 다양한 저서동물과 어류, 유연성 연체류, 갑각류 등의 동물과 해조류 등이 서식하고 있다. 또한 갯벌 습지 생태계는 생산성이 대륙붕보다는 10배, 외해보다는 거의 30배 이상 높아 지구상에서 가장 높은 생산성을 보인다. 이와 같이 갯벌은 생물에게 다양한 서식처와 풍부한 영양물질을 제공하고 있어 생물다양성과 생산성이 가장 높은 생태계 중 하나이다.



금강하구의 갈대군락지. 금강하구는 겨울철 우리나라를 찾아오는 철새인 가창오리의 중간기착지  
순천만 대대동의 갈대군락지. 습지식생은 부유물질을 퇴적시켜 생물학적 여과 기능을 수행한다.

두 번째로, 갯벌에 서식하는 많은 생물들은 염생식물과 함께 하천에서 바다로 유입된 육상의 오염 물질을 분해하고, 부영양화와 질소, 인 등의 영양염을 흡수하여 성장하면서 천연의 정화조와 같은 역할을 한다. 즉, 인구가 증가하고 산업이 발달하면서 많은 오염물질이 바다로 유입되는데, 이렇게 유입된 오염물질을 먼저 여과하는 곳이 염습지이거나 갯벌이다. 바다로 유입된 오염물질들은 주로 무기영양염인 질산염, 인산염, 암모니아 등으로 초기에는 식물성 플랑크톤의 성장을 촉진시킨다. 그러나 나중에는 생물의 순환체계를 악화시키는 부영양화의 원인이 된다. 갯벌은 이렇게 과잉 공급되는 영양염류나 오염물질을 흡수하여 정화하는데 일익을 담당한다. 특히 우리나라 서남해안의 갯벌은 질소와 인을 정화하는 데 있어 영국 염습지에 비해 15~200배까지 우수한 것으로 나타났다. 뿐만 아니라, 규조와 같은 식물성 플랑크톤은 지구에서 만들어지는 산소량의 약 70%를 광합성으로 배출할 정도로 뛰어난 자정 능력을 가지고 있다.

세 번째로, 갯벌은 육지와 바다가 만나는 장소로 급격한 변화를 완화시키는 역할을 한다. 즉, 갯벌은 마치 ‘자연의 스펀지’처럼 홍수나 빗물 등 표면수의 급류를 일차적으로 차단하여 흡수한 뒤 천천히 방류시키는 동시에 많은 양의 물을 저장할 수 있기 때문에 순간적으로 일어날 수 있는 높은 수위를 낮출 수 있다. 따라서 해안의 침식을 막고 홍수량을 조절하여 인명 및 재산피해를 최소화하고, 태풍의 영향을 감소시키는 완충제 역할을 한다. 이렇듯 갯벌은 해안침식을 막고 홍수를 조절하는 능력이 매우 크기 때문에 미국의 일부 주정부에서는 허리케인 등으로 일어나는 거센 파랑을 완화시키기 위하여 습지를 복원하고 있다. 갯벌을 포함한 염생습지의 식물들은 퇴적물을 고정시키고 파도 에너지를 흡수하여 강한 유속을 완화시킨다. 특히 염생습지는 토사를 고정시켜 지반을 상승시키기 때문에 최근 지구 온난화로 인하여 해수면이 상승함으로써 일어날 수 있는 피해를 줄이는데에 큰 역할을 하고 있다.

네 번째로, 갯벌은 사람들에게 낚시·해수욕·아름다운 경치 등 레저공간으로 이용되기도 하고, 자연탐구·조류관찰·학술연구 등의 대상으로서의 가치를 지니고 있다. 우리나라의 갯벌은 중요한 자연유산이라는 인식이 확대되고 있으며 문화적 가치도 증대되고 있다. 최근에는 갯벌이 한반도의 가장 중요한 생태계로 인식되어 자연관찰과 탐조 등을 위한 자연학습장과 학술 연구의 장으로 이용되고 있다. 특히, 충남 금강 및 천수만 일대의 갯벌은 철새들의 중요한 중간기착지로 좋은 자연학습장이 되고 있다.

마지막으로 과학전문지인 네이처에 의하면, 갯벌의 생태적 가치는 1ha 당 9,900달러로 농경지의 가치보다 100배 이상의 가치를 가지고 있는 것으로 평가하였다. 우리나라 갯벌의 경제적 가치 추정에 대한 여러 연구결과를 보면, 갯벌의 연간 가치 평균치는 ha당 3,919만원이고, 수산물 생산 가치가 1,199만원으로 가장 높았으며, 보존 가치 1,026만원, 서식지 제공 가치 904만원, 수질정화 가치 444만원, 여가 가치 174만원, 재해예방 가치 173만원 순으로 나타났다. 이를 단위면적으로 재산정할 경우  $m^2$  당 3,919원  $km^2$  당 3,919백만 원으로서 우리나라 간석지 총면적을 2,550 $km^2$ 로 적용하여 간석지 가치를 산정할 경우 연간 9조 9,934억원의 가치를 가지고 있는 것으로 평가 되었다(갯벌정보시스템, <http://www.tidalflat.go.kr>)

## 5. 간척사업에 따른 갯벌의 훼손

### 1) 한반도 간척의 역사

해안선 변화에 직접적인 영향을 미치는 간척은 그 역사가 매우 오래 전으로 거슬러 올라간다. 최근에 비해 토목기술이 떨어지던 과거에는 소규모 만입지를 중심으로 간척이 이루어져 왔으며, 현대에 들어 토목기술과 건설장비의 발달로 대규모의 간척이 이루어지고

있는 실정이다. 특히 우리나라 서남해안은 넓은 간척지와 얕은 수심, 리아스식 해안으로 짧은 방조제를 축조하고도 넓은 땅을 개발할 수 있어 간척하기 유리한 조건을 가진 곳이다. 또한 연안일대에 산재하는 다수의 섬들이 바람을 막아 파도가 낮아 방조제를 쉽게 축조할 수 있게 해주고, 방조제 축조에 필요한 재료를 주변에서 쉽게 구할 수 있다.

우리나라 갯벌은 지반 토질 또한 방조제 축조 및 토지로의 이용에 적합하여 시공이 용이하여 간척 사업비가 네덜란드나 일본에 비하여 월등히 적게 소요된다. 또한 태풍이나 해일에 의해 해면이 상승하는 기상조건 일본이나 네덜란드의 3.5m에 비해 우리나라는 1.5m 정도이기 때문에 방조제 높이를 2m 정도 낮추어 건설할 수 있어 공사비 절감효과가 있다(농어촌진흥공사, 1996). 이러한 연유로 반세기 동안 세계에서 간척사업이 가장 활발했던 곳은 네덜란드의 북해안과 우리나라의 서해안인 것으로 알려졌다.

우리나라의 간척지 개간은 고려 때부터 문헌에 등장하며 조선시대를 거쳐 15~16세기를 지나면서 서남 해안의 저습지에서 개간이 활발히 이루어졌다(이태진, 1989). 즉, 우리나라 간척의 역사는 고려 고종 22년(1235)으로 거슬러 올라가며 몽고의 침입을 피하여 강화로 천도한 후, 해상방어를 목적으로 연안제방을 구축한 것이 시초이다(최운식, 2000). 그 후 농지조성을 목적으로 하는 간척사업은 1248년 몽고 항전시 청천강 하구의 갈대섬에 제방을 축조하여 농지를 조성한 후 군량미를 조달한 데에서 비롯된다.

고려 및 조선시대에는 농지 확보로 인한 양곡증산 및 군량미 조달을 위해, 일제 강점기에는 식민지에서 미곡증산과 토지개량 사업을 목적으로 간척이 진행되었다. 해방 후에는 기근해결을 위한 식량증산 목적으로 소규모 간척이 이루어졌고, 1970년대 이후에는 농업종합개발 목적으로 간척이 이루어졌으며, 1990년대 이후에는 다목적 종합개발로 간척사업이 추진되었다(표 3).

한반도는 황해안과 남해안에 넓은 갯벌이 발달되어 있어서 일찍부터 간척이 행해져 왔다. 조선시대까지는 전통적인 방식에 의해 소규모로 이루어지지만, 일제강점기부터는 근대적인 방식에 의한 간척이 대규모로 진행되었다. 광복 이후에도 농경지 확보 등을 위해 대규모 간척이 서해안 일대를 중심으로 이루어져 왔으며, 1980년대 후반에 들어서면서 이른바 '서해안 개발'이라는 명분으로 간척을 하여 공장, 도시, 하구둑을 건설하는 등 무분별한 개발 행위가 이루어졌다.

표 3. 우리나라 간척사업의 변천

| 시대 및 년도               | 사업내용                                                                                                                                                                                    |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1248 ~ 1909           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 군량미 조달목적</li> <li>• 안북부(평남) 위도 간척사업, 강화 제포·와포 등 간척사업</li> </ul>                                                                                |
| 1910 ~ 1945<br>(일제시대) | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 군량미 확보를 위한 미곡증산 목적</li> <li>• 국가에서 직접시행</li> </ul>                                                                                             |
| 1946 ~ 1960<br>(재건기)  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1950년까지는 일본인 철수에 따른 사업 마무리</li> <li>• 농경지 확보를 위한 소규모 간척사업 활성화</li> </ul>                                                                       |
| 1961 ~ 1972           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 공유수면 매립법 제정으로 간척사업 본격화</li> <li>• 경제개발 계획에 의한 식량증산 목적</li> <li>• 금강, 평택지구 등 대단위 농업종합개발사업 시행</li> </ul>                                         |
| 1973 ~ 1990           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 아산, 삽교천, 영산강, 금강하구둑, 대호, 화옹 등 대단위 간척사업 시행</li> <li>• 김포, 서산A, B지구 등 민간기업 참여 대규모 간척사업 시행</li> <li>• 간척지는 물론 배후지까지 포함한 지역 농업종합개발사업 시행</li> </ul> |
| 1991 ~ 현재             | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 시화, 새만금 지구 등 다목적 종합개발 시행</li> <li>• 지역별 농어촌 광역종합개발 차원에서 거점개발</li> </ul>                                                                        |

농어촌진흥공사, 1996, 한국의 간척

농어촌진흥공사(1996)의 자체 간척사업을 집계한 통계에 따르면 새만금, 시화, 영산강, 대호 등의 대단위 간척사업을 비롯하여 영종도 신공항 간척 면적, 송도 신도시 등을 합하면 거의 1,600km<sup>2</sup> 이상이 간척되었다.

이러한 간척으로 인한 갯벌의 소실과 방조제 건설 등과 같은 물리적 요인 때문에 많은 해양생물의 서식처 및 생계수단의 변화와 파괴를 초래하게 되었다. 갯벌이 육지화 되면서 광활하게 식생경관을 형성하고 있던 염생식물은 많은 지역에서 사라졌고, 해안선의 급격한 변화는 생태계의 변화를 가져오게 되었다. 뿐만 아니라, 전지구적인 해수면의 상승으로 인해 해안지역에 침수와 침식이 잦아져 생태 환경 변화에 큰 영향을 미치고 있다. 즉, 해수면 상승은 조류와 조석의 물질운반력 또는 침식 에너지를 강화시켜 토사의 퇴적보다는 침식을 가속화시키고 있다.

더 큰 문제는 농지확보를 위해 개간한 연안지역의 간척지가 기존의 농경지보다 더 범람에 취약하고, 해수욕장 주변의 건축물을 보호하기 위해 축조한 방조제는 해수욕장의 모래를 유실시키는 등 피해가 가중되어 더욱 크게 나타나고 있다. 게다가 한반도 갯벌의 약 83%가 산재되어 있는 서해안역 전역에 걸쳐 영종도 신공항, 금강 및 영산강 하구연 등의 인공구조물을 건설하여, 육지로부터 공급되는 퇴적물의 양이 감소하여 갯벌이 위협을 받고 있다.

연안 방조제의 축조 공사는 갯벌의 이동에 의한 퇴적상의 변화로 나타나는데 특히, 유속의 증감에 따른 갯벌의 운반 및 집적 변화가 나타난다. 그러나 이와 같은 연안 갯벌 환경변화는 매우 느리며, 장기적으로 나타나므로 그 변화의 정도 및 피해영향의 심각성이

쉽게 인식되지 않는다. 일례로 천수만은 방조제 건설의 영향으로 그 면적이 50% 정도 줄어들었고, 해수의 유동량이 약 40% 줄어들었다. 이에 따라 만 내부의 순환이 약해져 세립퇴적물이 쌓이고 있고, 유속이 감소하여 만 내에서 강한 조류를 이용한 정치만 어업과 조간대에서 주로 하던 김양식업을 할 수 없게 되었으며, 바지락 생산량도 크게 감소하였다. 또한, 갯벌의 소실로 인해 이곳에서 살던 생물들이 서식처를 잃게 되었고, 더불어 어민들의 일터도 잃게 되었다. 게다가 갯벌의 자정작용이 약화되어 부영양화된 민물이 만 내로 흘러들어 수질이 크게 악화되고 있다.

표 4. 갯벌 주변지역의 해안선 현황

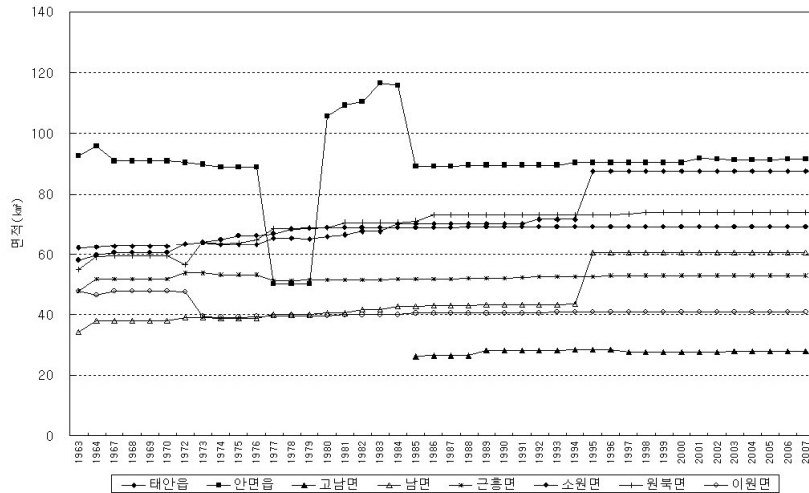
| 구분       | 전체                   |                      |                     | 육지부                 |                     |                     | 도서부                 |                     |                    |
|----------|----------------------|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------|
|          | 총길이                  | 자연<br>해안선            | 인공<br>해안선           | 총길이                 | 자연<br>해안선           | 인공<br>해안선           | 총길이                 | 자연<br>해안선           | 인공<br>해안선          |
| 전국       | 11,914.05<br>(100.0) | 10,406.20<br>(87.3)  | 11,507.85<br>(12.7) | 6,228.42<br>(100.0) | 4,953.28<br>(79.5)  | 1,275.14<br>(20.5)  | 5,685.63<br>(100.0) | 5,452.92<br>(95.9)  | 232.71<br>(4.1)    |
| 갯벌<br>주변 | 계                    | 10,772.35<br>(100.0) | 9,583.70<br>(89.0)  | 5,246.88<br>(100.0) | 4,280.79<br>(81.6)  | 966.09<br>(18.4 )   | 5,525.47<br>(100.0) | 5,302.91<br>(96.0)  | 222.56<br>(4.0)    |
|          | 경기<br>인천             | 1,174.22<br>(100.0)  | 893.64<br>(76.1)    | 543.65<br>(100.0)   | 306.95<br>(56.5)    | 236.70<br>(43.5)    | 630.57<br>(100.0)   | 586.69<br>(93.0)    | 43.88<br>(7.0)     |
|          | 충남                   | 978.34<br>(100.0)    | 865.07<br>(88.4)    | 690.26<br>(100.0)   | 579.96<br>(84.0)    | 110.33<br>(16.0)    | 288.08<br>(100.0)   | 285.11<br>(99.0)    | 2.97<br>(1.0)      |
|          | 전북                   | 504.41<br>(100.0)    | 435.24<br>(86.3)    | 264.76<br>(100.0)   | 205.95<br>(77.8)    | 58.81<br>(22.2)     | 239.65<br>(100.0)   | 229.29<br>(95.7)    | 10.36<br>(4.3)     |
|          | 전남                   | 5,540.01<br>(100.0)  | 5,120.41<br>(92.4)  | 419.60<br>(7.6)     | 2,103.61<br>(100.0) | 1,810.96<br>(86.1 ) | 292.65<br>(13.9)    | 3,436.40<br>(100.0) | 3,309.45<br>(96.3) |
|          | 경남<br>부산             | 2,233.64<br>(100.0)  | 1,961.00<br>(87.8)  | 272.64<br>(12.2)    | 1,403.46<br>(100.0) | 1,161.54<br>(82.8)  | 241.92<br>(17.2)    | 830.18<br>(100.0)   | 799.46<br>(96.9)   |
|          | 제주                   | 341.73<br>(100.0)    | 308.34<br>(90.2)    | 33.39<br>(9.8)      | 241.14<br>(100.0)   | 215.43<br>(89.3)    | 25.71<br>(10.7)     | 100.59<br>(100.0)   | 92.91<br>(92.4)    |

<국토해양부, 2009>

## 2) 충남 태안반도 지역의 간척의 역사 및 주민의식

조선시대 이전부터 간척이 이루어진 태안반도 지역은 2000년대까지 간척사업이 진행되어 태안군의 읍면별 면적은 꾸준히 증가하고 있는 추세이다. <그림 10>은 1963년부터 2007년까지 태안군 읍면별 면적변화를 나타낸 것이다. <그림 10>을 보면 전체적으로 간척사업에 의해 면적이 꾸준히 증가하고 있음을 알 수 있다. 면적이 감소하는 구간이 3번(1972년 이원면, 1978년 안면읍, 1995년 안면읍) 나타나는데, 이원면의 경우 원북면으로 2개리가 분리되면서 감소하였고, 1995년 안면읍의 경우 안면읍에서 고남면이 분리되면서 감소한 것으로 조사되었다. 그러나 1978년을 전후해 안면읍의 면적감소는 통계연보 자체의 오류로 보여 진다.





<그림 10> 1963~2007년까지 태안군 읍면별 면적변화  
(서산시·태안군 통계연보: 1963년~2007년)

태안반도 지역에는 간척을 위한 대소의 방조제가 건설되었고, 현재 농어촌공사에서 관리하고 있는 태안군내의 방조제 현황은 <표 5>와 같다. 대하천이 없는 태안반도에서는 간척으로 형성된 농지에 공급할 농업용수를 저장할 대소의 저수지와 경작지에 농업용수를 공급 할 양수시설이 반드시 필요하다. 현재 농어촌공사에서 관리하고 있는 양수장은 총 9개소이며, 저수지는 총 18개소이다(표 6, 표 7). 또한 저지에 방조제를 쌓아 만든 간척지의 특성상 홍수기에 범람에 매우 취약하다.

표 5. 태안반도 지역의 방조제 현황

| 시설명 | 종 별 | 위 치         | 제체길이<br>(m) | 제체높이<br>(m) | 착공<br>년도 | 준공<br>년도 |
|-----|-----|-------------|-------------|-------------|----------|----------|
| 원북  | 3중  | 태안군 원북면 신두리 | 310         | 3           | 1928     | 1930     |
| 근흥  | 1중  | 태안군 근흥면 안기리 | 480         | 4.5         | 1925     | 1933     |
| 창기  | 2중  | 태안군 안면읍 창기리 | 336         | 3           | 1938     | 1940     |
| 사창  | 2중  | 태안군 이원면 사창리 | 467         | 7           | 1948     | 1950     |
| 승언  | 1중  | 태안군 안면읍 승언리 | 630         | 6.5         | 1938     | 1959     |
| 지포  | 3중  | 태안군 안면읍 중장리 | 528         | 4.2         | 1956     | 1960     |
| 의항  | 2중  | 태안군 소원면 의항리 | 990         | 4.5         | 1975     | 1977     |
| 미포  | 1중  | 태안군 안면읍 창기리 | 506         | 6           | 1983     | 1983     |

농어촌공사 농업기반시설물정보: <http://rims.ekr.or.kr>



1940년 준공된 안면읍 창기리의 창기방조제 창기방조제로 형성된 간척지(1959년) 창기저수지 축조  
표 6. 태안반도 지역의 양수장 현황

| 시설명 | 종 별 | 위 치         | 착공년도 | 준공년도 |
|-----|-----|-------------|------|------|
| 장산  | 3종  | 태안군 태안읍 장산리 | 1997 | 1997 |
| 미포  | 3종  | 태안군 안면읍 창기리 | 1992 | 1996 |
| 신야  | 3종  | 태안군 안면읍 신야리 | 1982 | 1985 |
| 지포  | 3종  | 태안군 안면읍 중장리 | 1998 | 1998 |
| 안기  | 3종  | 태안군 근흥면 안기리 | 1992 | 1992 |
| 의항2 | 3종  | 태안군 소원면 의항리 | 1985 | 1985 |
| 송현  | 3종  | 태안군 소원면 송현리 | 1998 | 1998 |
| 승언  | 3종  | 태안군 안면읍 승언리 | 2001 | 2001 |

농어촌공사 농업기반시설물정보: <http://rims.ekr.or.kr>

표 7. 태안반도 지역의 저수지 현황

| 시설명  | 종 별 | 위 치         | 제체길이<br>(m) | 제체높이<br>(m) | 착공<br>년도 | 준공<br>년도 |
|------|-----|-------------|-------------|-------------|----------|----------|
| 인평   | 1종  | 태안군 태안읍 인평리 | 527         | 7           | 1937     | 1938     |
| 승언1호 | 2종  | 태안군 안면읍 승언리 | 280         | 3.5         | 1954     | 1959     |
| 승언2호 | 1종  | 태안군 안면읍 승언리 | 290         | 5.5         | 1954     | 1959     |
| 승언3호 | 2종  | 태안군 안면읍 승언리 | 416         | 3.5         | 1954     | 1959     |
| 창기   | 2종  | 태안군 안면읍 창기리 | 294         | 4           | 1954     | 1959     |
| 미포   | 1종  | 태안군 안면읍 창기리 | 895         | 11          | 1979     | 1983     |
| 신야   | 1종  | 태안군 안면읍 신야리 | 596         | 6           | 1978     | 1982     |
| 지포   | 2종  | 태안군 고남면 장곡리 | 529         | 3.6         | 1956     | 1960     |
| 수룡   | 1종  | 태안군 근흥면 수룡리 | 211         | 7.5         | 1957     | 1960     |
| 송현   | 2종  | 태안군 소원면 의항리 | 234         | 6           | 1978     | 1982     |
| 구들   | 2종  | 태안군 소원면 의항리 | 127         | 2.5         | 1975     | 1977     |
| 반계1호 | 2종  | 태안군 원북면 반계리 | 324         | 7.5         | 1929     | 1930     |
| 황촌3호 | 2종  | 태안군 원북면 황촌리 | 146         | 4           | 1929     | 1930     |
| 신두2호 | 2종  | 태안군 원북면 신두리 | 268         | 4.92        | 1929     | 1930     |
| 사창   | 2종  | 태안군 이원면 사창리 | 407         | 6.3         | 1948     | 1952     |
| 중장   | 1종  | 태안군 안면읍 중장리 | 624         | 15.8        | 1999     | 2002     |

농어촌공사 농업기반시설물정보: <http://rims.ekr.or.kr>

1915년 조선총독부에서 발행된 1:50,000 지형도를 이용하여 태안반도 지역의 해안선 및 면적을 살펴보면, 해안선의 총 길이는 815.5km, 면적은 394.9km<sup>2</sup>이었다. 1967년 국립지리정보원에서 발행된 1:25,000 지형도를 이용하여 태안반도 지역의 해안선 및 면적을 살펴보면, 해안선의 총 길이는 269.0km가 감소한 546.5km이었으며, 면적은 47.3km<sup>2</sup>가 증가한 442.2km<sup>2</sup>이었다. 1972년 10월 31일 촬영된 Landsat-1 MSS 영상을 이용하여 해안선 및 면적을 살펴보면, 1967년 지형도에 비해 길이는 30.3km가 줄어든 516.2km이었으며, 면적은 4.9km<sup>2</sup> 증가한 447.1km<sup>2</sup>이었다. 1976년의 태안반도 지역의 해안선 및 면적은 1972년에 비해 해안선 길이가 16.4km 감소한 499.9km, 면적은 5.5km<sup>2</sup> 증가한 452.5km<sup>2</sup> 인 것으로 나타났다. 1984년 7월 30일 촬영된 Landsat-5 MSS 영상을 분석해보면 1976년 지형도에 비해 해안선의 길이는 67.1km가 감소한 432.7km, 면적은 48.5km<sup>2</sup>가 증가한 501.1km<sup>2</sup>로 나타났다.

지형도를 이용한 1986년의 분석 결과를 보면 1984년에 비해 해안선의 길이는 2.1km 증가한 434.8km, 면적은 0.4km<sup>2</sup> 감소한 500.6km<sup>2</sup>로 나타났으며, 1991년 10월 22일 촬영된 Landsat-5 TM 영상을 이용한 분석 결과 1986년에 비해 해안선의 길이는 21.2km 감소한 413.6km, 면적은 6.0km<sup>2</sup> 증가한 506.6km<sup>2</sup>로 나타났다. 또한 지형도와 Landsat 영상을 이용하여 나머지 다른 시기의 태안반도 지역 해안선 길이를 살펴보면 1996년에는 416.0km, 2000년에 401.4km, 2003년에 398.1km, 2008년에 401.5km로 나타났으며, 면적은 1996년 508.2km<sup>2</sup>, 2000년 520.7km<sup>2</sup>, 2003년 520.7km<sup>2</sup>, 2008년 520.5km<sup>2</sup>로 나타났다(표 8).

표 8. 태안군 해안선 길이 및 면적 변화 결과

| 년도   | 길이(km) | 증감      | 면적(km <sup>2</sup> ) | 증감     | 년도    | 길이(km) | 증감      | 면적(km <sup>2</sup> ) | 증감      |
|------|--------|---------|----------------------|--------|-------|--------|---------|----------------------|---------|
| 1915 | 815.5  | -       | 394.9                | -      | 1991  | 413.6  | ▼ 21.2  | 406.6                | ▲ 6.0   |
| 1967 | 546.5  | ▼ 269.0 | 442.2                | ▲ 47.3 | 1996  | 416.0  | ▲ 2.4   | 508.2                | ▲ 1.6   |
| 1972 | 516.2  | ▼ 30.3  | 447.1                | ▲ 4.9  | 2000  | 401.4  | ▼ 14.6  | 520.7                | ▲ 12.5  |
| 1977 | 499.9  | ▼ 16.4  | 452.5                | ▲ 5.5  | 2003  | 398.1  | ▼ 3.3   | 520.7                | 0.0     |
| 1984 | 432.7  | ▼ 67.1  | 501.1                | ▲ 48.5 | 2008  | 401.5  | ▲ 3.4   | 520.6                | ▼ 0.2   |
| 1986 | 434.8  | ▲ 2.1   | 500.6                | ▼ 0.4  | Total | -      | ▼ 414.1 | -                    | ▲ 125.6 |

위성영상 및 지형도를 이용한 1915년~2008년 태안반도 지역의 해안선 길이 및 면적의 변화는 815.5km에서 414.1km가 감소한 401.5km, 면적은 394.9km<sup>2</sup>에서 520.5km<sup>2</sup>가 증가한 520.5km<sup>2</sup>인 것으로 조사되었다. 이러한 수치는 본 연구지역인 태안반도 지역에서 간척에 의한 해안선 변화가 장기적으로 발생하였음을 보여 주고 있으며, 최근 들어 작은 수치의 해안선 길이가 증가하는 모습은 해안에 설치한 항만시설에 의한 것으로 여겨진다.

1915년에서 1967년 사이에 태안반도 지역에서 해안선 변화가 심했던 지역은 주로 안면도 전 지역과 남면 신온리, 태안읍 평천리, 근흥면 정죽리, 소원면 모항리·소근리·의항

리, 원북면 신두리·이곡리·방갈리, 이원면 포지리·당산리·내리 등으로 대부분 간척에 의해 해안선의 변화가 발생하였다. 이 시기 국내의 간척사업을 살펴보면, 일제강점기의 간척은 일본의 식량문제를 해결하기 위해 일본보다 간척하기 유리한 식민지 조선의 서해안에서 대규모의 간척사업이 이루어졌고, 해방 후 1960년까지 간척사업은 해방이나 한국 전쟁으로 중단되었던 간척사업을 마무리 짓는 소규모의 간척사업만이 실시되었다. 1952년 FAO(국제연합 식량농업기구)의 주선으로 1953년 UNKRA(국제연합 한국재건단)와 수리 및 간척사업에 필요한 협정을 체결하고 식량증산 및 농촌근대화 방안으로 간척사업이 정부주도로 이루어지고 있었다(농어촌진흥공사, 1996). 이 기간 동안 47.3km<sup>2</sup>의 면적이 본 지역에서 증가한 것으로 나타났다.

1967년에서 1972년 사이에 태안반도 지역에서 해안선 변화가 심했던 지역은 태안읍 산후리·도내리, 안면읍 신야리·정당리, 소원면 의항리·소근리, 원북면 동해리 등으로 이 시기 또한 간척에 의해 해안선의 변화가 발생하였다. 이 시기 국내에서는 2차 경제개발 5개년계획의 일환으로 식량자급자족을 위해 정부주도의 간척사업이 이루어지고 있었다. 이 기간 동안 4.9km<sup>2</sup>의 면적이 연구지역에서 증가한 것으로 나타났다.

1972년에서 1976년 사이에 태안반도 지역에서 해안선의 변화가 발생한 지역은 태안읍 어은리, 안면읍 창기리, 남면 당암리, 소원면 동해리, 원북면 방갈리 등이다. 이 시기 국내에서는 외국 차관을 이용한 대단위 농업개발사업을 추진하였으며, 국내에서 약 2만 ha가 간척되었다(농어촌진흥공사, 1996). 이 기간 동안 5.5km<sup>2</sup>의 면적이 연구지역에서 증가하였다.

1976년에서 1984년 사이 국내에서는 농지기금 조성을 위한 서남해안 간척사업을 추진하였고, 민간기업도 대규모 간척사업을 시행할 수 있는 법적 근거가 마련돼, 태안반도 지역에서 국내 최초로 민간기업이 주관하는 대형 간척사업인 서산 A·B지구 사업이 행해졌다(농어촌진흥공사, 1996). 이 기간 동안 태안반도 지역에서 간척이 행해진 지역은 태안읍과 남면에 위치한 서산B지구, 태안읍 도내리·삭선리·산후리, 안면읍 정당리·둔두리·신야리, 고남면 고남리·누동리, 소원면 송현리·모항리, 원북면 대기리 등이다. 이 기간 동안 연구지역에서는 48.5km<sup>2</sup>의 면적이 증가하였다.

시기적으로 짧은 1984년에서 1986년 사이에 본 연구지역에서 해안선 변화가 발생한 지역은 원북면 방갈리, 근흥면 용신리 등이다. 이 기간 동안 면적이 0.4km<sup>2</sup> 감소하였다. 면적 감소의 원인을 찾기 위해 이 기간 동안의 서산시·태안군 통계연보와 비교해 본 결과, 이는 위성영상과 지형도의 해상도 차이에서 오는 오류로 판단된다.

1986년에서 1991년 사이 연구지역에서는 아직 간척되지 않은 소규모 만입지를 중심으로 간척이 이루어졌다. 연구지역에서 해안선 변화가 발생한 지역은 남면 당암리, 근흥면 신진도리, 소원면 소근리, 원북면 황촌리, 이원면 내리 등이다. 이 시기 동안 6.0km<sup>2</sup>의 면적

이 증가하였다.

1991년에서 1996년 사이 연구지역에서 태안화력발전소 건설을 위한 매립이 이루어진 원북면 방갈리 지역의 해안선 변화가 가장 심하였다. 이 시기 동안 태안반도 지역에서 1.6km<sup>2</sup>의 면적이 증가하였다. 1996년에서 2000년 사이의 시기는 1990년 착공된 이원지구의 방조제 공사가 끝난 시기로 태안반도 지역에서는 마지막이 될 수 있는 대규모 간척사업이 진행되고 있었다. 이원방조제 공사 및 기타 소규모 간척 사업으로 12.5km<sup>2</sup>의 면적이 본 연구지역에서 증가하였다.

2000년~2003년과 2003년~2008년의 변화지역을 분석해 보면, 이 기간 동안 연구지역에서 더 이상의 대규모 간척사업은 행해지지 않았고(가로림만을 제외하고 대소의 만입지 대부분이 간척되어 간척을 할 수 있는 지역이 거의 사라졌음), 자연적 침식과 퇴적에 의해 약간의 변동과 항만개발과 같은 행위에 의해 해안선의 길이는 약간 늘어난 시기임을 알 수 있었다.

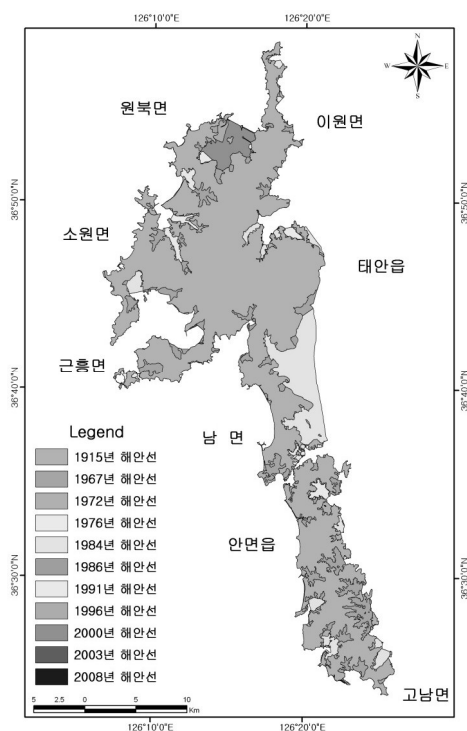


그림 11. 태안반도 일대의 간척지(1915~2008) 변화(장동호 등, 2010).

다음 <그림 11>은 지형도와 위성영상 자료를 이용한 각 시기별 태안반도 지역의 해안선 모습으로, 해안선의 형태가 점차 변하고 있음을 알 수 있으며, 특히, 태안반도 남단의 안면도의 경우 일제강점기 이후부터 섬 곳곳에서 간척이 이루어져 현재는 그 원형을 확인하기 어려울 정도로 변형되어있는 것을 알 수 있다.

해안선의 변화가 지역거주민들에 미친 영향을 살펴보기 위해 본 연구지역 해안선 변화

에 가장 큰 영향을 미친 간척지 지역거주민에 대한 인터뷰를 실시하였다. 인터뷰를 실시하기 앞서 문헌조사를 통하여 태안반도 지역에서 과거 간척사업이 행해졌거나 혹은 진행 중인 지역 중 총 8개의 마을을 선정하였다. 선정된 지역은 이원면 관리, 소원면 의항리·송현리·파도리, 안면읍 승언리, 고남면 장곡리·고남리·누동리 등이다. 이 중 고남면 고남리(1967년 이전에 이미 간척이 되었지만, 1980년대 들어서 현재의 모습을 갖추었음)와 이원면 관리는 1980년대 이후 간척이 진행된 곳이며, 나머지 지역은 일제강점기부터 간척이 조금씩 진행되어 1980년 이전에 간척이 완료된 것으로 조사되었다.

이원면 관리 18명, 소원면 의항리 16명, 송현리 9명, 파도리 17명, 안면읍 승언리 7명, 고남면 장곡리 8명, 고남리 12명, 누동리 17명 등 총 104명이 인터뷰에 응하였고, 인터뷰는 2009년 10월 13, 14, 15일 3일에 걸쳐 실시하였다.

간척사업이 지역주민들에게 미친 영향을 알아보기 위해 인터뷰를 통해 고찰한 결과 지역별로 간척에 대한 호불호(好不好)가 확연히 구분되는 결과를 얻었다. 1980년대 이전에 간척한 지역(소원면 의항리·송현리·파도리, 안면읍 승언리, 고남면 장곡리·누동리)은 식량 자급과 자연재해로부터의 탈피라는 긍정적인 견해를 보이고 있는데 반하여, 그 이후에 간척하거나 간척이 진행되고 있는 지역(고남면 고남리, 이원면 관리)은 지역주민의 소득이 감소했다는 측면에서 부정적인 견해를 보이고 있다.

태안반도 지역은 구릉성 산지가 침수를 받아 형성된 지형으로 곡물 생산을 위한 논이 절대적으로 부족하였다. 따라서 외지에서 들어오는 곡물의 가치는 그만큼 높았고, 곡물 자급에 대한 지역주민들의 바람 또한 매우 컸다고 한다. 또한 들쭉날쭉한 해안선으로 인해 인근 마을까지 혹은 중심지까지의 이동에 제약을 받았고, 백중사리나 폭풍해일과 같은 자연재해에 취약점을 드러내고 있었다. 이러한 시기에 갯벌에서 생산되는 생산물은 자급 자족 수준에 머물렀고, 이러한 사실은 이 시기 갯벌의 경제적 가치가 작물보다 못했음을 의미한다. 이러한 상황에서 갯벌의 간척은 경작지의 증대에 따른 곡물수급 완화와 풍수해로부터의 방어, 접근성의 증대를 가져오는 긍정적인 효과를 보여주었다.

그러나 1980년대를 지나서 자급자족을 넘어서는 곡물의 생산량에 의한 곡물가격의 하락과 이미 간척된 지역을 중심으로 교통 및 교통시설이 발달해 접근성이 증대됨으로써 간척에 대한 긍정적인 부분은 많이 상쇄되었다. 또한 냉장기술의 발달과 편리해진 교통수단은 갯벌에서 생산되는 수산물의 장거리 수송을 가능케 하였고, 내륙지역에서의 수요 증가는 수산물 가격의 상승을 가져왔다. 이러한 결과는 결과적으로 지역주민들의 갯벌에 대한 경제적 가치에 대한 인식변화를 가져왔고, 간척에 대한 부정적인 견해를 가지게 한 요인으로 작용한 것으로 여겨진다.

## 6. 연안습지 복원에 대한 국제적 추세

최근 기후변화 문제가 국제적 현안으로 대두하면서 갯벌의 중요성이 더욱 부각되고 있다. 갯벌, 홍수림(맹그로브), 잘피숲(바닷물에 완전히 잠겨서 사는 식물) 등 연안습지의 탄소 흡수 기능은 강력하다. 이를 바다의 탄소 저장고라는 의미의 '블루카본(Blue Carbon)'이라고 하는데, 육지의 주요 탄소 흡수원인 열대림과는 비교할 수 없을 정도로 크다고 한다.

간척사업으로 국토를 확장한 대표적인 국가들로는 네덜란드, 독일, 덴마크 등을 들 수 있다. 그러나 독일에서는 해안선을 일직선으로 그어 갯벌이나 바다를 메꾸는 간척사업은 1930년대부터 중단되었다. 1980년대 후반부터는 법으로 정해 모든 간척사업을 금지하였다. 네덜란드나 덴마크도 1980년대 이후에는 간척사업을 하지 않는다. 최근에는 갯벌의 생태적 가치와 소중함이 새롭게 부각되면서 네덜란드를 비롯하여 미국, 독일, 일본 등의 여러 선진국에서는 메웠던 간척지를 다시 갯벌로 환원하는 역간척 사업을 추진하고 있다.

미국의 경우 사유지를 갯벌로 복원할 때 국비와 지방비로 충당하고, 일부는 기부를 통해 조달된 자금으로 사유지를 매입하고 있다. 또 복원과 관련하여 연관된 기관이 모두 참여하고 또한 주민의 참여를 통하여 사업의 성과를 높이고 있다. 복원방식은 순응적으로 하며, 사업초기에는 소규모로 하면서 점진적으로 규모를 늘려가는 방법을 취하고 있다. 또한 모든 갯벌복원의 과정은 모니터링을 통하여 각 단계를 평가하고 있다. 특히 캘리포니아 사우스베이에서 폐염전 갯벌의 복원과정을 알 수 있는 웹사이트 등을 운영하여 대중을 위한 교육기회를 동시에 제공하기도 한다. 또한 습지복원은 다양한 환경의 습지복원 이외에도 홍수관리와 레크리에이션 기회 제공에 많은 배려를 하고 있다.

캘리포니아의 경우 사업의 주체는 캘리포니아 연안관리국, 미국 어류·야생동식물보호국이며 이에 따라 중앙정부와 지방정부가 사업의 주체이다. 캘리포니아 사우스베이의 복원 기간은 30년으로 장기적인 계획을 하고 있다.

독일의 갯벌 정책은 전통적으로 해일로부터 연안 주민의 안전에 최우선을 두고 있으며, 최근에도 방조제의 높이를 높인 이력이 있다. 그러나 최근 지질학자를 중심으로 일부 방조제를 터서 습지를 조성하는 것이 연안주민을 더욱 효과적으로 보호할 수 있다는 의견에 제기되고 있으며, 실제 일부 지역에서는 방조제를 터서 긍정적인 효과를 본 곳이 나타나고 있다. 복원 방식은 방조제를 후퇴시키거나 방조제 배후지의 습지를 복원하는 방식을 채택하고 있다. 복원함에 있어서 콘크리트와 같은 강성재를 사용하지 않고, 대나무와 같은 연성재를 사용하는 것을 권장하고 있다.

물리에너지의 감쇠방안으로 방조제에 갑문을 설치하고, 배후습지를 조성하려는 주장이 확산되고 있으며, 과거에 설치하였던 각종 방조제를 제거하는 시도도 점점 확산되고 있

다.

바덴해는 독일, 네덜란드, 덴마크 등 3개국이 공유하고 있으므로 지속적인 발전을 위하여 3개국이 참여한 바덴해 포럼을 발족시켰다. 갯벌의 모니터링은 일반항목, 화학, 생물, 서식지, 인간의 이용으로 구분하여 조사하고 있다. 방조제 전면에 인공습지를 조성하여 성공한 사례가 있었지만, 갯벌의 훼손이 심각한 지역에서는 양빈과 식물이식을 하였어도 효과적이지 못한 것으로 나타났다. 염습지를 조성하는 경우에는 평균 해수면보다 높은 지형으로 만들어야 하며, 니질 퇴적물을 잡아두기 위해서는 콘크리트와 같은 강성재보다 목책같은 연성재를 권장하고 있다.

일본은 갯벌을 복원함에 있어 다음과 같은 복원의 목표를 5가지 기본 원칙을 정해 놓고 이 범주 안에서 복원하고 있다. ① 육지와 바다의 연속성 회복, ② 생물다양성의 회복, ③ 수산자원의 회복, ④ 인간과 자연의 조화, ⑤ 지속가능한 이용 등이다. 일본의 경우 갯벌복원의 주요 원칙은 순응의 원칙과 반복의 원칙을 엄격히 준수하고 있다. 미국과 독일, 일본의 갯벌복원에 관한 공통적인 사항은 순응적 관리를 통해 점진적으로 복원하는 방식을 채택하며, 이 중간과정의 모니터링을 실시하여 복원과정의 진행상황을 평가하고 있다. 또한 복원과정을 실시함에 있어 관계주민 및 관계기관이 모두 참여하는 거버넌스를 구성하여 복원방법의 문제들을 사전에 조율하고 있다. 복원기간은 10년 이상으로 장기간에 걸쳐 시행하고, 그 동안 복원성과를 바탕으로 대략 5년 주기로 계획을 수정하고 있다.

#### 1) 미국(캘리포니아 사우스베이 염전복원 사례)

샌프란시스코만 하구의 약 85~90%의 습지는 도시개발, 농경지, 염전으로 이용되어 지난 2세기 동안 사라지거나 그 용도가 변경되었다. 특히, 샌프란시스코 만에서 1854년부터 상업적인 소금생산이 시작되면서 염전 개발이 사우스베이 대부분 지역으로 확산되어 염전의 총 넓이는 150.2km<sup>2</sup> 정도 였다. 이로 인해 이곳에 서식하는 어류와 야생동식물이 사라졌고, 수질이 저하되고 탁도가 증가되었으며, 하구가 축소되면서 물리적 변화와 함께 준설이 필요하게 되었고 홍수의 위험이 증가되었다.



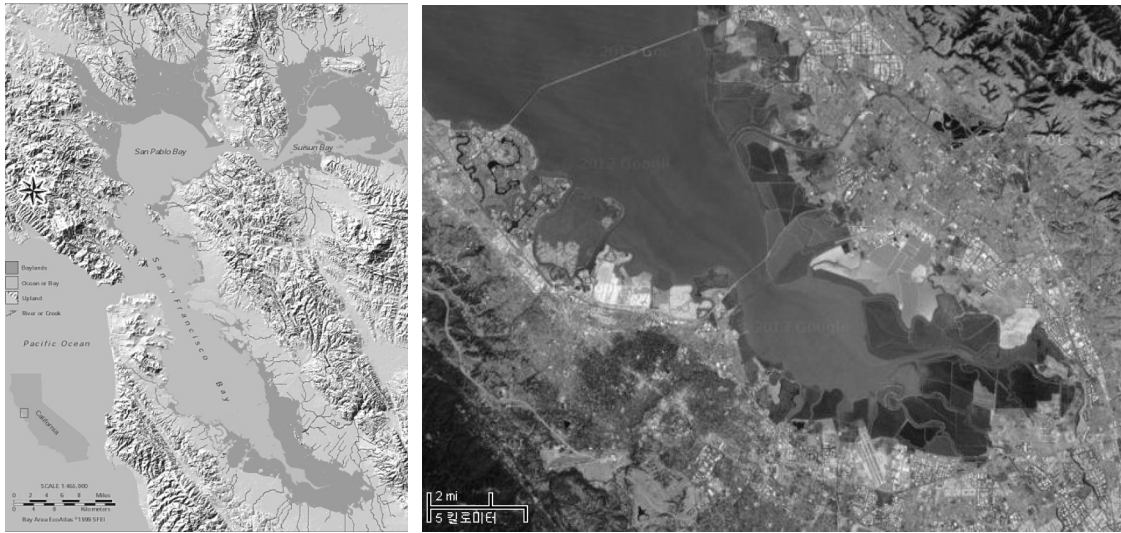
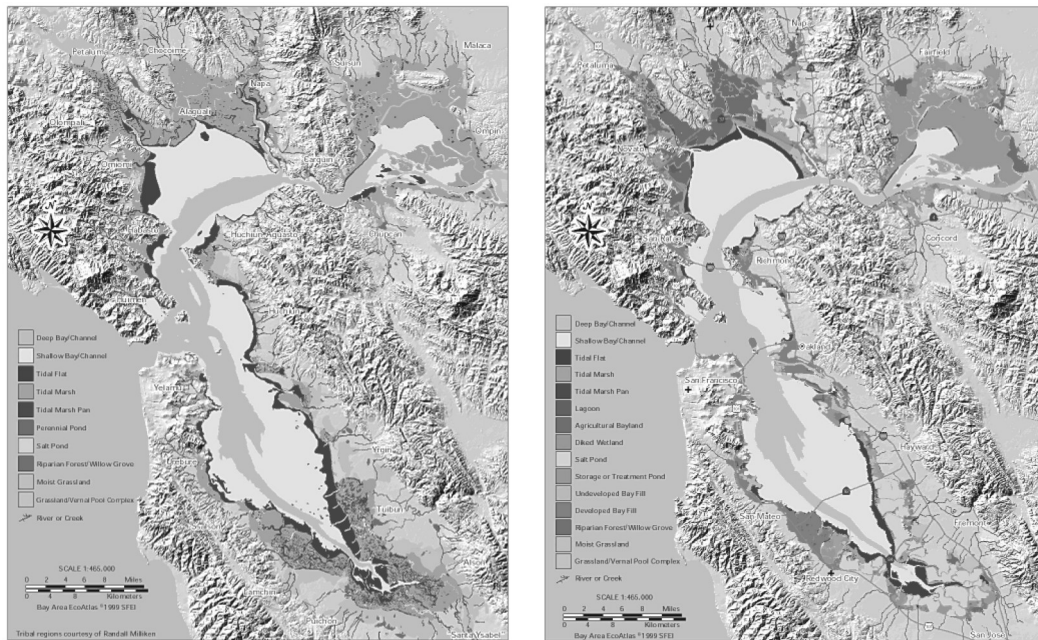


그림 12. 사우스베이 프로젝트 지역



<1850년 토지피복도>

<1998년 토지피복도>

그림 13. 사우스베이 토지피복 변화

사우스베이 염전의 장기 복원 계획은 샌프란시스코만의 물리, 화학, 생물학적 건강성을 향상시켜 주기 위하여 캘리포니아 연안관리국이 미국 어류, 야생동식물 보호국과 캘리포니아 자원청 산하 야생동물 보호국 등과 함께 다음과 같은 목표를 설정하였다.

- ① 갯벌 습지 서식처의 보존과 개선 : 복원된 갯벌은 멸종위기인 캘리포니아 갈색뿔부기, 소금물맷발쥐, 다양한 어류, 바다표범 그리고 수생태동식물의 서식지가 될 것, 오염물질을 정화하고 많은 늪지가 형성되어 철새와 물새의 먹이공급처와 휴식처로서의

기능을 다 할 것

② 홍수관리개선 : 홍수조절의 기능을 담당하게 될것

③ 대중에게 오염되지 않은 자연에의 접근성 향상과 레크리에이션 기회제공 : 자전거도로와 도보용도로가 건설되며 낚시의 기회 제공, 환경교육 기회 제공 할 것

샌프란시스코 만의 습지 복원 사업은 최종적으로 홍수조절, 수질개선, 레크리에이션 기회 제공, 멸종위기 동식물 종과 철새 서식지 제공 등의 편익을 위해서 반드시 필요한 평가사업으로 추진되었다.

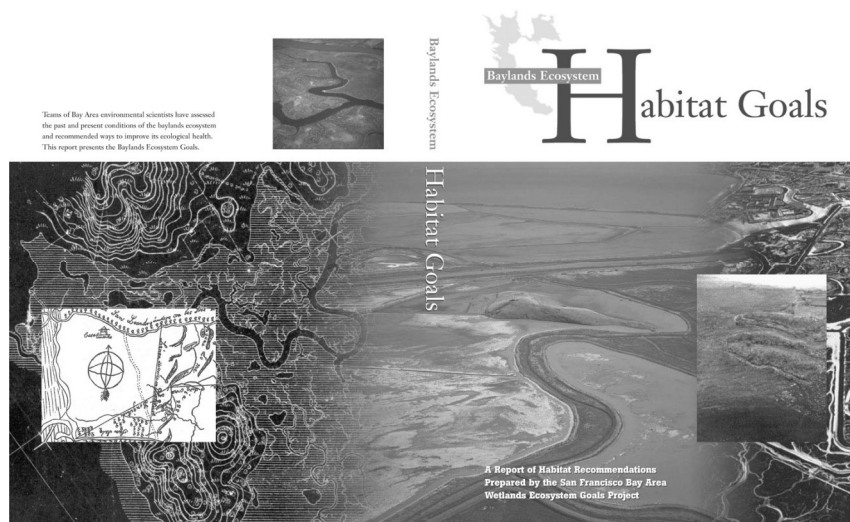


그림 14. 사우스베이 염전 복원 프로젝트 report

사업의 관리는 미국 어류, 야생동식물보호국과 캘리포니아 자원청 산하 야생동물 보호국이 토지 보유와 관리의 임무를 가지고 카길의 기술적 보조를 받으면서 복원기본계획을 시행하고 있다. 캘리포니아주 연안관리국은 미국 어류, 야생동식물보호국과 캘리포니아 자원청 산하 야생동물 보호국과 파트너쉽을 가지고 장기복원계획이 가능하도록 노력하고 있다. 이밖에 연안관리국은 공동사업자인 캘리포니아 자원청과 긴밀한 관계를 유지하고, 신탁기구, 규제기관, 지방정부, NGO, 시민들과 유대관계를 가지고 사업을 진행하고 있다.

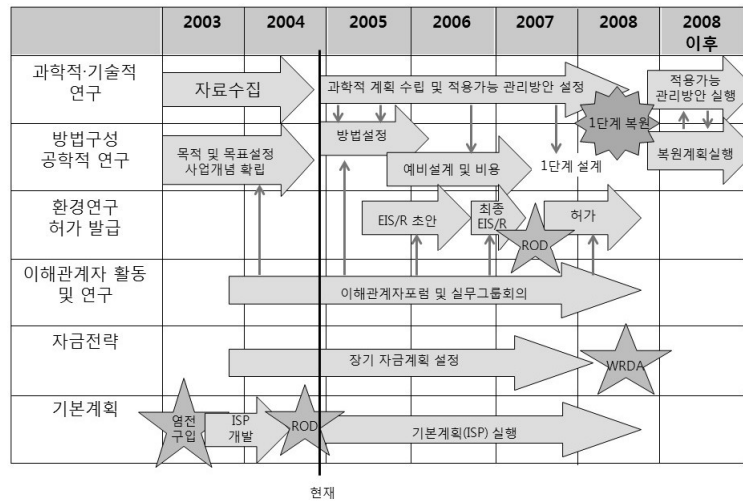


그림 15. 사우스베이 염전 복원 프로젝트 추진 계획

사업의 수행절차는 ①상황분석 : 사업이 진행될 지역의 지형과 해류 흐름 또는 습지의 깊이 등 심층 조사를 우선적으로 하며, 수질분석과 퇴적물 분석을 위하여 표본을 채취하고 수리·지형학적 상황 즉 퇴적, 수생식물 등 염습지 또는 염습지와 인접한 지역에 서식하는 야생동식물에 대한 정밀 조사 등을 하며 홍수관리의 필요 타당성, 수량조절을 위한 구조물의 수용량과 현 상황 등에 대한 면밀한 조사, 기본관리계획 수립, 문화자원 조사, 대중의 접근성과 천연자원에 기반을 둔 레크리에이션 기회 등에 대한 조사를 한다.

②복원계획의 목표와 목적설정에서는 사업관리팀이 복원사업의 목표와 목적을 설정하고, 이해당사자들간의 포럼, 과학지원팀, 규제기관과의 협력 하에 사업을 개발 발전시키고, 계획 실행을 위한 방법이 사업의 목적에 부합하는지 평가하고 보존관리 계획, 어류 및 멸종야생동식물 복원계획, 샌프란시스코 만 개발계획, 샌프란시스코 만 수질관리 위원회의 유역관리계획 등 기존 계획과의 연관성을 분석한다.

③홍수관리 계획과의 복합적인 전략 개발에서는 사업관리팀이 산타클라라 밸리의 수질 관리구역, 앨러미다 카운티의 홍수조절구역, 산마테오 카운티의 홍수조절구역, 산호세와 그 외 도시의 지역사회, 미육군공병단과 협력하여 복원과 홍수관리계획을 통합 관리한다.

④서식지 복원을 위한 대안적 방법 개발에서는 포괄적인 목표와 목적에 기초하여 정의하며, 복원계획의 대안은 단계에 따른 선택적 방법, 준설을 할 때와 하지 않는 경우, 장기적으로 염전과 염습지를 서식지로 개발할 것인지 등 다른 대안을 포함한다. ⑤대안적 방법들의 기술적인 분석 시행에서는 예측모델을 이용하여 효과적인 복원 전략을 계획하고 또한 대안적 복원 계획들이 미치는 영향을 분석하며, 지반공학적 분석과 예측모델을 사용하여 사업의 홍수관리 기능을 평가한다. 사업관리팀은 비용 효과적 방법의 공학적 설계를 선택하여 각 대안적 방법에 대해 영향을 평가하고 비용편익 분석을 하여 최종적으로 실

행이 가능한 방법을 결정한다. ⑥대안적 방법의 환경 평가에서 사업관리팀은 캘리포니아 자연환경법/국립환경정책법에 준하여 환경영향보고서/환경영향평가서를 작성하여 첫 단계의 복원사업을 실행 할 때, 사업의 특성을 자세히 기술하도록 하고 있다. 사업특성에 대한 자연환경법/국립환경정책법에 대한 검토 후 사업의 다음 단계를 실행한다. ⑦대안적 방법 결정과 결정된 방법 설계에서는 기술과 환경분석을 통하여 실행방법이 결정되며 방법은 최대한 세부적인 설계과정을 거쳐 실행되며 다음과 같이 세 가지 대안이 제시되고 있다. 복원계획의 대안에서 서식지 유형의 혼합방안은 특수 종 또는 철새 등을 포함한 야생동식물의 다양성 보존, 사우스베이 토종 생물의 다양성 보존 등의 이익을 우선으로 하며, 복원계획의 대안은 홍수방지와 대중의 접근성을 향상시키면서 레크리에이션 기회를 제공한다. ⑧모니터링, 유지보수, 관리 방법 개발에서 염전 복원은 단계적으로 수행하는 것을 원칙으로 하며, 사업이 진행되면 문제점이 발생되고, 복원계획이 변경될 수 있다. 또한 적용 가능한 방법들은 각 단계마다 이전 단계의 결과를 고려하여 적용될 수 있고 새로운 복원 기술이 도입될 수 있다. 모니터링은 복원 목적에 맞게 수행되는지, 허가를 받기 위한 요구사항에 맞는지, 또한 복원의 다음 단계를 분석하고 관리방법을 결정하고 확인할 수 있는지 등을 단계적으로 결정하여 진행하여야 한다. 마지막으로 사업 완성과 다음 단계를 위한 준비하는데, 여기서는 사업관리팀과 경영 지도자그룹, 동반자 부서와 기관들은 복원, 개선, 장기적 사업지역관리를 위한 실행계획, 자본 전략을 협력하여 개발한다.

본 프로젝트에서는 지역사회와 이해관계 기관과의 대화를 통하여 공청회, 워크숍, 웹사이트 개설 및 운영, 이메일을 통한 뉴스레터 발송, 대언론 공식발표, 설명회 등을 개최하여 일반 대중에게 사업진행 사항을 공유할 수 있게 한다. 하지만, 이러한 프로젝트에서 몇 가지 극복할 문제점이 있는데, 먼저 사우스베이 염전복원과 관리사업은 과학적이고 기술적인 달성을 보여주었지만, 자원청과 NGO 사이는 복원계획의 목표에 대한 의견 충돌이 있었다. 또한 관리 또는 사회기반시설의 통제로 계획된 습지 복원과 자금유지가 어려운 복잡한 문제도 발생하였다. 이밖에 염전의 인공적 관리와 염습지 환경을 어느 정도로 할지, 지류 또는 배수시설과 제방을 만들기 위한 퇴적층의 이용가능성 여부, 홍수관리 구조물의 설계여부, 송전선 등 현존 사회기반시설 보존 여부, 침수성 동식물의 종 조절 등의 문제들이 노출되었다.

사우스베이 복원사업의 최종 임무는 5년 안에 수행될 수 있는 계획으로서 과학적으로 건전하고 대중에게 레크리에이션 기회와 용이한 접근성을 제공하는데 있으며, 목표는 염습지, 염전, 연안갯벌을 포함한 다양한 환경의 습지복원, 홍수관리, 자연에게 대중의 접근성 향상과 레크리에이션 기회 제공에 있다. 관리팀은 사업개발업무와 총 행정업무를 관리하며 최종 지도와 감독업무를 맡고, 관리팀은 주요 정책결정의 주체로서 최종 사업계획을

설계할 때 권한을 가진다. 관리팀은 캘리포니아주 연안관리국, 미국 어류·야생동식물보호국과 캘리포니아 자원청 산하 야생동물보호국의 임원들로 구성된다.

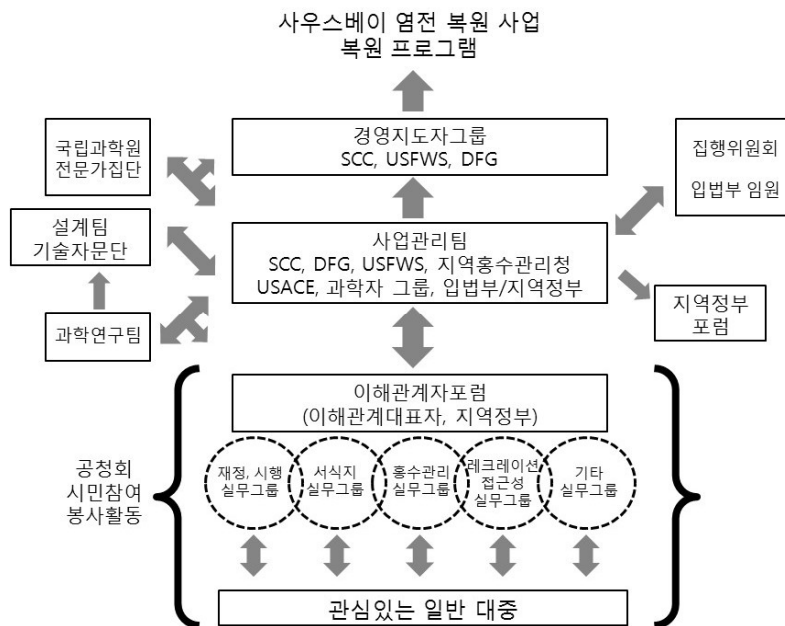


그림 16. 사우스베이 염전 복원사업의 조직도

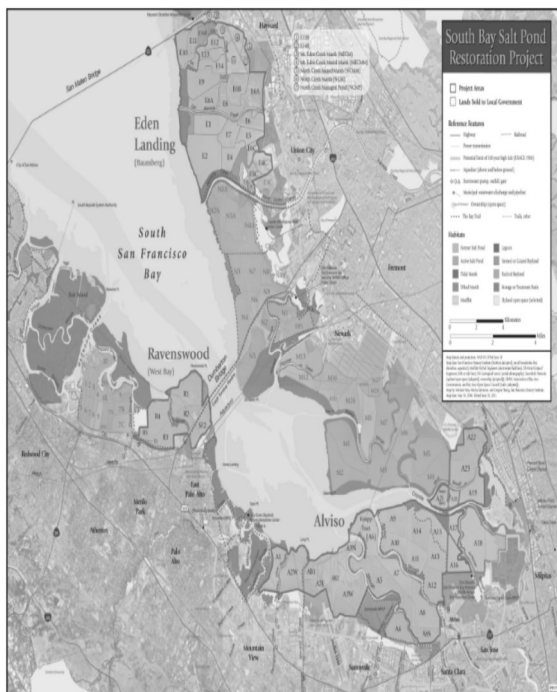


그림 17. 기본계획이 시행된 이든랭딩염전, 알비소염전, 라벤스우드염전

## 2) 독일(바덴해 갯벌)

바덴해는 세계 5대 갯벌의 하나로, 1976년 처음으로 람사르습지 보호지역으로 지정되었으며, 2009년에는 유네스코 세계자연유산으로 등록되었다. 본 갯벌은 네덜란드, 독일, 덴마크의 3국에 걸쳐 위치해 있어, 단일 정부의 갯벌 보호 정책으로는 그 실효성이 의문 시되고 있으며, 1987년 독일 니더작센의 빌헬름스하펜에 그 본부를 두고 바덴해 갯벌 조사, 정책 생산, 관리 업무를 시작하게 되었다.

바덴해 지역의 간척은 약 11세기부터 시작되었으며, 주로 해수의 침수를 막기 위한 자연재해 방재가 목적이었으며, 이후 방조제 배후 지역을 간척하면서 간척 역사가 시작되었고, 16세기 후반에는 상당 부분의 갯벌이 간척되었다. 20세기 이르러서는 방조제는 7.8m 높이에 이르게 되었고, 약 20km까지 외해로 전진하였고, 습지 및 갯벌의 면적은 약 50% 가량 감소하였다. 그 결과, 극심한 지형 및 생태계의 변화를 겪어왔지만, 개발압력(항만 기능유지 외) 및 자연재해로부터 인근 주민 삶과 터전의 보호라는 구호 아래, 예상 외로 방조제의 높이는 지난 50년 동안 더욱 높아지고 있다.

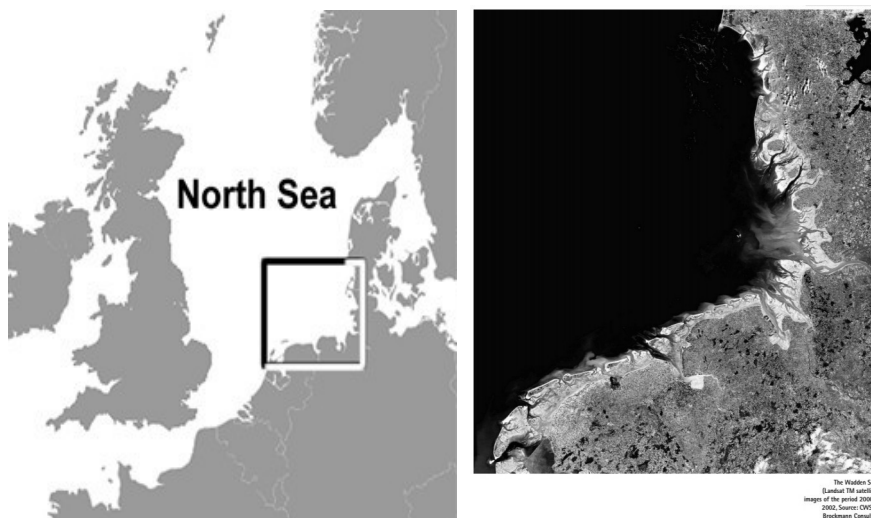


그림 18. 바덴해 위치도

이렇듯 갯벌의 감소는 필연적으로 갯벌 퇴적물의 재분배 및 지형변화를 야기하게 됨으로서 해안선 및 방조제 전면부의 침식현상은 두드러지게 나타났으며, 일부 부분적으로 남아 있던 염습지 또한 높은 에너지로 사라지게 되었고, 바덴해 전체의 해수면 상승을 가져와 침식현상은 가속화되고, 해수면 상승과 더불어 자연재해 증가, 생태계 및 지형변화까지 오게 되면서, 갯벌의 보호 및 보존에 머물지 않고 능동적인 갯벌복원의 필요성이 제기되었다.



그림 19. 북해연안의 바닷해 갯벌 보존지역 위치 및 분포

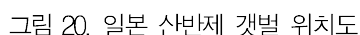
독일의 갯벌은 일차적으로 국립공원으로 지정하여 보호되고 있으며, 3국 바덴해 공동위원회 CWSS(Common Wadden Sea Secretariat)의 조사 및 정책에 따라 관리되고 있다. 과거 위원회에서는 갯벌의 보존 및 보호에 중점을 두고 있다면, 21세기에는 방조제를 높여 자연재해를 방재하기에는 역부족으로 인식되면서, 점진적으로 방조제의 일부를 허물어 자연 갯벌로 복원/회복하는 방안이 재해를 최소화하고 기후변화 적응의 방책으로 여겨지고 있다. 특히, 일부지역에서는 외래종의 유입을 차단하고 소멸된 생태계를 회복하기 위해서는 방조제를 뒤로 후퇴시키거나 혹은 일부 방조제를 허물어 방조제 배후에 갯벌을 조성하려는 계획을 최근에 제기하고 있다.

기존의 갯벌복원 사례를 살펴보면, 먼저 갯벌을 가능한 현재의 자연 상태로 보호하는 것이 목적이며, 불가피하게 인간이 다시 개입하는 갯벌 복원에는 매우 신중한 입장을 취하였다. 그럼에도 불구하고 자연재해로부터 방조제를 보호하고자 방조제 전면에 인공습지를 조성하는 복원 시도가 몇몇 지역에서 이루어졌으며, 매우 성공적인 사례도 있었다. 하지만, 사주 전면의 침식을 최소화하고자 침식이 심각한 일부지역에서 양빈 및 사구 식물 이식을 실시하였지만, 그 효과는 만족스럽지 못하였다. 즉 낮은 높이의 T형 그로인은 파랑의 일차적인 방지용으로 작용하였지만 세굴현상이 미약하였다. 그러나 니질 퇴적물을 붙잡아둘 수 있는 목책의 설치는 매우 효과적으로 나타났다. 지형을 높이면서 염생식물이 자라나게 되어 염습지가 조정되었고, 방조제 전면부는 육지화가 진행되고 있다. 현재 이곳은 철새들의 서식지로 활용되고 있고, 방조제 위로 갯벌 및 조류 관찰로를 만들어 관광객을 불러들이고 있어 갯벌 복원의 성공사례로 알려지고 있다.

하지만 이러한 조치에도 불구하고 지구온난화로 인한 폭풍해일의 빈도 및 강도가 증가하면서 모래 유실은 불가피한 현상으로 받아지고 있다. 현재 전 지구적으로 약 70% 이상

현재 진행 중인 독일의 갯벌 복원 계획은 인간활동의 부작용 결과를 천문학적인 비용으로 감당하기에는 한계에 도달하였다. 따라서 복원 계획의 중심은 방조제를 허물어 부작용 방재를 위해 지불했던 경제적 비용을 줄이는 것으로서 자연 상태로 되돌리는 계획이 필요하게 되었다. 현재 이러한 논의가 활발하게 진행되고 있다.

일본 동경만에는 약 136km<sup>2</sup>의 갯벌이 있었지만 1960년대부터 육지의 공업화와 도시화, 항만의 발전과 함께 매립이 급격히 진전되었고 그 결과 현재는 90%에 이르는 갯벌이 손실되었다. 동경만 안쪽의 산반제는 2차 세계대전 이후 대규모 매립과 배후지의 도시화에 의해 산반제와 그 주변은 큰 변화를 맞게 되었다. 매립으로 조성된 공업용지 조성은 생태계 변화, 어업생산의 감소, 수질오염을 유발시키는 원인이 되었고, 이 이외에도 파랑과 흐름의 변화뿐만 아니라 하천으로부터 공급되는 담수나 토사의 흐름도 변화시켰다.





현재 산반제는 개발전의 환경과는 크게 달라졌지만, 남아 있는 갯벌은 동경만에서 다양한 자연환경을 가진 귀중한 곳으로 부각되어 지바현은 개발로부터 자연과 인간이 공생하기 위하여 원래의 산반제 매립계획을 중지하고 산반제 갯벌을 복원하기 위한 계획을 수립하는 한편 다양한 계층의 주민이 참여한 “산반제 복원검토회의(원탁회의)”를 설치하였다.

사업의 목표는 조간대·천해역, 생태계·조류, 어업, 수·저질환경, 바다와 육지와의 연속성·호안, 산반제를 활성화한 마을 만들기, 바다와 연안이용, 환경학습교육, 유지·관리, 재생보전이용을 위한 제도 및 랍사르 등록추진, 홍보, 동경만 복원과 연결되는 광역적 대응이다. 상시 12개의 시행사업은 부문마다 별도의 목표를 설정하고 이를 실행할 수 있는 실천계획 및 체계를 작성하고 주요 사업내용을 결정하였다.

산반제 복원에 있어서 인간은 자연, 생물, 생태계 등 자연환경을 모두 알 수 없다는 점을 인식하고, 항상 겸허하게 그리고 신중하게 행동하는 것을 기본으로 하고, 4가지 측면을 고려하여 복원을 추진하였다. ①전문가 지식과 어업인 경험의 조화, ②사업실시에 따라 영향 예측의 불확실하게 하기 때문에 이 영향을 받을 수 있는 경우는 예방적 태도를 기반으로 하고, 필요에 따라 수정하여 순응적 관리의 원칙을 통해 갯벌복원을 하도록 하였다. ③자연 생태계의 특징을 그대로 유지시키고, 현 세대의 단기적인 이익뿐만 아니라 다음 세대까지 계속적인 재산으로써 장기적인 관점을 가지고 현명한 이용의 원칙을 기초로 하였다. ④협동조직(행정, 현민, 지역주민, 어업자, NPO(Non-Profit Organization), 사업자 등 분담을 원칙으로 협력하여 노력한다 등이다.



그림 21. 효율적인 갯벌 복원 과정(일본 산반제 PDCA 사이클)

## 7. 연안습지 복원의 목표 및 가이드라인

### 1) 연안 습지복원 정의 및 구성요소

- **생태복원** : 자연적 또는 인위적인 간섭에 의해 훼손된 생태계(중요한 서식처나 생물종)를 원래의 생태계로 회복시키거나 유사한 생태계로 대체·창출하는 것
- **습지의 복원** : 과거에 훼손된 습지의 생태계 및 자연환경을 원상태로 되돌리는 것을 목적으로 습지를 재생·창출하면서 인공습지를 조성하거나 또는 원상태를 유지하는 것

복원(restoration)의 문헌적 의미는 원상태의 회복이라고 할 수 있다. 그러나 현재 복원이라는 단어는 단순한 원상태의 회복 이상의 포괄적인 의미로 사용되고 있다. 보통은 생태계의 기능회복(ecological rehabilitation)과 결합하여 생태환경이나 연안환경의 복원에 대해서는 생태계 복원(ecological restoration)이라는 용어가 빈번히 활용된다. 따라서 여기서 의미하는 복원의 개념은 인간활동에 의한 생태계의 변화를 방지하고 나아가 훼손되기 이전의 상태로 되돌리고자 하는 일체의 행위를 의미한다. 이러한 의미에서 살펴보면 연안환경의 복원(restoration of coastal environment)은 인간활동에 따라 파괴되거나 변형된 연안지역의 환경을 이전의 상태로 되돌리려는 일체의 노력을 뜻하는 것으로 이해될 수 있다. 또한 생태적 복원(ecological restoration)은 건강성, 보전, 지속가능성의 관점에서 생태계의 회복을 도모 또는 가속화시키는 계획된 활동이라 할 수 있다. 보다 구체적으로 정의를 내리면 “생태적 복원은 퇴화 또는 손상되거나 파괴된 생태계의 회복을 돕는 과정” 또는 “생태적 건강성의 재생과 유지”라고 할 수 있다.

그러나 복원된 생태계는 여타 제약조건들로 인해 반드시 과거의 상태로 회복될 수 있는 것은 아니며, 현재의 이용여건과 상황을 고려하지 않은 채 과거로의 복귀만을 의미하는 것도 아니다. 실제로 심각하게 손상된 생태계의 역사적 조건이나 과거상태를 정확하게 파악하는 것은 어려우며, 실제로는 불가능할 수도 있다. 그럼에도 불구하고 손상된 생태계의 구조와 기능에 대한 이해, 손상되지 않은 생태계와의 비교·연구, 지역별 환경여건에 대한 정보, 기타 생태적·문화적·역사적 정보에 대한 분석의 조합(combination)을 통해 역사적 조건의 일반적 방향과 범위를 설정할 수 있다.

생태계 복원계획은 신중한 접근이 필요하며, 공동의 의사결정이 일방적으로 만들어진 의사결정보다 더 효력을 발휘한다. 이러한 이유로 모든 이해관계자들의 합의를 통해 복원

계획에 대한 의사결정에 도달하는 것이 필요하다. 왜냐하면 지난 1990년대 이후 수많은 사회적 논란을 일으켜온 간척 및 매립사업과 마찬가지로 생태계 복원에도 많은 이해관계자들의 다양한 이해관계와 의사가 얽혀있기 때문이다. 일단 복원 계획이 착수되면, 생태계 복원에 대한 시스템적 계획수립과 모니터링 접근법이 필요하다. 복원대상이 인접 생태계와 복잡하게 관련되어 있을 경우 계획수립의 필요성은 더욱 커진다.

한편, 바람직한 역사적 경로(historical trajectory)에 따라 복원이 이루어질 때 인위적 조작하의 생태계는 미래의 건강성과 보전을 위해 더 이상의 외부적 도움이 필요하지 않게 되며, 이때 복원은 완료된 것으로 간주된다. 그럼에도 불구하고 복원된 생태계는 외래종의 침입, 다양한 인간활동의 영향, 기후변화, 기타 예측 불가능한 영향 등을 막기 위해 지속적인 관리가 필요하다. 이러한 측면에서 복원된 생태계는 손상되지 않은 생태계와 다를 바가 없으며, 모두 일정 수준의 생태계 관리를 필요로 한다.

복원의 사례와 유형은 앞서 복원의 개념에서 언급한 것과 같이 인간활동에 기인한 생태계 위협요인으로 인해 변화된 생태계의 일부 재생에서부터 상대적으로 많은 영향을 받은 지역에 대한 완전한 관리에 이르기까지 그 대상과 범위가 매우 광범위하다. 연안환경 복원의 주요 대상이 되는 갯벌 및 습지와 같은 서식지의 복원은 ① 훼손된 지역에 어류, 조류와 같은 야생 동물의 서식지를 복구하고, ② 변화된 생태계 지역에 서식하는 동식물의 서식밀도와 양을 복구하거나, ③ 변화된 지역 인근에 그 이전과 유사한 형태로 생물종의 서식지를 창출하고, 마지막으로 ④ 인간이 받아들이는 심리적 가치와 만족감을 그 이전 수준으로 회복하는 총체적인 과정을 포함한다.

생태계 복원의 몇 가지 단계 및 유형을 간략히 도식화하면 다음과 같다. 즉, 생태계의 복원과 관련된 여러 유형은 생태계의 구조와 기능의 두 가지 축으로 표시된 이차원 상에 표현이 가능하다. 우상방의 '원래 생태계'는 종의 다양성이 높고 생태계의 기능이 활발하게 일어나고 있는 복잡한 상태를 의미한다. 만일 인간의 간섭이나 자연적 현상으로 인해 종 다양성이 감소하고 생태계 기능의 저하가 발생한다면 그러한 상태를 '훼손된 생태계'라 명명할 수 있을 것이다. 원래의 생태계에서 훼손된 생태계로 변하는 과정을 훼손이라 한다면 그 반대의 과정은 복구나 복원으로 생각할 수 있다. 물론 이러한 과정은 자연발생적으로 일어날 수도 있다.

복구(rehabilitation)가 원래 상태로 생태계의 기능과 구조를 되돌리기는 하지만 그 정도가 완전한 수준에 이르지 못한 것임에 반해 엄밀한 의미의 복원은 훼손되기 이전의 상태로 되돌려 놓는 것을 의미한다. 반면에 훼손되기 이전의 상태로 완전히 되돌리는 것에 대한 현실적 어려움으로 인해 원래의 상태는 아니나 그와 유사한 상태로 회복시켜 주는 복구도 복원의 유형에 해당한다. 또한 원래의 상태와 비교해 볼 때 종 다양성이나 생태계의 기능은 다르지만 훼손의 정도를 완화하고 치유하는 개선 및 대체도 복원의 한 유형으로

볼 수 있다.

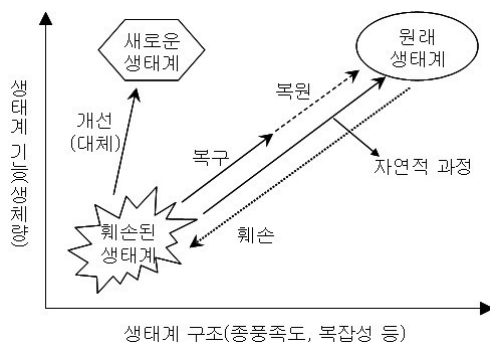


그림 22. 생태계 복원의 형태(Bradshaw, A. D., 1995)

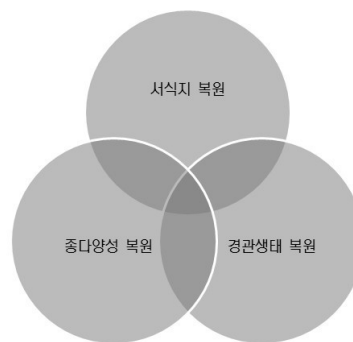


그림 23. 생태계 복원의 유형(한국해양수산개발원, 2007)

또한 복원의 유형을 원래 생태계와의 유사성 정도와는 다르게 복원의 관점이나 주요 대상에 따라 구분할 수도 있다. 서식지 복원은 주로 특정 종의 복원과 관련되는 개념인 반면 종다양성 복원은 그보다 폭넓은 대상을 목표로 삼는다. 비교적 최근 들어 관심이 높아지고 있는 분야인 경관생태 복원은 종다양성과 밀접한 관련을 지니면서 인간이 자연에 대해 갖는 심미적인 측면을 주로 강조하는 개념이라고 할 수 있다.

연안환경 복원의 역사가 깊고, 다양한 복원사업이 광범위하게 이루어지고 있는 미국에서는 복원과 관련된 다양한 연구를 통해 복원사업의 시스템적 접근에 대한 이해가 축적되어 왔다. 예를 들어, 국가연안복원전략(RAE and NOAA, 2002), 생태복원협회(Society for Ecological Restoration)의 가이드라인(Clewell *et al.*, 2000), 국가기술 매뉴얼(Sea Grant Oregon, 2002) 및 기타 다방면에 걸친 관련 연구를 통해 가장 바람직한 시스템적 접근법이 마련되었다.

이러한 시스템적 접근은 연안환경 복원과 관련된 이해당사자들 즉, 환경계획자, 엔지니어, 컨설턴트, 대학생 그리고 기타 연안복원 계획에 포함된 사람들에게 일반적인 접근법을 제공함과 동시에 연안복원 계획에서 효율적임이 입증된 틀을 제시하고 있다. 복원사업에 대한 시스템적 접근의 다섯 가지 주요 구성요소는 계획(planning), 실행(implementation), 성과평가(performance assessment), 적응적 관리(adaptive management), 결과의 보급(dissemination of results)과 같다. 이러한 접근법은 복원 방법론에 초점을 맞춘 Borde *et al.* (2003)의 연구와 관련하여 개발되었다.

### (1) 계획(Planning)

계획 단계는 사업의 목표 및 세부목적, 사업에 대한 성과지표의 수립이 포함된다. 목표와 성과지표의 설정에서 고려해야 될 요인으로서는 시간 및 공간규모, 구조적 및 기능적

조건, 교란된 생태계의 잠재적 복원력 등이 있다. 본 단계에서 복원되는 시스템의 유형이 결정되고 장소가 선택된다. 장소선택은 역사적 조건, 현재 변화의 정도, 현재의 생태적 조건, 기타 요인 등이 고려된다. 물리적 노력의 결정, 공학적 설계, 원가 계산, 스케줄링, 긴급사태 대책의 수립이 계획수립에 포함된다.

## **(2) 실행(Implementation)**

실행단계는 현장 오염(contamination)의 평가와 같이 요구되는 평가로 시작된다. 건설과정에서의 일반적인 실수를 피하기 위해 공사는 사업의 목적을 잘 인지하고 있는 누군가에 의해 관리되어야 하며, 사업의 성공을 위한 파트너로서 엔지니어와 계약자는 건설과정에서의 의사결정이 시스템의 개선에 기여할 수 있도록 중요한 역할을 수행한다.

## **(3) 성과평가(Performance Assessment)**

모니터링 프로그램은 모니터링 파라미터의 측정을 통해 성과지표의 관점에서 복원된 시스템의 개발에 대한 직접적 결과를 제공한다. 현장 표본추출법(Field sampling methods)이 각 파라미터 측정을 위해 이용된다. 복원사업 부근의 적절한 통제지역 선택은 모니터링 데이터 분석에 있어서 매우 중요하다.

## **(4) 적응적 관리(Adaptive management)**

모니터링 프로그램은 사업공정에 영향을 미칠 수 있는 문제점을 확인하고, 계획의 성공을 평가하기 위한 도구로서 이용된다. 대략적으로 관리자가 이용가능한 선택은 시스템의 유지, 사업목표의 수정 등이 있다. 만약 모니터링 프로그램이 예정된 생태계 개발의 과정에서 벗어날 경우 이에 대한 조정이 이루어져야 한다. 이러한 적응적 관리는 국가 단위에서 권장되고 있으며, 많은 주요 복원계획에서 이용되고 있다.

## **(5) 결과의 보급(Dissemination of results)**

사업에 대한 완결된 정보를 가능한 한 광범위하게 보급하는 것은 중요하다. 그러나 복원계획에 대한 국가적 검토와 뉴잉글랜드에서의 습지계획에 대한 최근의 검토(Shreffler *et al.*, 1995)는 기록 보존이 많은 사업에서 중요하지 않게 다루어져 왔음을 나타내고 있다. 사업의 모든 측면이 문서화되어야 하며, 미래계획에 대한 설계는 비용을 최소화시키고 성공가능성을 최대화시키기 위한 정보를 요구하고 있다.

앞에서는 연안생태계의 복원에 대한 일반적인 사항들을 알아보았다. 위와 같이 기술된 연

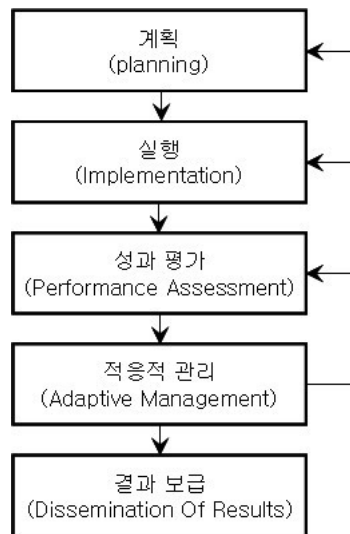


그림 24. 복원의 5가지 구성요  
소 흐름도 (Diefenderfer and  
Thom, 2003)

안생태계 복원에 있어서 일반적인 사항 외에 실제적으로 연안습지를 복원할 시에 필요한 기본원칙이 필요하며, 이는 다음과 같다(mitcsh and jorgensen, 2004).

①습지 생태학과 그 주요 원칙들에 대한 이해는 자연경관의 일부로 습지를 성공적으로 조성 및 복원하기 위해 필수적이다. ②집중시킬 수 없는 자연의 에너지 흐름을 집중시키려 혹은 바꾸려 하거나 경관이나 기후에 맞지 않는 생물종을 도입하려는 등의 과도한 엔지니어링 접근을 피해야 한다. ③최소 유지관리를 위한 자연 스스로의 설계에 의존한 설계를 진행해야 한다. ④자연에너지를 활용하는 설계를 해야 한다. ⑤수문학적, 생태학적 경관, 지형학적 경관, 해당 지역의 기후에 적합한 시스템을 설계해야 한다. ⑥다목적성을 지향하는 시스템을 설계해야 한다. 그러나 하나 이상의 핵심적인 개념을 갖는 것이 중요하다. ⑦시스템의 정착·유지에 충분한 시간을 투자해야 한다. ⑧형태·구조가 아닌 기능을 위한 시스템을 설계해야 한다. ⑨직사각형의 구역, 융통성 없는 구조와 수로들, 규칙적 형태 등 필요 이상으로 습지 설계를 과도하게 하지 말아야 한다.

## 2) 갯벌 습지복원의 목표 및 절차

갯벌복원의 목표는 훼손된 갯벌을 과거 훼손되지 않은 상태와 가능한 가깝게 복원함을 원칙으로 하여야 한다. 그러나 복원 대상지의 갯벌은 갯벌마다 훼손 정도가 다를 뿐만 아니라 갯벌 특성(해양지형, 해양물리, 해양생물, 해양화학, 해양공학)도 다르기 때문에 구체적인 목표를 설정하는 것은 실질적으로 매우 어려운 것으로 판단된다(한국해양수산기술진흥원, 2010). 따라서 넓은 범위의 공통적인 기본목표를 설정하고, 실행단계에서는 기본 목표를 벗어나지 않는 범위에서 세부적인 목표를 설정하여 추진하도록 하여야 한다.

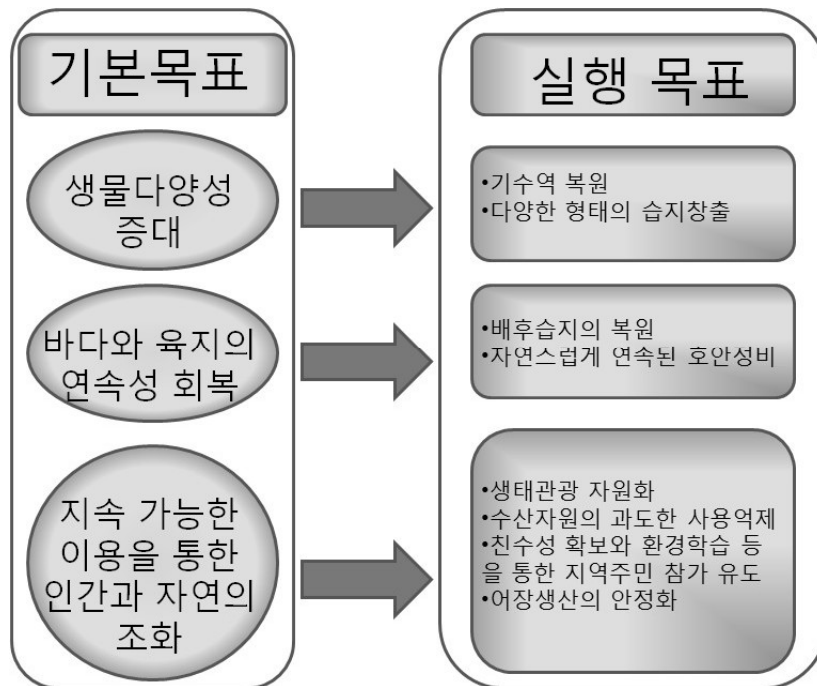


그림 25. 갯벌복원 기본목표 및 실행목표(한국해양수산기술진흥원, 2010)

### 3) 갯벌복원의 유형 및 추진절차

- **간척지의 갯벌 복원(역간척)** : 폐염전, 양식장, 농경지 등 간척지 또는 매립지에 대한 제방제거, 지반개량, 해수유통 등을 통해 건강한 갯벌로 복원
- **연륙도로의 해수유통 복원** : 육지와 섬 또는 섬과 섬을 연결하는 방조제 형태의 연륙도로에 해수유통 통로를 설치하여 건강한 갯벌로 복원하는 사업

갯벌복원의 유형은 간척지(양식장, 매립지, 폐염전 포함)의 갯벌복원, 연륙도로의 해수유통 복원, 갯벌 기능 개선 등으로 구분할 수 있다. 이중 갯벌기능 개선은 훼손 형태가 다양하고 원인 파악도 어려우며, 역간척과 맞지 않아서 본 갯벌복원의 유형에서는 제외하였다.



갯벌복원의 추진절차는 복원을 희망하는 지자체가 해양수산부에 신청하고, 심의를 거쳐 최종적으로 선정된다. 선정된 지자체에서 갯벌복원사업의 구체적인 세부 시행계획을 작성하여 최종적으로 해양수산부에 제출한다.

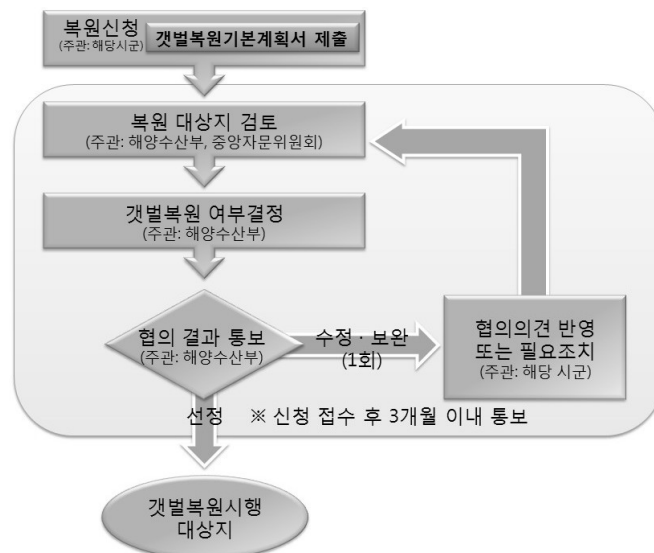


그림 26. 갯벌복원시행 대상지 선정  
절차(한국해양수산기술진흥원, 2010)



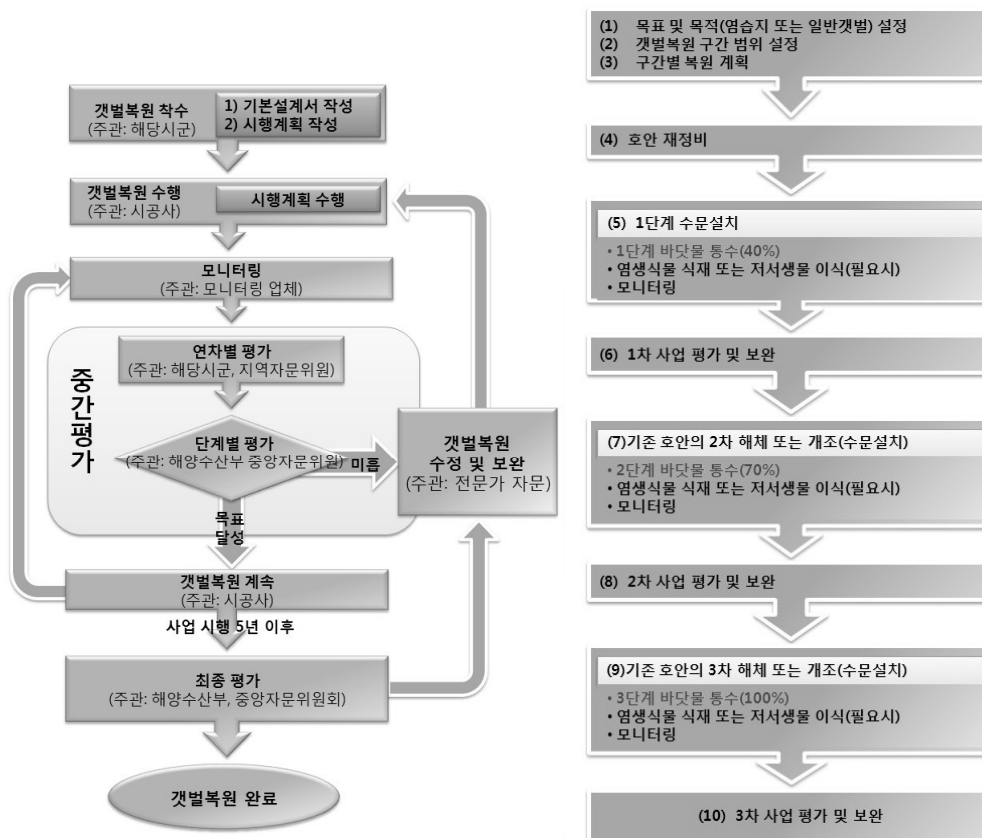


그림 27. 갯벌복원시행  
절차(한국해양수산기술진흥원, 2010)

그림 28. 갯벌복원과정의 일반적  
순서(한국해양수산기술진흥원, 2010)

### 3) 갯벌 습지복원 대상지역 선정의 원칙 및 기준

지난 40년 동안 우리나라 연안에서는 수많은 개발에 의해 다양한 형태로 갯벌이 훼손되었고, 그로 인해 정량화 할 수 없는 피해들이 발생하였다. 이러한 갯벌의 훼손을 복원하는데 있어서 우선적으로 고려해야 할 대상은 복원을 하였을 때 생물다양성이 풍부한 곳을 먼저 선정하여야 한다. 즉, 갯벌이 위치하고 있는 지역의 특성에 따라 그 가치와 훼손 정도가 다르기 때문에 경제적인 가치를 우선적으로 평가하여 대상지역을 선정하여야 한다. 이를 위해서는 갯벌의 가치를 판단할 수 있는 과거 자료들을 수집하여야 한다. 이를 통하여 갯벌 복원의 당위성이 확립될 수 있을 것으로 판단된다.

또한 갯벌 복원 계획에서 대상지역을 선정하는데 있어서 고려해야 할 것은 투자비용이며, 갯벌의 복원은 투자하는 비용과 비교하여 그 효과가 반드시 더 있어야 한다. 이를 위해서는 기존의 폐염전, 양식장, 소규모 농경지 등의 간척지를 대상으로 갯벌 복원 계획을 수립하는 것 타당하다. 이밖에 방조제 형태의 소규모 연륙도로에 해수유통 통로를 설치하는 것이 경제적으로 유리하다. 특히 연륙도로는 만조시에조차 노출되지 않는 곳을 우선순위로 정하는 것이 바람직하다. 이러한 연륙도로는 다른 습지 훼손사례에 비교하여 비교적

단기간에 개선효과가 나타날 수 있을 것으로 추정되므로 복원사업의 우선 대상이 될 수 있다.

이밖에 갯벌복원 사업은 사전에 반드시 갯벌의 상태를 파악할 수 있는 모니터링 조사가 수행되어야 하며, 이를 바탕으로 복원사업이 진행되어야 한다. 또한 복원사업의 환경 개선 효과나 경제적 가치에 대한 정량적인 평가가 진행되어야 한다. 특히, 토지매입 비용이 비교적 적고, 지역주민들이 적극적으로 참여 할 수 있는 지역을 우선적으로 선정하여야 한다.

- **갯벌 복원 우선순위에 따른 사업 시행 :** 갯벌 유형, 주변 기후, 지형, 생물종, 수질, 토양, 토지이용현황, 토지소유관계 등 현지조사와 문헌자료를 분석을 통하여 경제성을 평가한 후 복원이 필요하다고 판단되는 습지를 우선적으로 선별함  
: 영국의 습지생태복원 50년 프로젝트의 경우 문헌 및 현지조사를 통하여 습지 잠재구역을 파악한 후 우선적으로 복원이 필요한 습지부터 복원사업을 진행
- **계획수립에 근거한 사업 대상지역 선정 :** 복원대상지의 각종 정보와 목표상을 바탕으로 기본계획(안) 수립하고 복원사업자, 관계기관, 전문가, 이해관계자 등의 의견수렴 과정을 거쳐 최종 계획을 수립
- **지역민이 참여하는 복원사업 시행 :** 외국사례 대부분이 사업주에 의한 일방적인 사업시행보다는 지역 전문가, 주민 등과 함께 복원사업을 시행함, 미국 환경청은 5Star 프로그램을 통해 지역 지자체가 지역주민들을 자원봉사자로 모집하여 복원사업에 참여함
- **복원전문인력의 양성 :** 미국 뉴햄프셔주의 경우 복원전문인력 자격제를 통해 서식지 복원 등 전문기술인력을 통해 습지관리가 이루어지고 있음, 습지생태복원 사업을 수행할 수 있는 전문 인력의 배출 및 양성제도를 보유 필요
- **커뮤니티가 습지생태복원사업을 할 수 있는 체계 :** 미국 뉴햄프셔주의 경우 복원전문인력 자격제를 통해 서식지 복원 등 전문
- **커뮤니티가 복원전문인력의 양성 :** 토지소유자, 주민, 학생 등 일반인들도 습지생태복원 사업을 쉽게 할 수 있도록 매뉴얼을 제공함. 미국 환경청은 인공습지 핸드북을 작성 및 배포하여 습지를 복원사업의 성공유무를 자가판단할 수 있도록 체크리스트를 제공하고 있음

## 8. 습지복원에 대한 지역주민과의 협의체 구성

갯벌이라는 지역은 장소가 갖는 특수성으로 인해, 간척지의 토지 이용을 통한 개발가치와 다른 한편에서의 갯벌 등 환경·생태계 보전을 위한 보전가치가 동시에 발생하며, 이 중 어느 하나의 가치만을 추구하게 되면 상대편 가치는 불가피하게 희생될 수밖에 없는 이른바 상충관계(trade offs)에 서 있다는 점에서 갈등과 대립이 공존하고 있다.

게다가 환경보호와 개발 목표가 기능적으로 분절된 행정부처에 의하여 개별적으로 기능이 수행됨으로써 행정부처 간 우선적 목표가 상이하고, 심지어 상반될 수 있다는 것은 현대 행정체계의 필연적인 결과이다.

과거 우리나라에서 간척사업이 활기를 띠었을 때에는 주로 개발가치에 주로 힘이 실려 보전가치는 목소리를 내지 못했기 때문에, 갯벌 복원 사업이 당시에 잠재적으로 존재했던 갈등과 대립이 역간척 사업이 진행되는 요즘, 다시 수면 위로 부상하여 지금에 이르렀다. 이는 당시의 의사결정 과정에서 단일 가치에 중점을 두고 다양한 여론을 제대로 반영하지 못한 탓이다. 그 결과 생태적·경제적으로 무한한 가치를 지닌 갯벌이 간척되어 서·남해안의 리아스식 해안은 현재와 같이 단조로워졌으며, 갯벌이 갖는 생태계의 잠재적인 경제적 가치 및 경관적 가치 등이 제대로 평가를 받지 못하였다.

그러나 최근에는 상황이 역전되어 간척된 지역을 다시 갯벌로 환원해야하는 논의가 진지하게 진행되고 있다. 하지만 상황이 역전되었다고 해서 개발가치를 무시해야 한다는 것은 어불성설이다. 이는 또 다른 잠재적인 갈등과 대립을 초래할 뿐이다. 따라서 또 다시 초래될 수 있는 가치 대립은 현재 지역 주민이 누리고 있는 가시적인 경제적 효과를 고려·반영할 수 있는 제도적인 방안을 통한 방향으로 진행되어야 하며, 사전환경성검토 및 환경영향평가에 대한 불신, 사업타당성 검토에 대한 불신, 주민의견 수렴방식에 대한 불만과 사업추진에 따른 이익 또는 보상에 대한 불만 등과 같은 전통적인 갈등의 원인을 해소할 수 있는 방향으로 진행되어야 한다.

이러한 전통적인 갈등 원인의 해결 방법으로는 의사 결정에서 지역 주민(단체)가 정책수립의 부분적인 주체로 참여하는 협의적 의사결정 방식(거버넌스)이 있다. 이는 일련의 의사결정체계 안에서 환경·사회·경제적 영향 등이 적절히 고려·반영할 수 있는 기초가 될 수 있으며, 전통적으로 가치의 대립에서 파생되는 갈등과 대립을 제도적으로 완화할 수 있는 장치가 될 것이다.

- 사업주체는 습지의 복원을 기본으로 하되, 다음 사항을 고려하여 해당 습지에 대한 장소 마케팅 및 지역경제 활성화 계획을 수립 : 지역적 자립심, 애착심 및 지역경제 활성화를 위한 참여기반 시스템 계획 및 실천, 지역 특성을 활성화 하기 위한 브랜드 개발, 전문가, 지역민, 관, 기타 유관기관이 합리적이고 유기적으로 연계되는 협의체 구성, 지속적으로 발전되는 지역 참여시스템 및 운영재원의 합리적 조달, 지역 주민의 참여 정도가 주민의 경제력과 직결될 수 있는 경제순환 시스템 기반의 구축
- 습지를 복원하여 습지보전을 전제로 지속가능한 활용이 이루어 질 때 해당지역의 커뮤니티 및 경제 활성화에 기여할 수 있음. 라벨링과 습지탐방가이드제도를 적극 도입하여 지역주민이 참여하고, 지역의 자원보전 욕구와 의식을 고무시키면서 습지탐방자원으로 활용
- 국가급, 광역급, 지역급 습지 복원지가 인증이 되면 각 지역에서는 그 지역을 대표하는 로고 및 마크를 제작하고 라벨링함. 로고 및 마크를 각 탐방로의 시설물(안내판, 이정표, 해설판 등)에 사용하고 지역의 2, 3차 생산물에 로고를 부착함으로써 지역생산품에 대한 인증 및 질의 유지, 관리, 장소마케팅 시스템의 수단으로 활용할 수 있음
- 로고의 개발·활용을 통한 습지자원의 브랜드화는 지역활성화를 위한 필수적인 요소이며 원활한 정착과 파급속도를 고려하여 초기에는 1, 2차 산업 생산물을 대상으로 시작하고 그 효과를 검토하여 점차 확대하는 방안이 필요함
- 해당지역 주민이 직접 습지탐방 해설가이드를 함으로써 지역민의 참여효과를 기대할 수 있음. 위원회에서는 습지탐방해설에 관한 기본 프로그램안을 지역민과 관련 단체 등에게 권고하고 교육함으로써 지속가능한 환경교육과 탐방이 이루어 질 수 있도록 방향과 지침을 제공하여야 함
- 지역협의체 구성 : 사업주체는 지역주민과 지역의 습지복원전문가로 구성된 지역협의체를 구성, 지역협의체는 습지생태복원 기본계획, 실시설계 등 계획수립과정에서부터 습지관리에 이르기까지 다음과 같은 복원사업을 주도할 수 있음

## 참고문헌

- 고철환, 2004, 한국의 갯벌, 서울대학교출판문화원.
- 국토해양부, 2008, 갯벌복원을 위한 현황조사 및 중장기 계획연구
- 권혁재, 1974, 황해안의 간석지 발달과 그 퇴적물의 기원 -금강·동진강 하구간의 간석지를 중심으로-, 대한지리학회지, 9(2), 1-12.
- 김여상, 1988, 한국 서해 천수만 사장포 해안의 조간대층의 퇴적환경과 진화, 서울대학교 박사학위논문.
- 김장수·장동호, 2010, 침수 취약성 평가 : 안면도 바람아래 조간대 지역을 사례로, 한국 지형학회, 17(2), 29-39.
- 류상옥, 1998, 한국 서남해안 함평만의 퇴적환경과 층서, 전남대학교 박사학위논문.
- 박노옥·장동호, 2009, 광역 퇴적물 입도분포도 작성에서 지상관측 입도자료와 원격탐사 자료의 통합을 위한 회귀 모형의 비교, 한국지형학회지, 16(4), 23-34.
- 박동원, 1976, 원격탐사방법에 의한 천수만 간석지 지형연구, 대한지리학회지, 12(1), 1-15.
- 박용안, 1992, 한국 황해(서해)의 프라이스토세 후기 및 홀로세(현세)의 해수면 변동과 기후, 제4기학회지, 6(1), 13-19.
- 박용안·최경식·도성재·오재호, 1999, 경기만 김포 조간대 지층의 제4기 후기 층서, 한국제4기학회지, 13(1), 79-89.
- 신동혁, 1998, 한국 서해안 가로림만 조간대 퇴적환경과 홀로세 해수면 변동, 인하대학교 박사학위논문.
- 한국해양수산개발원, 2007, 연안환경복원의 경제적 편익 분석.
- 윤순옥, 1997, 화분분석을 중심으로 본 일산지역의 홀로세 환경변화와 고지리복원, 대한지리학회지, 32(1), 15-30.
- 장동호·김만규·김광훈, 2003, 안면도 바람아래 해수욕장 주변의 퇴적환경체계 변화, 한국 지형학회지, 10(2), 143-155.
- 장동호·김장수·박노옥, 2010, 표층퇴적물 분석을 통한 동계 안면도 바람아래 해수욕장 주변의 퇴적환경 변화특성, 한국지형학회, 17(1), 15-27.
- 장동호·김장수·윤정미, 2010, 지형도와 위성영상 자료를 이용한 태안반도 지역의 해안선 변화 분석, 한국사진지리학회지, 20(1), 57-70.
- 장동호·지광훈·이현영, 2002, Landsat TM 자료와 표층퇴적물 분석을 통한 천수만 간석지 퇴적물 분류, 환경영향평가, 11(4), 247-258.
- 장진호, 1995, 한국 서해안 곰소만 조간대의 퇴적 작용, 서울대학교 박사학위논문.
- 조명희·조화룡, 1997, "한국의 간석지 분포", 한국지역지리학회지, 3(2), 195-208.

- 최성길, 1999, "충청남도 서해안의 갯벌 보전", 지역개발연구논총, 8, 7-23.
- 한국환경정책평가연구원, 2003, 하구역 환경보전전략 및 통합 환경관리방안 수립-한강하구역을 중심으로-.
- 한국해양수산기술진흥원, 2010, 갯벌복원을 위한 기술지침 및 계획수립.
- 한상준, 1992, 제4기 해수면 변화의 모델개발 및 퇴적환경 변화에 대한 종합연구(I), 한국해양연구원.
- 해양수산부, 1999, 갯벌 생태계 조사 및 지속가능한 이용방안 연구.
- 황상일, 1998, "일산충적평야의 홀로세 퇴적환경 변화와 해면변동", 대한지리학회지, 33(2), 143-163.
- Bloom, A. L. and Park, Y. A., 1985, Holocene sea-level history and tectonic movements" Republic of Korea, Quaternary Research, 24, 77-84.
- Borde, A. B., L. K. O'ourke, R. M. Thom, G. W. Williams, and H. L. Diefenderfer, 2004, Rational Review of Innovative and Successful Coastal Habitat Restoration, Battelle.
- Clewell A, J Rieger and J Munro, 2000, Guidelines for Developing and Managing Ecological Restoration Projects, A Society for Ecological Restoration, Publication.
- Diefenderfer, H. L. and R. M. Thom, 2003, Systematic Approach to Coastal Ecosystem Restoration Battelle.
- Sea Grant Oregon. National Coastal Ecosystem Restoration Manual, 2002, ORESU-H-02-002, NOAA Office of Sea Grant and Extramural Programs, and Oregon State University Extension Service, Corvallis, OR.
- Shreffler D. K, R. M. Thom, M. J. Scott, K. F. Wellman, M. A. Walters, and M Curran, 1995, National Review of Non-Corps Environmental Restoration Projects, IWR Report 95-R-12. U.S. Army Corps of Engineers and Waterways Experimental Station, Vicksburg, Mississippi.



