

기획연구  
2009-10

기획연구  
2009-10

충남 태안반도의 해안선 변화 분석과 정책과제



# 충남 태안반도의 해안선 변화 분석과 정책과제

장동호 · 윤정미 · 김장수

2009 · 12

충남발전연구원

ISBN : 978-89-6124-120-5 03350



**CDI** 충남발전연구원  
Chungnam Development Institute

[www.cdi.re.kr](http://www.cdi.re.kr)

기획연구 2009-10

# 충남 태안반도의 해안선 변화분석과 정책과제

장동호 · 윤정미 · 김장수



# 발 간 사

오늘날 전 세계적으로 이슈화 되고 있는 기후변화는 다양한 경로로 인간의 삶에 영향을 미치고 있다. 특히, 기후변화의 영향을 가장 먼저 받는 지역 중 하나인 해안지역은 사회·문화·경제·생물학적으로 중요한 위치에 있어 데이터 구축과 이해가 필요하다. 그러나 다양한 개발 사업으로 인해 국토 및 해안선의 모습이 시시각각 변화하고 있는 우리나라 해안지역은 관측자료의 부족과 부정기적인 관측시기로 인해 해안선의 경계와 길이 등이 명확하게 설정되지 못하거나 구축된 자료의 질과 양이 미미한 실정이다.

다양한 자연 생태계를 간직한 충남해안지역은 사회경제적으로도 매우 중요한 지역으로 해안선변화가 토지이용변화 및 사회경제적으로 미치는 영향에 대해 주목할 필요가 있다. 특히 태안반도 지역은 현재에 이르기까지 대규모의 간척사업 등으로 해안선의 변화가 심한 곳이기 때문이다.

해안선에 관한 기존의 연구를 살펴보면 해안선의 변화 자체만을 연구하거나 조석이나 해수면 상승에 초점을 두고 있어, 인위적·자연적 해안선 변화가 주변 연안역에 미치는 영향에 대한 연구는 미비한 실정이다.

이러한 점에서 본 연구는 인위적·자연적 해안선 변화에 따른 연안역의 영향을 평가하고 적절한 대응방안을 제시한다는 점에서 시의성이 높으며, 해안선 변화에 따른 토지이용 변화와 연안 환경변화를 예측하는데 유용한 연구라 할 수 있다. 특히, 최근 전 세계적으로 문제시 되고 있는 기후변화에 의한 해수면 변화와 가장 밀접하게 영향을 받는 지역이 해안지역으로서, 이 분야 연구에 대한 기초자료로 활용될 수 있다는 점에 의의가 있다.

그동안 이 연구를 맡아 성실하게 추진해 온 공주대학교 장동호 교수님과 우리 연구원의 윤정미 박사, 공주대학교 김장수 연구원의 노고에 감사의 뜻을 표합니다.

2009년 12월 31일

충남발전연구원장 김 용 용





# 연구요약

## 1. 연구 배경 및 목적

근대 산업혁명이후 인구의 증가, 도시화, 산업화 등이 급속히 진행되면서 수요와 공급의 균형을 유지하기 위한 자원의 개발이 현재 시급한 문제로 대두되고 있으며, 동시에 자원의 개발과는 상호 모순되는 것처럼 여겨지는 자원의 보존, 환경의 변화 역시 당면한 문제점으로 대두되고 있다.

우리나라는 해양과 육지에 대해 관심이 풍부하고 그에 대한 자료수집 및 관리를 철저히 하고 있으나, 해양과 육지의 접경지역인 연안지역에 대해서는 국가적 관심부족으로 상대적으로 관리가 소홀한 편이다(최철웅 외, 2001). 최근 들어 정확한 원인을 추정하기 어려운 너울성 파도로 인한 인명피해가 발생하고, 원유 유출 사건으로 인간생활 및 생태계가 막대한 피해를 입는 등 해안지역이 주요 관심지역으로 떠오르고 있는 실정이다. 또한 기후변화에 의한 해수면 상승 시 가장 먼저 영향을 받는 곳은 해안지역으로, 해안지역에 대한 정확한 이해와 데이터 구축이 필요한 실정이다.

충남 해안지역은 독특하고 대체 불가능한 자연생태계(사빈, 간석지, 해양생물 등)를 보유하고 있을 뿐만 아니라 수송, 산업시설, 자원, 관광 등 사회경제적으로도 매우 중요한 지역으로 인위적 혹은 자연적인 해안선 변화가 사회경제적으로 미치는 영향에 대해 관심이 필요한 지역이다. 특히, 인위적인 해안선의 변형은 주변 토지이용에 변화를 주고 이러한 토지이용의 변화는 그곳에 거주하는 지역주민들에게 직간접적인 영향을 미친다.

특히 태안반도지역은 과거부터 염전개발이나 농경지 확보를 위해 다양한 규모의 간척이 행해진 곳으로 우리나라에서 해안선의 변화가 심한 곳 중 하나이다. 이러한 해안선 변화가 지역에 미친 사회·경제적 영향을 파악하고 데이터 구축을 통해 해안선 변화를 방지하기 위한 대책마련이 필요하다.

본 연구의 목적은 인위적 혹은 자연적 해안선 변화에 따른 연안역의 영향을 평가하고 적절

한 대응방안을 제시함으로써 효율적인 연안역 관리 및 장기적인 국토관리계획에 대한 기초자료를 제공하는 것이다. 이를 위해 과제에서는 고지형도와 위성영상 자료를 이용하여 태안반도 지역의 해안선 모습 및 현황을 파악하고 해안선의 변화를 정량적으로 도출한 후, 해안선의 변화가 연안역의 환경변화에 미치는 영향력 도출 및 토지이용 변화를 알아보고자 한다. 본 연구의 세부 연구 목표는 다음과 같다.

- 1910년대부터 현재에 이르기까지의 지형도를 이용하여 태안반도 지역에서의 해안선 변화를 정량적으로 도출
- 위성영상을 이용하여 1970년대부터 현재까지 10년 주기의 토지피복 변화를 파악
- 갯벌의 토지이용을 분류하고 간척에 따른 갯벌의 토지피복 변화 파악
- 위성영상 분류를 통한 해안선의 침식 및 퇴적양상 파악
- 현지 설문조사 및 문헌조사를 통한 해안선 변화의 원인 및 그 영향이 지역주민에 미친 영향 조사

## 2. 주요 연구내용

일제 강점기부터 현재에 이르기까지 발행된 지형도와, 1970년대부터 현재까지의 위성영상을 가지고, GIS 및 원격탐사 기법을 이용하여 태안반도 지역의 해안선 및 육지면적 변화, 토지이용 변화, 갯벌의 토지이용 변화, 조간대 지역의 퇴적환경 변화 등을 분석하였고, 과거 간척이 이루어졌거나 현재 간척이 진행 중인 지역에서 설문조사 및 인터뷰를 실시하여 간척에 따른 지역 주민들의 의식 변화를 조사하였다.

GIS 기법을 이용하여 1910년대부터 2000년대까지의 지형도를 중첩 분석한 결과, 1910년대 태안반도 해안선의 길이는 811.6km에서 간척에 의해 그 길이가 차차 감소하여 1960년대 540.3km, 1970년대 493.6km, 1980년대 413.8km, 1990년대 392.8km, 2000년대 373.9km로 437.7km가 감소하였고, 반면에 육지면적은 1910년대 349.9km<sup>2</sup>에서 1960년대 442.2km<sup>2</sup>, 1970년대 452.5km<sup>2</sup>, 1980년대 500.6km<sup>2</sup>, 1990년대 508.2km<sup>2</sup>, 2000년대 520.7km<sup>2</sup>로 125.8km<sup>2</sup>가 증가하였다.

원격탐사 기법인 다중시기 중첩분석을 통하여 1972년에서 2008년까지 약 40년간의 위성영

상을 이용하여 간척된 갯벌의 토지이용 패턴을 살펴본 결과 갯벌→습지→호수(양식장포함) 및 염전→논→나대지로 토지이용이 변하는 패턴을 보였다. 이러한 결과는 인위적인 해안선 변화가 토지피복 변화에 큰 영향을 미치고 있는 것을 보여준다.

위성영상의 토지피복 결과를 이용하여 해안선의 변화를 살펴 본 결과 자연 상태의 현재 태안반도 지역 해변은 전체적으로 후퇴하고 있거나 퇴적환경의 변화를 겪고 있는 것으로 나타났다. 이러한 현상이 자연적인 것인지 아니면 태안반도 지역에서 활발히 진행되었던 간척에 의한 영향인지는 추후 연구가 더 필요한 실정이다. 반면에 인위적인 항만건설이나 방파제 건설, 도선장 건설 등으로 해안선이 증가한 곳도 있는데, 대표적인 지역이 태안화력발전소 인근지역과 모항 지역, 안흥 신항만 지역 등이다. 이 세 곳에서는 약 12km의 해안선이 증가한 것으로 나타났다.

갯벌의 간척에 대한 지역주민들의 의식을 파악하기 위해 현지 설문조사와 인터뷰를 실시하였는데, 1980년대 이전에 간척한 지역은 식량 자급과 자연재해로부터의 탈피라는 긍정적인 견해를 보이고 있는데 반하여, 그 이후에 간척하거나 간척이 진행되고 있는 지역은 지역주민의 소득이 감소했다는 측면에서 부정적인 견해를 보이고 있다. 이러한 상반된 결과는 과거에 비해 현재 농지에서 생산되는 생산물의 경제적 가치가 갯벌에서 생산되는 생산물의 가치보다 떨어지기 때문인 것으로 조사되었다.

### 3. 결론 및 정책제언

간척지 또는 갯벌(tidal flat)은 조류에 의하여 운반되는 점토·실트 등의 세립물질이 일반적으로 파랑의 작용을 적게 받는, 물이 잔잔한 해안에 퇴적되어 생기는 평탄한 지형을 가리키는데, 만조 때에는 침수되나 간조 때에는 대기 중으로 노출되는 것이 특징이다. 갯벌의 발달하기 위해서는 조차가 심하고 거파의 영향이 적으며 해저 경사가 비교적 완만하여야 하는데, 우리나라의 서해안은 이 조건을 모두 갖추고 있어 북해연안, 아마존강 유역, 미국 동부, 캐나다 동부와 함께 세계 5대 갯벌 발달지역의 하나로 평가되고 있다.

태안반도 지역은 대소의 만입지에 조선시대 이전부터 간척이 이루어졌고, 이러한 간척은 태안반도 지역의 해안선 및 육지면적 뿐만 아니라 연안역의 퇴적환경 및 그곳에 거주하는 지역주민들의 생활패턴에도 영향을 미쳤다.

간척에 대한 지역주민들의 패러다임이 바뀌고 있는 것으로 조사되고 있어, 추후 연안역에서의 농지 확보를 위한 토목·건설 공사 시 지역주민과의 원만한 협의가 필요할 것으로 요구된다. 또한, 인위적인 해안선 변화가 주변지역의 토지이용변화에 큰 영향을 미치고 있는 것으로 나타났다. 특히 인공구조물에 의한 조류나 조석의 흐름과 세기가 연안역에 어떠한 영향을 미치는 지에 대한 심층적이고 장기적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

이러한 결과를 바탕으로 향후 타 지역에 인위적으로 해안선의 변화를 가할시 토지이용의 변화나 연안환경변화를 예측하는데 활용될 수 있을 것으로 기대되고, 전 세계적으로 이슈가 되고 있는 기후변화에 의한 해수면 변동 시 가장 먼저 영향을 받는 지역이 연안역 이므로 해안 지역에 대한 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

# 차 례

제1장 서론	1
1. 연구의 필요성 및 목적	1
2. 연구 방법 및 선행연구 현황	2
1) 연구방법	2
2) 선행연구현황	4
(1) 국외연구	4
(2) 국내연구	5
(3) 선행연구와의 차별성	5
3. 연구지역 개관	7
1) 태안반도의 지형	7
2) 태안반도 지역의 간척	9
제2장 서해안의 해양 환경	13
1. 한반도 서해안의 해수면 변동	13
2. 서해안의 간석지 지형	16
1) 간석지 지형의 형성	16
2) 간석지의 가치와 기능	18
3) 서해안 간석지의 분포	21
3. 조류와 조석간만의 차	23
1) 서해안의 해황	23
2) 조석	25
제3장 GIS를 이용한 태안반도지역의 해안선 변화	27
1. 연구방법	27

1) 지리정보시스템(GIS) .....	27
2) GIS 구성요소 .....	29
3) GIS의 분석방법 .....	30
2. 사용자료 .....	31
3. 지형도를 통한 태안반도 지역의 해안선 및 면적변화 .....	35
1) 시기별 해안선 및 면적 .....	35
2) 중첩분석을 통한 기간별 변화 분석 .....	39
<b>제4장 다중시기 원격탐사 자료를 이용한 토지이용 변화 .....</b>	<b>43</b>
1. 연구방법 .....	43
1) 원격탐사 자료의 전처리 .....	44
2) 영상분류(classification) .....	46
3) 분류의 정확도 측정(classification) .....	48
4) 선분류 후비교법(Post-Classification Comparison) .....	49
2. 분석에 이용된 원격탐사 자료 .....	50
3. 태안반도 지역의 토지피복변화 .....	51
1) 1972년 토지피복 .....	51
2) 1984년 토지피복 .....	53
3) 1991년 토지피복 .....	54
4) 2000년 토지피복 .....	55
5) 2008년 토지피복 .....	57
4. 갯벌의 토지이용변화 .....	58
1) 각 시기별 갯벌의 토지이용 .....	58
2) 갯벌의 토지이용변화 탐지 .....	66
3) 갯벌 및 해빈 변화 .....	69
<b>제5장 간척사업에 대한 지역민들의 의식조사 .....</b>	<b>73</b>
1. 설문조사 지역 및 설문방법 .....	73
2. 설문결과 .....	74

제6장 요약 및 정책적 제언 .....	81
1. 요약 .....	81
2. 활용효과 및 방안 .....	82
3. 향후 과제 .....	83
참고문헌 .....	85



# 표 차 례

<표 1> 선행연구 요약 및 차별성 .....	6
<표 2> 우리나라 간척사업의 변천 .....	9
<표 3> 태안반도 지역의 방조제 현황 .....	11
<표 4> 태안반도 지역의 배수장 현황 .....	11
<표 5> 태안반도 지역의 양수장 현황 .....	12
<표 6> 태안반도 지역의 저수지 현황 .....	12
<표 7> 우리나라 갯벌에서의 종류별 연간 총생산량 .....	19
<표 8> 행정구역별 갯벌의 면적 .....	22
<표 9> GIS 활용 및 현황 .....	28
<표 10> 연구에 사용된 일제시대 지형도 목록 .....	32
<표 11> 연구에 사용된 대야 도폭 지형도 목록 .....	32
<표 12> 연구에 사용된 안면 도폭 지형도 목록 .....	33
<표 13> 연구에 사용된 간월 도폭 지형도 목록 .....	33
<표 14> 연구에 사용된 장고 도폭 지형도 목록 .....	33
<표 15> 연구에 사용된 방갈 도폭 지형도 목록 .....	33
<표 16> 연구에 사용된 고과 도폭 지형도 목록 .....	34
<표 17> 연구에 사용된 소원 도폭 지형도 목록 .....	34
<표 18> 연구에 사용된 태안 도폭 지형도 목록 .....	34
<표 19> 연구에 사용된 근흥 도폭 지형도 목록 .....	34
<표 20> 연구에 사용된 달산 도폭 지형도 목록 .....	35
<표 21> 1917년~2004년 사이 태안반도 지역의 해안선 길이 및 면적 변화 .....	37
<표 22> 연구에 사용된 위성영상 제원 .....	51
<표 23> 1972년 10월 토지이용 .....	52
<표 24> 1984년 7월 토지이용 .....	54

<표 25> 1991년 10월 토지이용 .....	54
<표 26> 2000년 11월 토지이용 .....	56
<표 27> 2008년 9월 토지이용 .....	58
<표 28> 1972년 갯벌의 면적 .....	59
<표 29> 1984년 갯벌의 면적 .....	60
<표 30> 1991년 갯벌의 면적 .....	61
<표 31> 2000년 갯벌의 면적 .....	61
<표 32> 2008년 갯벌의 면적 .....	62
<표 33> 정확도 검증결과: 사용자 정확도(%) .....	64
<표 34> 정확도 검증결과: 생산자 정확도(%) .....	64
<표 35> 정확도 검증결과: 전체 정확도(%) .....	64
<표 36> 1972년 분류정확도 평가 error matrix .....	65
<표 37> 1984년 분류정확도 평가 error matrix .....	65
<표 38> 1991년 분류정확도 평가 error matrix .....	65
<표 39> 2000년 분류정확도 평가 error matrix .....	66
<표 40> 2008년 분류정확도 평가 error matrix .....	66
<표 41> 1972~1984년 갯벌의 토지이용 변화탐지 Matrix .....	67
<표 42> 1984~1991년 갯벌의 토지이용 변화탐지 Matrix .....	67
<표 43> 1991~2000년 갯벌의 토지이용 변화탐지 Matrix .....	68
<표 44> 2000~2008년 갯벌의 토지이용 변화탐지 Matrix .....	69

# 그림 차례

<그림 1> 연구의 흐름도 .....	3
<그림 2> 연구지역 위치도 .....	4
<그림 3> 태안반도 지역의 해저지형도 .....	8
<그림 4> 1963년부터 2007년까지 태안군 읍면별 면적변화 .....	10
<그림 5> 위스콘신 빙하기의 LGM 때에 위치한 고해안선(paleocoastline) .....	14
<그림 6> 한국 서해 곰소만 해역에서의 해수면 변동곡선 .....	16
<그림 7> 한국 서해안에서의 후기 홀로세 동안의 해수면 변화 .....	16
<그림 8> 간석지 지형의 구분 .....	17
<그림 9> 해양생물자원의 분포 .....	20
<그림 10> 충남의 간석지 분포도 .....	23
<그림 11> 서남해안 해류 및 수괴분포 .....	24
<그림 12> 한반도 근해의 대조차 .....	26
<그림 13> 서해연안의 조차 .....	26
<그림 14> GIS의 구성요소 .....	29
<그림 15> 조선총독부에서 1917년 발행된 1:50,000 안면도 남부 도폭 .....	31
<그림 16> 1910년대 지형도 .....	35
<그림 17> 1960년대 지형도 .....	35
<그림 18> 1970년대 지형도 .....	36
<그림 19> 1980년대 지형도 .....	36
<그림 20> 1990년대 지형도 .....	37
<그림 21> 2000년대 지형도 .....	37
<그림 22> 1910년대에서 2000년대 사이의 해안선 및 면적 변화 .....	38
<그림 23> 태안반도지역의 1910년대에서 2000년대 사이의 해안선 .....	38
<그림 24> 1910년대~1960년대 해안선변화 지역 .....	40

<그림 25> 1960년대~1970년대 해안선변화 지역 .....	40
<그림 26> 1970년대~1980년대 해안선변화 지역 .....	41
<그림 27> 1980년대~1990년대 해안선변화 지역 .....	41
<그림 28> 1990년대~2000년대 해안선변화 지역 .....	42
<그림 29> 기하보정 개념도 .....	45
<그림 30> 태안반도 지역의 1972년 10월 토지이용 현황 .....	52
<그림 31> 태안반도 지역의 1984년 7월 토지이용 현황 .....	53
<그림 32> 태안반도 지역의 1991년 10월 토지이용 현황 .....	55
<그림 33> 태안반도 지역의 2000년 11월 토지이용 현황 .....	56
<그림 34> 태안반도 지역의 2008년 9월 토지이용 현황 .....	57
<그림 35> 1972년 태안반도 갯벌지역의 토지이용현황 .....	59
<그림 36> 1984년 태안반도 갯벌지역의 토지이용현황 .....	59
<그림 37> 1991년 태안반도 갯벌지역의 토지이용현황 .....	60
<그림 38> 2000년 태안반도 갯벌지역의 토지이용현황 .....	60
<그림 39> 2008년 태안반도 갯벌지역의 토지이용현황 .....	62
<그림 40> 1972년~2008년 사이 해빈의 자연적 변화 1 .....	70
<그림 41> 1972년~2008년 사이 해빈의 자연적 변화 2 .....	70
<그림 42> 1972년~2008년 사이 해빈의 인위적 변화 .....	72
<그림 43> 설문조사지역 위치도 .....	73
<그림 44> 설문응답자 연령분포 .....	75
<그림 45> 설문응답자 성비 .....	75
<그림 46> 현거주지에서의 거주기간 .....	75
<그림 47> 현거주지의 간척역사 인지유무 .....	75
<그림 48> 간척사업 이전의 직업 .....	76
<그림 49> 간척사업 이후의 직업 .....	76
<그림 50> 간척사업 이전의 어업방식 .....	76
<그림 51> 간척사업 이전의 농업방식 .....	76
<그림 52> 간척사업 후 어업방식의 변화유무 .....	77
<그림 53> 간척사업 후 변화된 어업방식 .....	77

<그림 54> 간척사업 후 농업방식의 변화유무 .....	77
<그림 55> 간척사업 후 변화된 농업방식 .....	77
<그림 56> 간척사업 후 어업분야에서 가장 큰 변화 .....	78
<그림 57> 간척사업 후 농업분야에서 가장 큰 변화 .....	78
<그림 58> 간척사업이 이득이 되었다고 생각되는 점 .....	79
<그림 59> 간척되기 전으로 되돌리고 싶은지 유무 .....	79

# 제1장 서론

## 1. 연구의 필요성 및 목적

근대 산업혁명 이후 인구의 증가, 도시화, 산업화 등이 급속히 진행되면서 수요와 공급의 균형을 유지하기 위한 자원의 개발이 현재 시급한 문제로 대두되고 있으며, 동시에 자원의 개발과는 상호 모순되는 것처럼 여겨지는 자원의 보존, 환경의 변화 역시 당면한 문제점으로 대두되고 있다.

우리나라는 해양과 육지에 대해 관심이 풍부하고 그에 대한 자료수집 및 관리를 철저히 하고 있으나 해양과 육지의 접경지역인 연안지역은 국가적 관심부족으로 상대적으로 관리가 소홀한 편이다(최철웅 외, 2001). 최근 들어 정확한 원인을 추정하기 어려운 너울성 파도로 인해 인명피해가 발생하고, 원유 유출 사건으로 인간생활 및 생태계가 피해를 입는 등 해안지역이 주요 관심지역으로 떠오르고 있는 실정이다. 또한 기후변화에 의한 해수면 상승 시 가장 먼저 영향을 받는 곳은 해안지역으로, 해안지역에 대한 정확한 이해와 데이터 구축이 필요한 실정이다.

충남 해안지역은 독특하고 대체 불가능한 자연생태계(사빈, 간석지, 해양생물 등)를 보유하고 있을 뿐만 아니라 수송, 산업시설, 자원, 관광 등 사회경제적으로도 매우 중요한 지역으로 인위적 혹은 자연적인 해안선 변화가 사회·경제적으로 미치는 영향에 대해 관심이 필요한 지역이다. 특히, 인위적인 해안선의 변형은 주변 토지이용에 변화를 주고 이러한 토지이용의 변화는 그 곳에 거주하는 지역주민들에게 직간접적인 영향을 미친다.

특히 태안반도지역은 과거부터 염전개발이나 농경지 확보를 위해 다양한 규모의 간척이 행해진 곳으로 우리나라에서 해안선의 변화가 심한 곳 중 하나이다. 이러한 해안선 변화가 지역에 미친 사회·경제적 영향을 파악하고 데이터 구축을 통하여 해안선 변화를 방지하기 위한 대책마련이 필요하다.

본 연구의 목적은 인위적 혹은 자연적 해안선 변화에 따른 연안역의 영향을 평가하고 적절한 대응방안을 제시함으로써 효율적인 연안역 관리 및 장기적인 국토관리계획에 대한 기초자

료를 제공하는 것이다. 이를 위해 본 과제에서는 고지형도와 위성영상 자료를 이용하여 태안 반도지역의 해안선 모습 및 현황을 파악하고 해안선의 변화를 정량적으로 도출한 후, 해안선 변화로 인한 연안역의 환경변화에 미치는 영향력 도출 및 토지이용 변화를 알아보고자 한다. 본 연구의 세부 연구 목표는 다음과 같다.

- 1910년대부터 현재에 이르기까지의 지형도를 이용하여 태안반도 지역에서의 해안선 변화를 정량적으로 도출
- 위성영상을 이용하여 1970년대부터 현재까지 10년 주기의 토지피복 변화를 파악
- 갯벌의 토지이용을 분류하고 간척에 따른 갯벌의 토지피복 변화 파악
- 위성영상 분류를 통한 해안선의 침식 및 퇴적양상 파악
- 현지 설문조사 및 문헌조사를 통한 해안선 변화의 원인 및 그 영향이 지역주민에 미친 영향 조사

## 2. 연구 방법 및 선행연구 현황

### 1) 연구방법

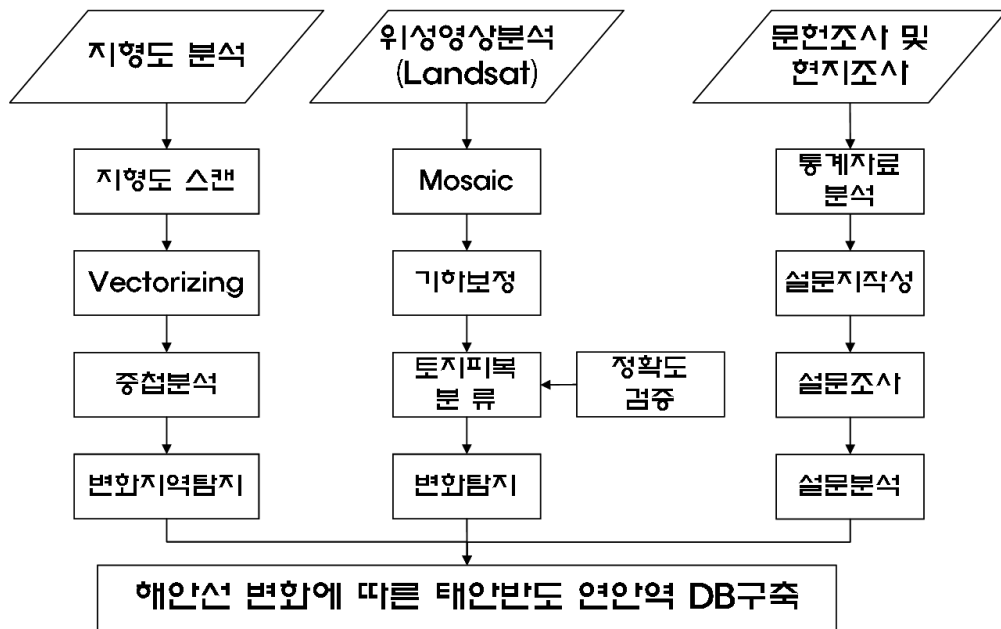
본 연구는 태안반도 지역에서의 인위적 혹은 자연적 해안선 변화에 따른 연안역의 영향을 평가하고자 GIS 및 원격탐사 기법을 이용하여 다음과 같은 연구방법을 수행하였다.

첫째, 해안선의 길이 변화를 정량적으로 파악하기 위하여 1910년 이후 발행된 지형도를 이용하여 태안반도에서 해안선이 어떻게 변화하였는지 파악하고자 하였다. 각 시기별 지형도를 이용 해안선의 모양 및 길이의 변화를 정량적으로 파악하고, 육지면적 변화를 정량적으로 산출하여 대상기간 동안 어느 정도의 변화가 있었는지 파악하였다.

둘째, 연구지역인 태안반도의 토지이용 변화를 파악하기 위하여 항공사진 및 위성영상을 이용하여 1970년 이후부터 현재까지 태안반도의 토지이용도를 작성하였다. 작성된 토지이용도를 해안선 변화 전후를 바탕으로 중첩분석을 통해 해안선 변화가 어떠한 토지이용의 변화를 가져왔는지 파악하였다. 또한 다중시기 분석방법으로 갯벌의 토지이용변화를 분석하여 간척 후 갯벌의 토지이용이 어떠한 패턴을 가지고 변화하였는지 분석하였다. 갯벌에 대한 토지이용도를 이용하여 해안선을 추출하고 자연적 혹은 인위적인 요인에 의해 해안선이 전진 혹은 후퇴

하는지에 대해 조사하였다.

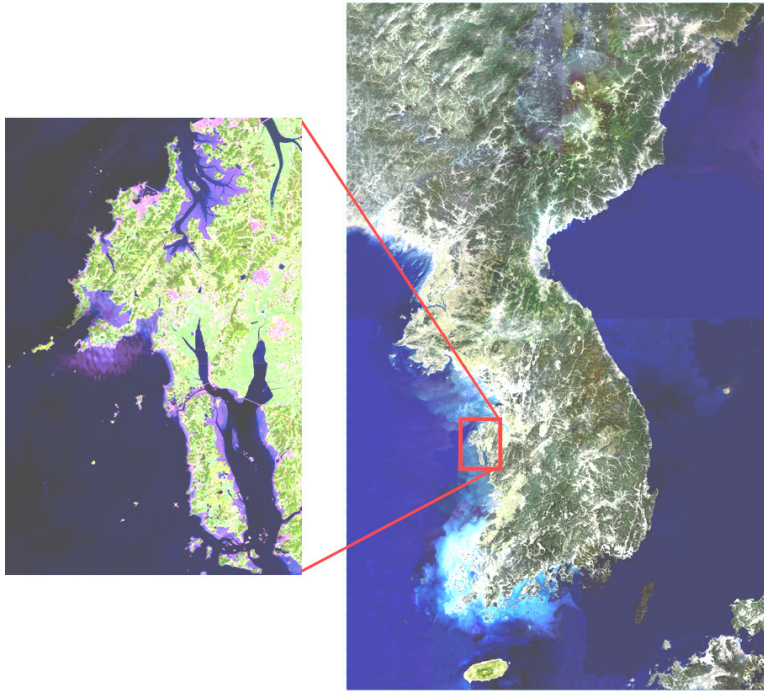
셋째, 문헌조사 및 설문조사를 통하여 해안선 변화를 가져온 원인과 결과가 지역주민들에게 미친 영향을 조사하였다. 설문조사는 과거 간척이 행해졌거나 현재 간척이 진행 중인 마을을 대상으로 실시하였으며, 설문과 동시에 인터뷰조사를 병행하여 간척사업으로 인한 해안선 변화 전후의 생활방식의 변화를 마을단위로 비교·분석하였다.



〈그림 1〉 연구의 흐름도

본 연구의 공간적 범위는 태안반도에 위치한 태안군 지역 중 2008년 현재 교량으로 연결된 섬을 포함한 지역으로 한정하였으며, 시간적 범위는 지형도 분석의 경우 일제시대 발행된 1910년대 지형도부터 2000년대 지형도까지 약 90년간의 지형도와 1972년부터 2008년까지 약 40년간의 위성영상이다.





〈그림 2〉 연구지역 위치도

## 2) 선행연구현황

### (1) 국외연구

환경변화에 의한 해안지역의 해안선 변화와 관련된 국외연구의 대부분은 해수면 고도와 관련된 조석현상 규명에 관한 연구들이다. 1960년대와 1970년대 초반 유럽에서 개발된 조석현상 규명을 위한 수치모델링 연구는 북해연안에서 발생한 대규모 해일에 의한 인적, 물적 피해가 발생함에 따라 그 필요성에 의해서 주로 유럽 연구소에서 경쟁적으로 개발되기 시작하였다. 그 중 영국해양연구소, 네덜란드 수리연구소(Delft hydraulic Institute), 덴마크 수리연구소(Danish Hydraulic Institute, DHI) 등이 모델 개발 분야 등에서 두드러진다. 미국의 경우 상대적으로 유럽에 비해 개발이 늦었으나, 인공위성 관측기술을 보유하여 자료 자동화 기법분야를 중심으로 연구를 진행하였다.

프랑스와 미국은 해수면 높이를 관측하여 해수면 변화와 조위정보를 얻기 위한 Topex/Poseidon(T/P) 고도관측위성을 공동으로 발사 1992년 이래 자료를 수신, 분석하고 이들 정보를 조위 예측모델이나 순환모델과 연계하여 조위를 포함한 해수위 변화에 대한 많은

연구를 수행하였다. 2001년 12월에는 T/P에 이어서 JASON이라는 고도관측위성이 발사되어, 현재 T/P를 대신할 위성으로의 역할을 수행하고 있다. 일본의 경우도 해수면 상승에 의한 피해 저감노력과 관련하여 동경만의 조위 상승에 대처하기 위해 동경만 고조대책위원회를 운영하는 등 조위나 해일에 의한 피해를 줄이기 위한 많은 노력을 경주하고 있다.

## (2) 국내연구

국내에서는 1997년 여름 서해일원 해수범람 피해가 발생하여 이때를 시작으로 서해안 해수범람흔적조사 및 종합대책 수립(행정자치부, 1998), 해안재해 피해조사방법과 범람도 제작 및 자료기반화 지침작성 용역(행정자치부, 1999) 등이 수행되었다. 이러한 연구를 통해 군산내항과 목포항에서의 조위 혹은 연평균해면의 변화를 인근의 방조제 건설과 연관하여 분석자료를 제시하였다. 국립해양조사원(2001, 2003)은 대규모 연안개발에 따른 조위예측 연구를 통해 해안선변화(연안개발사업)에 따른 조위의 변화 관측 및 예측과 함께 그 피해범위를 산정하였다.

해안선 변화 자체에 관한 연구는 다양한 개인연구자에 의해 이루어지고 있다. 최철웅 등(2009)은 GIS 및 RS를 이용하여 광안대교 건설이 부산 광안리 해안선 변화에 어떠한 영향을 미쳤는지에 대해 연구하였고, 류상욱 등(2005)은 현장조사를 통해 천수만의 해안선 변화를 파악하였다. 과학기술부(2007)는 원격탐사 자료를 이용하여 메콩강 하류 및 연안역에서 침식 및 퇴적에 의한 해안선의 변화를 파악하고 이를 연안역 주변의 식생분포와 연계시켜 분석하였다.

## (3) 선행연구와의 차별성

기존 국내 연구에서는 해안선 변화 그 자체 또는 조석이나 해수면 상승에 초점을 맞추어 진행된 연구가 많았다. 따라서 인위적 혹은 자연적 해안선변화가 주변 연안역에 미치는 영향에 대한 연구는 미비한 실정이다.

충남 해안지역은 독특하고 대체 불가능한 자연생태계(사빈, 간석지, 해양생물 등)를 보유하고 있을 뿐만 아니라 수송, 산업시설, 자원, 관광 등 사회경제적으로도 매우 중요한 지역으로 인위적 혹은 자연적인 해안선 변화에 따른 사회경제적으로 미치는 영향에 대해 관심이 필요한 지역이다. 특히, 인위적인 해안선의 변형은 주변 토지이용에 변화를 주고 이러한 토지이용의 변화는 그곳에 거주하는 지역주민들에게 직간접적인 영향을 미친다.

특히 태안반도지역은 과거부터 염전개발이나 농경지 확보를 위해 다양한 규모의 간척이 행해진 곳으로 우리나라에서 해안선의 변화가 심한 곳 중 하나이다. 이러한 해안선 변화가 지역

에 미친 사회·경제적 영향을 파악하고 데이터 구축을 통하여 해안선 변화를 방지하기 위한 대책마련이 필요하다.

따라서, 본 연구에서는 지리정보시스템(GIS: Geographical Information System)과 원격탐사(Remote Sensing) 기법을 이용하여, 태안반도 지역에서의 해안선 변화 및 주변 연안역의 토지 이용변화를 정량적으로 파악하고, 설문조사와 문헌조사를 통해 지역주민들이 받은 사회·경제적 영향을 분석하여, 데이터 구축을 통한 향후 기후변화와 인위적인 환경변화에 따른 해안선 변화에 대한 대책마련에 기초 자료로 제공할 수 있을 것으로 판단된다.

〈표 1〉 선행연구 요약 및 차별성

구 분	선행연구와의 차별성		
	연구목적	연구방법	주요 연구내용
주요 선행 연구	1  <과제명: 대규모 연안 개발에 따른 조위예측 연구(2001), 국립해양조사원>	<ul style="list-style-type: none"> <li>현장연구 및 모델구축을 통한 해수면 변동 연구를 수행</li> <li>해수면 변동 예측 모델을 개발하여 적용</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>지구온난화로 인한 장래 우리나라 주변해역의 해수면 변동 예측기법 개발</li> <li>GFDL MOM 기반으로 한 모델 개발</li> </ul>
	2  <과제명: 해상연안재해 대응기술개발(2003), 기상청>	<ul style="list-style-type: none"> <li>실시간해일 감시기술을 통한 자연재해 예보기술 연구 수행</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>해안선의 지질, 지형학적 특성에 따른 해일에 대한 반응정도 규명</li> </ul>
	3  <과제명: 대규모 연안 개발에 따른 조위예측 연구개발(2003), 해양수산부>	<ul style="list-style-type: none"> <li>대규모연안개발을 고려하여 조위요소를 산출하고 이를 이용한 조위예측</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>연안개발을 고려한 조위요소 산출</li> <li>산출된 조위요소를 이용한 확장된 조위분조 산출</li> </ul>
	4  <과제명: 다시기 메콩강 하류의 하천 지형변화 및 연안환경 모니터링 연구(2007), 과학기술부>	<ul style="list-style-type: none"> <li>항공사진 및 위성사진을 이용하여 해안지역의 시계열적 변화량 산정</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>사구, 습지 등 연안 침식 및 퇴적으로 인한 해안선의 변화탐지</li> </ul>
본 연구	충남태안군의 간척사업에 따른 해안선 및 지표피복변화	<ul style="list-style-type: none"> <li>GIS 및 RS 기법을 이용하여 해안선 길이의 변화 및 주변 연안역의 토지이용변화 분석</li> <li>설문조사를 통해 인위적인 해안선 변화의 영향 파악</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>해안선 길이 변화 시계열적 분석</li> <li>원격탐사 자료를 이용한 토지이용변화 분석</li> <li>문헌조사 및 설문조사를 통해 해안선변화로 인한 지역거주민의 사회·경제적 영향력 분석</li> </ul>

### 3. 연구지역 개관

#### 1) 태안반도의 지형

태안반도 지역의 지형은 태안반도의 동측인 가야산지에서 서쪽으로 뻗은 낮은 산지가 주축을 이루고 중앙부에 솟은 팔봉산(321m)과 백화산(284m)에서 서쪽으로 뻗으면서 침수되어 수많은 만입과 곶(串), 크고 작은 도서를 형성하였다. 북쪽의 대산반도(망월산: 302m)와 이북반도(국사봉: 205m), 남쪽의 안면도(국사봉: 197m), 서쪽의 근흥반도(지영산: 218m), 소원반도(대소산: 221m) 등으로 갈라져 있어 지형의 폭이 좁고, 100~300m 내외의 구릉성산지들이 곳곳에 분포되어 그 사이에 폭이 좁은 곡저평야와 완사면 및 구릉지들이 위치하고 있을 뿐, 하천과 평지의 발달은 아주 미약하다. 다만 해미, 서산시, 태안읍을 잇는 남부지역에 비교적 넓은 평지가 발달하여 있다. 해안지형은 해안선이 복잡한 모식적인 리아스식 해안이며 연안 수심이 얕고 조차가 커서 간석지가 넓게 발달되고 있으나 배후지는 좁다(이봉준, 1977).

이와 같이 산지와 구릉지가 탁월할 뿐만 아니라 이들이 연속되어 기복이 많고 해안평야의 발달도 미약하여 농경 가능지는 좁은 곡저지, 산비탈지, 및 구릉사면이므로 경지의 규모는 작고 형태는 불연속적이다.

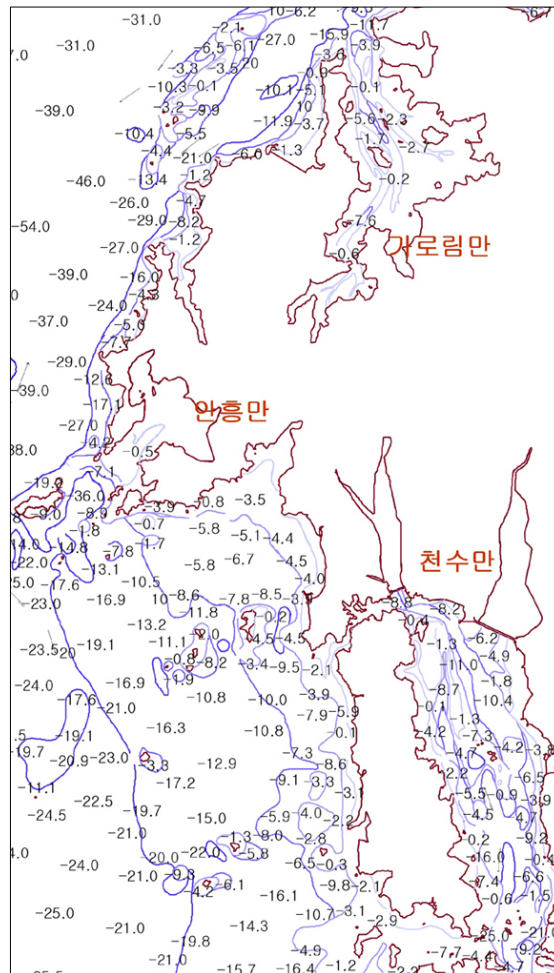
태안반도는 주로 준편마암과 화강암으로 구성되어 있다. 가야산지를 형성하고 있는 화강암층은 서쪽으로 발달하여 반도의 중앙부를 점유하였고, 준편마암층은 그 주변에 발달하여 해안지대를 형성하고 있다. 토양은 이들 모암에서 풍화되어 생성된 사질토가 대부분이며 해안지대에는 해수면의 변동과 간석지에 의하여 형성된 염류토가 분포하여 염전 및 농경지로 이용되고 있다(이봉준, 1977).

태안반도지역의 토양의 대부분을 형성하고 있는 사질토는 원래 배수가 비교적 좋은 토양으로 곳에 따라 차이는 있으나 토층은 대체로 5~10m에 달하고 있으며, 지형과 배수관계는 밀접하여 이 지역에서는 지형관계로 배수현상이 빠르게 나타난다. 이러한 토질은 토지이용에도 영향을 미쳐 과거 조선시대 말까지 밭경작 위주의 토지이용 경관을 보여주고 있다.

태안반도에는 서쪽이나 북서쪽으로 향해 있어 북서 계절풍의 영향을 크게 받는 해빈이 집중적으로 분포해있으며 해수욕장으로 개발되어 관광지로 각광받고 있다(강대균, 2004). 반면에 안면도 동측의 천수만과 태안반도 북측의 가로림만, 근흥만 등과 같은 만입지에는 간석지의 발달이 탁월해 태안반도의 서쪽이나 북서쪽 해안과 이질적인 경관을 보여준다. 특히 천수만에 면한 안면도 동쪽 해안은 넓은 간석지가 발달해 있는데, 이는 천수만의 주요 조수로(tidal

channel)와 갯골(tidal creek)이 보령화력발전소가 입지한 보령시 쪽으로 치우쳐 지나가기 때문이다. 광범위한 간석지는 과거부터 지금까지 크고 작은 간척이 계속 이루어져 해안선이 상당히 전진하였다(장동호, 2001). 해안지역의 지질은 경기육괴의 변성 퇴적암인 서산층군과 경기편마암복합체가 분포하며 대보화강암과 그 밖의 암석의 분포는 극히 한정되어 있다.

충청남도의 여러 만과 도서는 후빙기의 해수면 상승에 의한 해진에 의해 침수되어 형성된 것으로 판단된다. 특히 태안반도 일대의 여러 만은 천수만에서와 같이 해진 이전에 구조선 방향을 따라 차별침식에 의해 형성된 곡들이 침수되어 형성된 것으로 보인다. 태안반도 지역의 수심은 최고 80m 이내이며, 연근해의 수심은 20~30m 정도로서 낮은 편이다.



〈그림 3〉 태안반도 지역의 해저지형도

## 2) 태안반도 지역의 간척

간척의 역사는 매우 오래 전으로 거슬러 올라가며, 비록 규모나 기술적인 면에서는 현재와 비교하지 못할 만큼 뒤떨어졌지만 지속적으로 사람들이 생활하는 여러 곳에서 이루어져 왔다. 그리고 반세기 동안 세계에서 간척사업이 가장 활발했던 곳은 네덜란드의 북해안과 우리나라의 서해안인 것으로 나타나고 있다.

우리나라의 간척지 개간은 고려 때부터 문헌에 등장하며 조선시대를 거쳐 15~16세기를 지나면서 서남 해안의 저습지에서 개간이 활발히 이루어지기 시작한다(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 농지 조성을 목적으로 하는 간척사업은 1248년 몽고 항전시 청천강 하구의 갈대섬에 제방을 축조하여 농지를 조성한 후 군량미를 조달한 데에서 비롯된다.

〈표 2〉 우리나라 간척사업의 변천

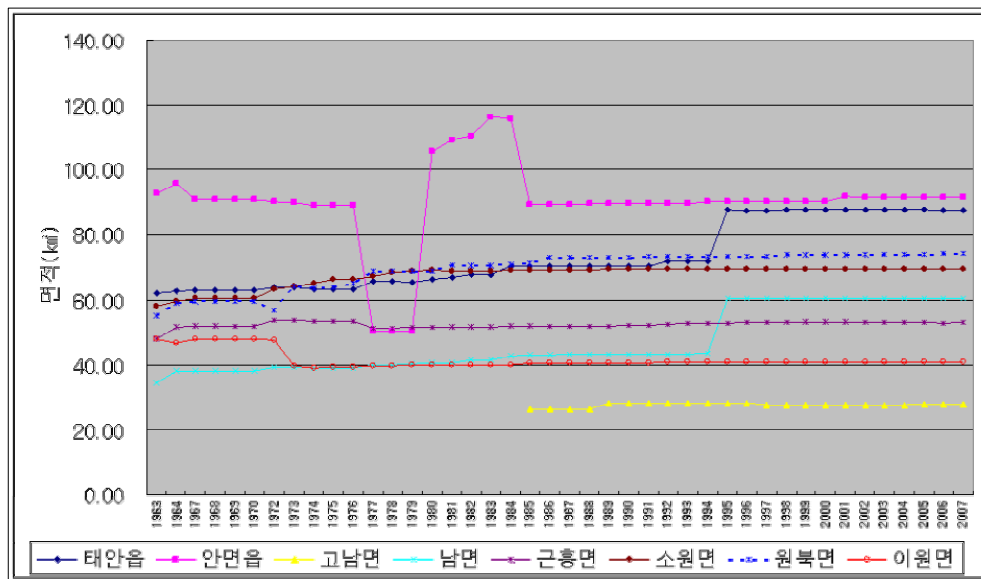
시대 및 년도	사업내용
1248 ~ 1909	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 군량미 조달목적</li> <li>• 안북부(평남) 위도 간척사업, 강화 제포·와포 등 간척사업</li> </ul>
1910 ~ 1945 (일제시대)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 군량미 확보를 위한 미곡증산 목적</li> <li>• 국가에서 직접시행</li> </ul>
1946 ~ 1960 (재건기)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1950년까지는 일본인 철수에 따른 사업마무리</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, 삼교천, 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

고려 및 조선시대에는 농지 확보로 인한 양곡증산 및 군량미 조달을 위해, 일제 강점기에는 식민지에서 미곡증산과 토지개량 사업을 목적으로 간척이 진행되었다. 해방 후에는 기근해결

을 위한 식량증산 목적으로 소규모 간척이 이루어졌고, 1970년대 이후에는 농업종합개발 목적으로 간척이 이루어졌으며, 1990년대 이후에는 다목적 종합개발로 간척사업이 추진되었다.

우리나라 서남해안은 잘 발달한 간척지와 얕은 바다수심, 리아스식 해안으로 만 입구의 양 단간의 거리는 짧으면서도 내부 간척지의 면적이 넓어 짧은 방조제를 축조하고도 넓은 땅을 개발할 수 있어 간척하기 매우 좋은 조건을 가진 곳이다. 또한 연안일대에 산재하는 섬과 섬 사이를 연결하는 방식으로 방조제를 쉽게 축조할 수 있고, 많은 섬들이 바람을 막아 파도가 낮고, 방조제 축조에 필요한 재료를 주변에서 쉽게 구할 수 있다. 지반 토질 또한 방조제 축조 및 토지로의 이용에 적합하여 시공이 용이하여 간척 사업비가 네덜란드나 일본에 비하여 월등히 적게 소요되며 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).



〈그림 4〉 1963년부터 2007년까지 태안군 읍면별 면적변화(서산시·서산군·태안군 통계연보: 1963년~2007년)

조선시대 이전부터 간척이 이루어진 태안반도 지역은 2000년대까지 간척사업이 진행되어 태안군의 읍면별 면적은 꾸준히 증가하고 있는 추세이다. <그림 4>는 1963년부터 2007년까지 태안군 읍면별 면적변화를 나타내고 있다. <그림 4>를 보면 전체적으로 간척사업에 의해 면적



이 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.

태안반도에는 대소의 방조제가 간척사업과 함께 건설되었고, 현재 농어촌공사에서 관리하고 있는 태안군내의 방조제 현황은 <표 3>과 같다.

〈표 3〉 태안반도 지역의 방조제 현황

시설명	종 별	위 치	제체길이(m)	제체높이(m)	착공년도	준공년도
마룡	3종	서산시 부석면 마룡리	580	3.5	1960	1962
어송	1종	서산시 팔봉면 덕송리	490	6.8	1974	1981
원북	3종	태안군 원북면 신두리	310	3	1928	1930
근흥	1종	태안군 근흥면 안기리	480	4.5	1925	1933
창기	2종	태안군 안면읍 창기리	336	3	1938	1940
사창	2종	태안군 이원면 사창리	467	7	1948	1950
승언	1종	태안군 안면읍 승언리	630	6.5	1938	1959
지포	3종	태안군 안면읍 중장리	528	4.2	1956	1960
의항	2종	태안군 소원면 의항리	990	4.5	1975	1977
미포	1종	태안군 안면읍 창기리	506	6	1983	1983

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

대하천이 없는 태안반도에서는 간척에 따른 농경지에 공급할 농업용수를 저장할 대소의 저수지와 경작지에 농업용수를 공급 할 양수시설이 반드시 필요하게 되었다. 현재 농어촌공사하고 양수장은 총 9개소이며, 저수지는 총 18개소이며 그 현황은 <표 4>, <표 5>, <표 6>과 같다. 또한 저지에 방조제를 쌓아 만든 간척지의 특성상 홍수기에 범람에 매우 취약하다. 따라서 간척지의 시설물 보호를 위해서 배수장이 필요하며, 그 현황은 <표 4>와 같다.

〈표 4〉 태안반도 지역의 배수장 현황

시설명	종 별	위 치
근흥	2종	충청남도 태안군 근흥면 안기리

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



〈표 5〉 태안반도 지역의 양수장 현황

시설명	종 별	위 치	착공년도	준공년도
가사	3종	서산시 부석면 가사리	1990	1990
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 6〉 태안반도 지역의 저수지 현황

시설명	종 별	위 치	제체길이 (m)	제체높이 (m)	착공 년도	준공 년도
강수	2종	서산시 부석면 강수리	136	6	1957	1957
마룡	2종	서산시 부석면 마룡리	393	7	1955	1961
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 장곡리	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>

## 제2장 서해안의 해양 환경

### 1. 한반도 서해안의 해수면 변동

태안반도 지역은 해수면 상승에 따른 침수해안으로, 태안반도 지역의 연안지형을 이해하기 위해서는 한반도의 해수면 변동에 대해 이해할 필요가 있다. 한반도의 제4기 후기의 해수면 상승에 관한 연구내용을 살펴보면, 1969년 국내에서는 처음으로 서해의 조간대와 연안에서 획득한 시추 퇴적층의 퇴적학적 분석결과와 탄소연대 측정에 근거한 현세 해수면 변동(Holocene sea-level change of rise)에 대한 연구가 발표되었다(박용안, 1969). 전북 김제 신평천의 연안 조간대 지층이 기본적인 조사 대상으로 선정되었으며, 6m 이상의 깊이까지 주상시료의 채취가 이루어졌고, 이와 관계된 자료는 한국 서해(황해)가 현세 동안에 침수된 현상을 제시하였다. 이러한 초기의 연구 이후 국내의 여러 대학과 연구기관들에 의하여 국지적인 현세 해수면 변동의 과정이 설명되었다.

황해와 남해는 많은 염하구와 만 또는 도서를 포함하는 리아스식 침수해안이다. 해안선의 굴곡은 상당히 심하지만, 넓은 조간대와 인공적인 제방에 의해 그 모양이 점차 단순하게 변하고 있다. 황해와 남해의 현세 후기(Late Holocene) 침수의 증거는 20여 년 동안에 간헐적으로 밝혀지고 있다. 최대 빙하 발달시기(LGM) 동안 해수면이 최저로 낮았을 때, 즉 현재의 해수면보다 약 138m~143m 아래에 있었을 때 한반도는 반도의 형태가 아니라 아시아 대륙의 한쪽에 붙어 있는 대륙의 일부분이며, 그 당시에는 황해(서해), 동지나해 및 남해는 존재하지 않았고 일본열도와 중국 및 한반도는 하나의 대륙으로 존재하였다.

윤순옥(1997)은 한강 최하류부인 일산지역 “가와지곡”에 대한 충적층의 층상구조를 조사한 후 가와지곡의 퇴적환경과 해면변동의 경향을 밝혀내었다. 가와지곡은 외관상 우리가 서해안의 바닷가에서 흔히 볼 수 있는 낮은 구릉지 사이의 골짜기에 끼어 있는 충적평야이다. 그러나 한강의 주기적인 범람에 의한 범람퇴적물로 구성된 표층의 퇴적물 밑으로는 후빙기의 해수면 상승과 관련된 퇴적물이 해면의 변동을 그대로 반영하며 퇴적되어 있음이 확인된다. 특히 후빙기 해진이 가와지곡에 도달된 6,000년경에 퇴적된 대화층에서는 외해성의 규조가 나타나는

것으로 보아, 대화층의 펄은 현재의 서해안에서 볼 수 있는 펄과 똑같은 펄이 오늘날 경지로 이용하고 있는 땅의 아래로 분포되어 있는 것임을 알 수 있다. 이러한 사실로 볼 때 후빙기 해진 때 해수의 도달범위는 현재의 해안선 보다 훨씬 내륙 쪽까지 도달하였음을 알 수 있다.



〈그림 5〉 위스콘신 빙하기의 LGM 때에 위치한 고해안선 (paleocoastline)(박용안 등, 2001)

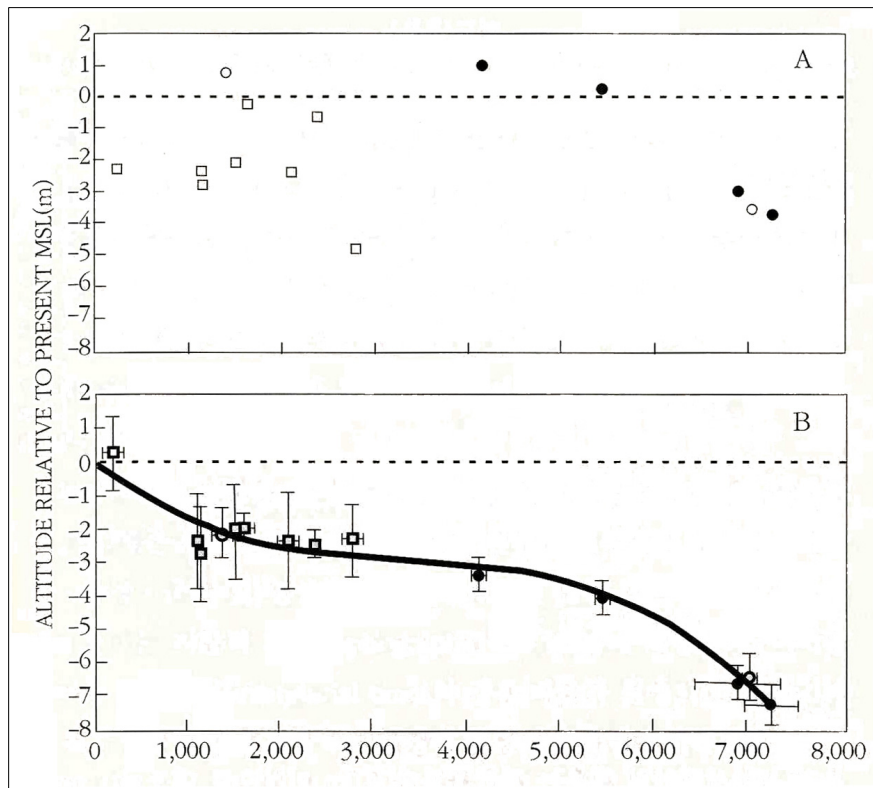
한편 만경강 및 동진강 유역의 충적평야를 연구한 조화룡(1986)에 의하면 이러한 경향은 전 북해안에서도 나타남을 알 수 있다. 하곡충적평야는 만경강과 동진강의 하곡을 중심으로 발달 되어 있으며, 만경강과 동진강의 하구부에서 갑자기 넓어진다. 이 하곡 평야의 충적층을 담고 있는 그릇인 매몰곡은 최종빙기의 저해수면기의 침식으로 형성된 것으로 보인다. 따라서 후빙기의 해진이 이 골짜기에 도달하면서 생긴 만입은 한강하류의 가와지곡에서와 같이 내륙 쪽으로 훨씬 깊숙하게 들어가 있었을 것이다. 그러나, 만경강의 퇴적작용으로 인하여 하도와 범람원이 바다 쪽으로 뺏어나가 현재의 상태에 이르게 되었다고 추측되었다. 범람원 논에서 나타나는 간석지 퇴적물도 이러한 관점에서 이해되어야 한다.

금강 하안에서 만경강 만입으로 연장돼 있는 충적지에서 얻어진 지질주상도로부터 서해안 일대의 해안평야의 발달과정을 이해하는데 도움을 얻을 수 있다. 퇴적층 하부에서도 사력이 나타나지만, 상부는 전부 점토나 세사로 구성돼 있다. 금강 같은 대하천 부근의 간석지는 모래가 많은 것이 보통이다. 그리고 특이한 것은 금강에서 약 3km 내륙에 위치한 주상도에 패각이 두루 포함되어 있다는 것이다. 패류의 종류가 어떤 것인지는 알려져 있지 않지만, 이곳이 과거에 해수 또는 조석의 영향권 내에 있었다는 것을 의미한다.

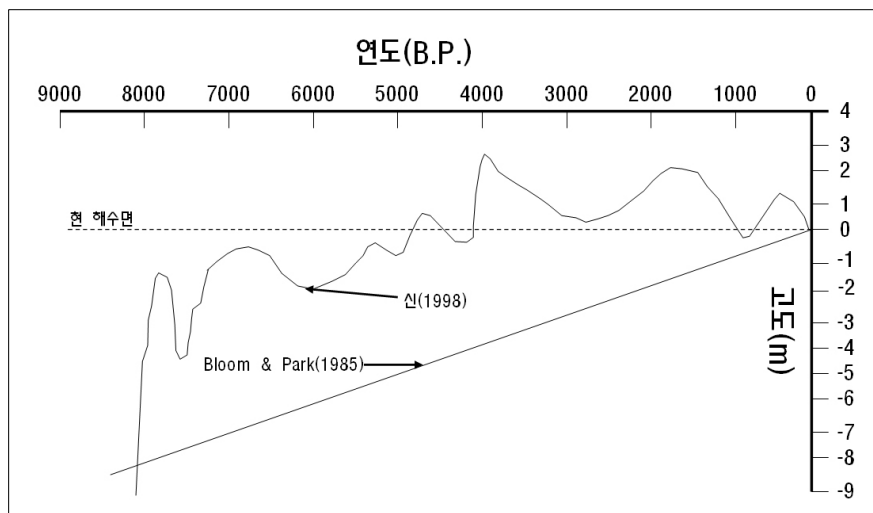
그리고 또 전체 퇴적층의 두께가 매우 두껍다. 금강보다는 만경강 만입에 더 가까운데서 작성한 주상도에 의하면, 40m 깊이에서도 기반암이 나오지 않았다. 또한 구룡지 근처에서 작성한 주상도에서도 그 두께가 약 32m나 된다. 충적층 하부의 매몰곡 심도가 깊고 펄층의 두께가 두껍다는 사실은 이 지역에서 해수면 변동의 폭이 큰 것으로 판단된다. 이렇게 두꺼운 펄층은 하곡충적평야의 하부까지 연장되어 있음이 이리 부근과 삼례 부근의 만경강 연안 충적평야의 충적층 횡단 구조에서 밝혀졌다. 만경강 하구로부터 약 50km 상류 쪽 만경강 북안에 위치하는 삼례 부근의 충적층 시추 주상도에서는 현 범람원 퇴적층 하부에 해성규조와 염생습지성 초본 식물인 나문재와 갈대의 화분이 산출되는 조간대 퇴적층이 15m 두께로 나타났다.

박용안(1969)은 방사능 탄소연대 측정에 근거하여 국내 최초의 현세 해수면 곡선을 제시하였고, 한국 서해의 해수면은 지난 4,000년 이후 평균 4.3cm/100yr의 속도로 상승하였다고 보고하였다. 장진호(1996)는 한국 서해안 곰소만 해역에서 탄소연대 측정에 의한 해수면 변화를 제시하였는데, 이 자료에 의하면 지난 7,000년 전에 평균 해수면은 현재의 해수면 6.5m 아래에 위치하였고, 4,000년 전에는 3m 아래에, 그리고 2,000년 전에는 약 2.5m 아래에 위치하였다. 또한 해수면이 지난 5,000년까지 매우 빠르게 상승하다가 5,000~2,000년 사이에 매우 완만한 상승을 보였으며, 2,000년 이후에는 다시 빠르게 상승하였음을 나타낸다. 전반적으로 서해의 해수면은 적어도 지난 7,000여 년 동안 큰 진동이 없이 지속적으로 상승하여 현재의 수준에 도달한 것으로 해석된다.

한편 우리나라의 동해안에 있어서도 해수면이 10,000년 전 이후 급격히 상승하여 6,000년 전 경에 현재와 비슷한 위치에 도달하고, 그 이후 미변동을 거듭하였으며, 현재보다 다소 높은 시기도 존재하였음이 밝혀졌다.



〈그림 6〉 한국 서해 곰소만 해역에서의 해수면 변동곡선(장진호 등, 1966)

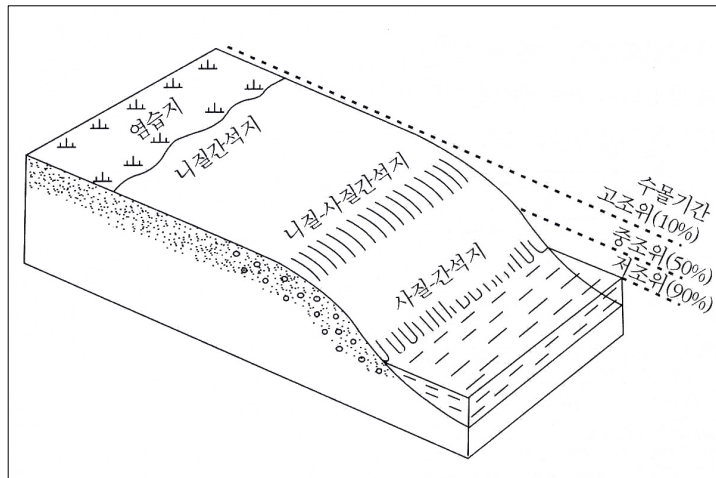


〈그림 7〉 한국 서해안에서의 후기 홀로세 동안의 해수면 변화(고철환, 2001)

## 2. 서해안의 간석지 지형

### 1) 간석지 지형의 형성

간석지 또는 갯벌(tidal flat)은 조류에 의하여 운반되는 점토·실트 등의 세립물질이 일반적으로 파랑의 작용을 적게 받는, 물이 잔잔한 해안에 퇴적됨으로써 생기는 평탄한 지형을 가리키는데, 만조시에는 침수되나 간조시에는 대기 중으로 노출되는 것이 특징이다. 갯벌의 발달에는 조차가 심하고 거파의 영향이 적으며 해저 경사가 비교적 완만하여야 하는데, 우리나라의 서해안은 이 조건을 모두 갖추고 있어 북해연안, 아미존강 유역, 미국 동부, 캐나다 동부와 함께 세계 5대 갯벌 발달지역의 하나로 평가된다(최성길, 1999).



〈그림 8〉 간석지 지형의 구분(박삼옥 등, 2002)

구성 물질에 따라 사질간석지, 니질간석지, 니질-사질간석지로 구분할 수 있다. 사질갯벌은 바닥이 주로 모래질로 형성되어 있지만, 해안 가까운 갯골이나 조수로에서는 점토가 있는 곳도 있다. 저질의 모래 알갱이의 평균 크기는 0.2~0.7mm 정도로 중사에 속한다고 할 수 있다. 유기물 함량은 1~2% 정도로 적은 편이고 미사와 점토 성분이 차지하는 니질 비율도 대체로 4%를 넘지 않는다.

니질간석지는 모래가 차지하는 비율이 10% 이하에 불과하나 반대로 점토 함량은 90% 이상에 달하는 갯벌이다. 니질 함량이 비교적 높은 니질간석지에서는 사질간석지보다 퇴적물의 간극이 좁아 산소나 먹이를 포함하는 바닷물이 점토 속 깊이 침투하기 어렵다. 따라서 이곳

에 서식하는 생물들은 지표면에 구멍을 내거나 관을 만들어 이를 통해 바닷물이 침투되도록 한다.

니질-사질간석지는 혼성갯벌이라고도 하는데 모래와 점토가 각각 90% 미만으로 섞여 있는 퇴적물로 구성된 간석지이다. 점토가 더 많으면 사니질간석지, 모래가 더 많으면 니사질간석지로 구분할 수 있다. 그러나 지역에 따라서 같은 지역이라 할지라도 부분적으로 상부와 하부가 다를 수 있고, 주변 해안선의 형태에 따라서 좌우측으로 모래와 점토의 비율이 각기 다양하게 달라질 수 있다.

## 2) 간석지의 가치와 기능

영국의 과학 전문지인 네이처에 의하면 연안습지의 행태적 가치는 1ha(0.01km<sup>2</sup>)당 9,900달러로 농경지의 가치인 92달러보다 100배 이상의 가치를 가진 것으로 평가되고 있다. 우리나라 환경부에서 평가한 자료에 의하면 우리나라 갯벌의 가치는 네이처보다 높은 23,315달러로 평가하고 있다. 이는 우리나라 갯벌이 수산물의 생산과 어류의 서식지로서 그 가치가 높기 때문이다. 다만, 환경부에서 평가한 자료에서는 갯벌의 자연재해조절 항목과 원료공급 항목을 평가하지 않았다. 이 자료에 따르면 우리나라 갯벌의 경제적 가치는 경작(논)보다 약 3.3배가량 높다고 한다.

갯벌의 기능은 크게 오염물질의 정화작용, 수산물의 생산지, 수생생물의 서식지, 자연재해 예방, 문화·교육적 기능으로 나눌 수 있다.

갯벌의 정화작용은 크게 물리적인 측면과 생물적인 측면 두 가지로 생각할 수 있다. 물리적 측면이란 정화작용 그 자체가 아니라 정화를 촉진시키는 조건을 제공하는 것으로 여기에는 조석과 파랑의 역할이 크다. 조석이나 파랑으로 해수가 충분히 교란되어 공기중의 산소가 물에 용해되며, 이렇게 용해된 해수 중의 산소는 유기물의 호기적 분해에 필수 조건이다(홍재상, 2005).

서해는 바다가 얕고 조차가 커서 바닷물이 흐리기 때문에 플랑크톤은 동해처럼 풍부하지 않으나 하천으로부터 유입되는 영양염류가 풍부하여 각종 어족의 산란장과 생육장이 되고 있다. 봄이 되어 수온이 올라가면 남쪽에서 난류성 어족이 회유해 오는데, 산란기가 지나면 무리를 이루었던 어족이 대부분 분산된다. 조기·가자미·넙치·가오리 등이 주요 어류이고, 새우·게 등의 갑각류도 많이 잡힌다. 그리고 연안에는 넓은 간석지와 천해가 있어 각종 양식업에 유리한데, 안면도 이남에서는 김 양식 등이 겨울철에 활발하게 이루어지고 있다(권혁재, 1996).

갯벌에서 이루어지는 수산업은 크게 어류를 대상으로 하는 어업과 어패류를 대상으로 하는 어업 그리고 양식어업으로 구분할 수 있다. 어류인 경우는 계절마다 많이 잡히는 종류가 다르지만 송어, 전어, 밴댕이, 농어, 황복, 풀망둑 등이 대표적인 어종이다. 조개류는 연간 약 50,000~90,000톤이 갯벌과 그 주변에서 직접 생산되며, 조개류 외에도 주요 수산생물로 낙지, 갯지렁이 등이 있다. 낙지와 갯지렁이는 연간 각각 1,000톤과 500톤 이상이 계통 출하되며, 비 계통 출하를 포함하면 생산량은 훨씬 증가 될 것이다. 갯벌에서 양식되는 대표적인 종류는 김과 굴을 비롯한 각종 조개류이다. 김을 제외한 대부분의 조개류는 양식산과 자연산의 구분이 애매하며 양식산 이라기보다는 인위적인 관리를 하는 종이라 하여도 무방하다. 우리나라 김 양식업은 갯벌주변의 풍부한 영양염류를 이용하는 수산업이다.

〈표 7〉 우리나라 갯벌에서의 종류별 연간 총생산량(단위: mt, 천원)

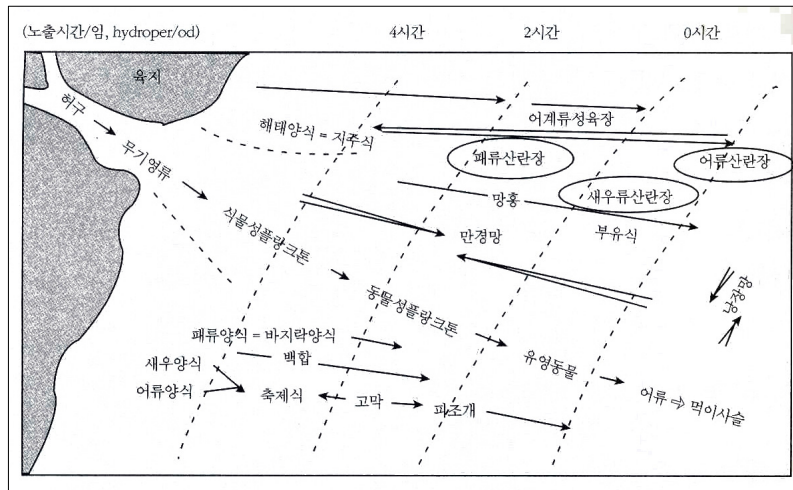
연도	갯지렁이	패류	갑각류	유영성연체류	어류	해조류	합계
1986	766	82,433	52,204	15,351	99,360	2,301	252,371
1987	735	73,836	52,950	17,524	87,820	2,964	235,829
1988	676	68,267	51,382	18,899	72,677	4,552	216,453
1989	553	68,291	55,889	22,569	74,506	3,193	225,001
1990	375	73,121	55,280	20,906	70,990	4,958	225,630
1991	501	54,483	48,460	23,435	67,559	1,639	196,077
1992	540	49,571	56,986	24,695	67,975	647	200,414
1993	-	78,623	42,005	26,862	73,322	639	221,451
1994	-	59,729	48,614	24,483	65,466	604	198,896
1995	-	51,300	40,119	21,700	61,939	559	175,617
1996	-	44,122	39,104	21,384	58,627	562	163,799
평균	592	63,980	49,390	21,619	72,745	2,056	209,790
1996년 생산액	-	68,022,010	165,304,339	183,064,857	231,426,738	688,787	648,506,731

※ 고철환, 2001, 한국의갯벌

한반도 전체 연안지역에서 일반해면어업과 천해양식으로 구분하여 1986년부터 1996년까지 10년간의 갯벌 서식종의 연간생산량을 종류별로 <표 7>에 나타내었다. 우리나라 갯벌에서 생산되는 종류별 연간 총생산량의 연도별 변화를 보면 어류의 생산량이 평균 7만 3천 mt로 가장 많고, 그 다음으로 패류, 갑각류의 순이며, 해조류와 유영성 연체류의 생산량은 거의 비슷하다.



이러한 생산량은 1996년도의 생산액을 기준으로 나타내면 총생산액이 약 6,500억 원이었다. 종류별 연도별 생산량의 변동양상을 살펴보면 대체로 1986년에 약 25만 mt의 총생산량을 나타낸 이후 점차 감소하여 1996년에는 약 16만 mt를 나타내어 10년 만에 65% 수준으로 감소하고 있다(고철환, 2001).



〈그림 9〉 해양생물자원의 분포(박삼욱 등, 2002)

우리나라 서해안과 남해안의 갯벌과 그 주변생태계에 서식하는 어류는 200여종, 갑각류가 250여종, 연체동물 200여종, 갯지렁이류가 100여종 이상이다. 이밖에도 갯벌은 여러 동물군에 속하는 수많은 해양무척추동물, 미생물, 200종류 이상의 미세조류(diatoms)에게 서식지를 제공하고 있다. 그리고 100종이 넘는 바다새들과 50종에 가까운 현화식물들이 갯벌과 연계된 생태계에 의존하며 살아간다. 우리나라의 갯벌의 형태는 다양하여 기본적으로 해양생태계의 먹이사슬이 해안에서부터 시작되기 때문에 연안생물의 60% 이상이 해안생태계와 직·간접적인 연관이 있다. 대부분의 어류가 먹이와 번식장소로 해안의 천해대나 습지를 이용하고 있으므로 어업활동의 약 90%가 연안에서 이루어지고 있다. 연안습지는 지구상의 자연생태계 중에서 가장 생산력이 높은 생태계 가운데 하나로 외양에 비하여 10~20배가 높으며, 농경지나 산림역과 비교하여도 더 높은 생산력을 나타내고 있다. 연안습지에서 서식이 확인되거나 관찰된 바다새는 120여종에 달한다. 우리나라에 기록된 수조류가 173종이고 이 중에는 희귀조류가 많은 것을 감안한다면 상당히 많은 종류의 바다새가 연안습지에서 서식하고 있음을 알 수 있다. 서해

안에서 관찰된 조류 중에 개체수가 10,000개체 이상인 종은 11종으로 전체 출현종의 9%인 반면에 10개체 미만인 종은 37종으로 32%에 해당한다.

갯벌은 그 지역 수계의 흐름에 영향을 준다. 갯벌은 홍수에 따른 급속한 물의 흐름을 완화하여 저장하는 역할을 하여 물의 흐름을 장기간에 걸쳐 조금씩 흘려보낸다. 단기간의 홍수량을 조절함으로써 호우에 따른 인명 및 재산피해를 감소시키는 역할을 하고 있는 것이다. 또한 갯벌은 태풍이 연안 가까이 다가옴에 따라 태풍의 영향을 감소시키는 완충역할을 함으로써 태풍으로부터 육지지역에 대한 피해를 감소시키는 기능을 한다.

우리나라 갯벌은 세계에서 보기 드문 아주 광활한 공간을 자랑한다. 갯벌은 갯벌 생물들을 만나볼 수 있고 또 그곳의 생태계를 파악할 수 있어 아주 중요한 자연학습장으로도 이용되고 있다. 특히 천수만과 낙동강 하구의 을숙도, 금강 하구 등에는 철새들이 많이 찾아오기 때문에 더욱더 좋은 자연학습장이 되고 있다. 또한 아직도 갯벌에 대한 다양한 연구가 각기 다른 학계에서 진행 중에 있어 학술적 가치가 매우 높은 지역이다.

### 3) 서해안 간석지의 분포

간석지 지형의 대부분을 차지하는 갯벌(mud flat)의 분포면적을 살펴보면 약 2,800km<sup>2</sup>로 전체 남한의 국토면적의 3%에 해당하는 넓이에 해당한다. 우리나라 갯벌의 분포면적을 행정구역별로 나누어 표시하면 총 2,800km<sup>2</sup> 중 83%에 해당하는 2,300km<sup>2</sup> 정도가 서해안에 분포하고 나머지 17% 정도의 면적이 전라남도를 중심으로 한 남해안에 분포하고 있다.

<표 8>에서 보듯이 충청남도의 갯벌면적은 304.2km<sup>2</sup>로 우리나라 서·남해안 갯벌면적(2,393km<sup>2</sup>)의 13%를 차지하고 있다. 이를 시·군별로 보면 태안(102km<sup>2</sup>), 서산(68km<sup>2</sup>), 서천(63km<sup>2</sup>), 보령(33km<sup>2</sup>), 당진(28km<sup>2</sup>), 홍성(10km<sup>2</sup>)의 순서이다. 그러나 이것은 현재와 같이 갯벌이 간척된 이후의 일이고, 간척되기 이전은 사정이 달랐다. 즉, 건설부(1979)에 의하면 당시 충청남도의 갯벌 면적은 총 55,674ha로서, 이 중 태안(17,662ha), 서산(14,775ha), 당진(11,159ha), 서천(4,659ha), 보령(4,050ha), 홍성(2,928ha), 아산(441ha)의 순서였다. 이러한 결과를 놓고 보면 충청남도에서 당진의 갯벌이 가장 많이 축소된 사실을 알 수 있다.

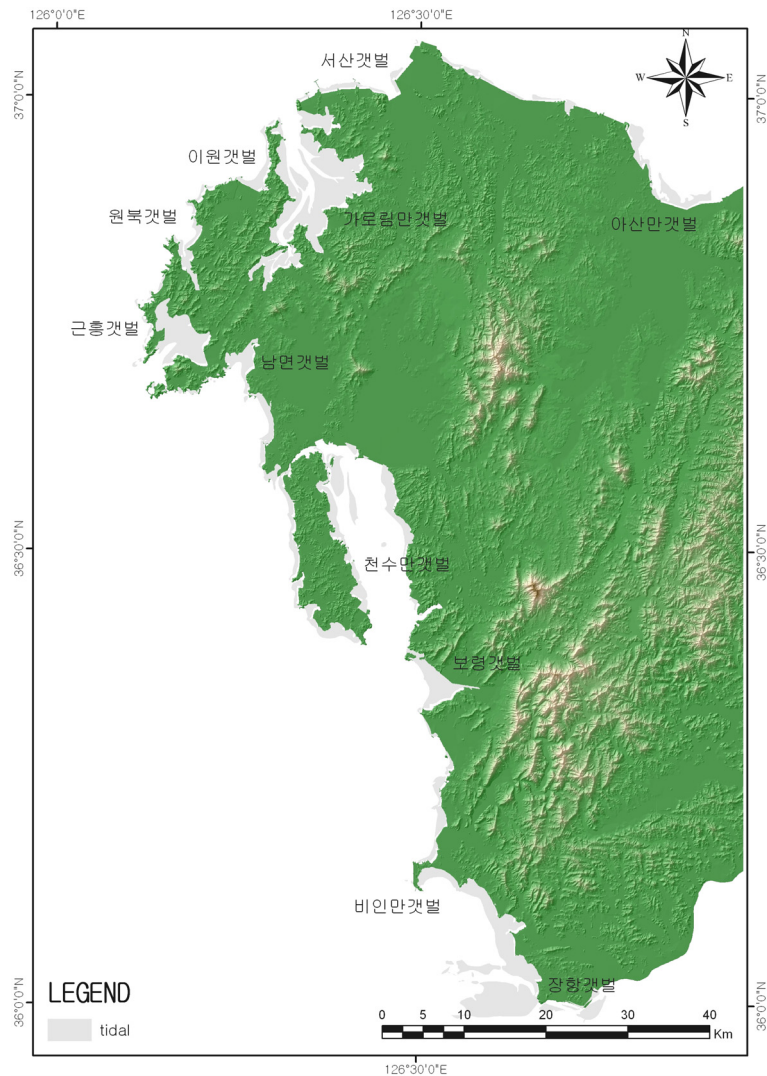
충청남도의 해안선은 아산만에서 시작하여 태안반도, 보령을 거쳐 장항으로 이어진다. 충청남도의 서해안은 크고 작은 반도, 만, 섬들로 해안선이 복잡하며, 수심이 얕고 밀물과 썰물의 차가 커서 갯벌이 넓게 나타난다. 특히 태안반도는 구불구불한 해안선을 따라 내륙 깊숙이 발달한 만에는 어디나 갯벌이 발달되어 있다.

〈표 8〉 행정구역별 갯벌의 면적(고철환, 2001)

행정구역	갯벌의 넓이(km <sup>2</sup> )	지자체별 갯벌넓이(km <sup>2</sup> )
경기도	838.5(35%)	김포(49), 화성(82), 안산(5), 평택(18), 강화(340), 옹진(148), 인천 중구(150), 서구(3), 연수구(44)
충청남도	304.2(13%)	당진(28), 서산(68), 태안(102), 홍성(10), 보령(33), 서천(63)
전라북도	113.6(5%)	군산(22), 부안(17), 고창(74)
전라남도	1,054.(44%)	영광(137), 무안(205), 목포(7), 신안(331), 진도(17), 해남(50), 완도(50), 고흥(111), 강진(89), 여수(66)
경상남도	82.6(3%)	하동(14), 사천(19), 고성(5), 남해(17), 마산(3), 부산 강서구(24)
계	2,393.0(100%)	

※ 해양수산부, 1998, 우리나라의 갯벌 참조

현재 충남의 갯벌을 지도화하면 <그림 10>과 같다. 주요갯벌로는 아산만갯벌, 당진갯벌, 서산갯벌, 가로림만갯벌, 이원갯벌, 원북갯벌, 근흥갯벌, 남면갯벌, 천수만갯벌, 보령갯벌, 비인만갯벌, 장항갯벌 등이다. 아산만의 갯벌들은 1970년대 중반에 완공된 아산방조제와 삼교방조제로 막혀져 지금은 농토나 산업단지 전면에 일부 갯벌이 분포하며, 서산 간척지 A, B 지구가 속한 천수만 갯벌은 전형적인 내만 갯벌이다. 그리고 태안화력발전소 배후부지로 매립되었던 이원갯벌은 작지만 내만 갯벌이라 할 수 있다. 금강하구에 위치한 장항과 서천 주변 갯벌은 내만이 아닌 곳에 위치한 대형 모래갯벌이지만 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 갯벌 보호 대책이 시급한 실정이다. 충남 서해안의 대표적인 간척사업으로는 천수만, 석문지구, 아산만, 가로림만, 보령시 일대의 홍보지구 간척사업 등이다.



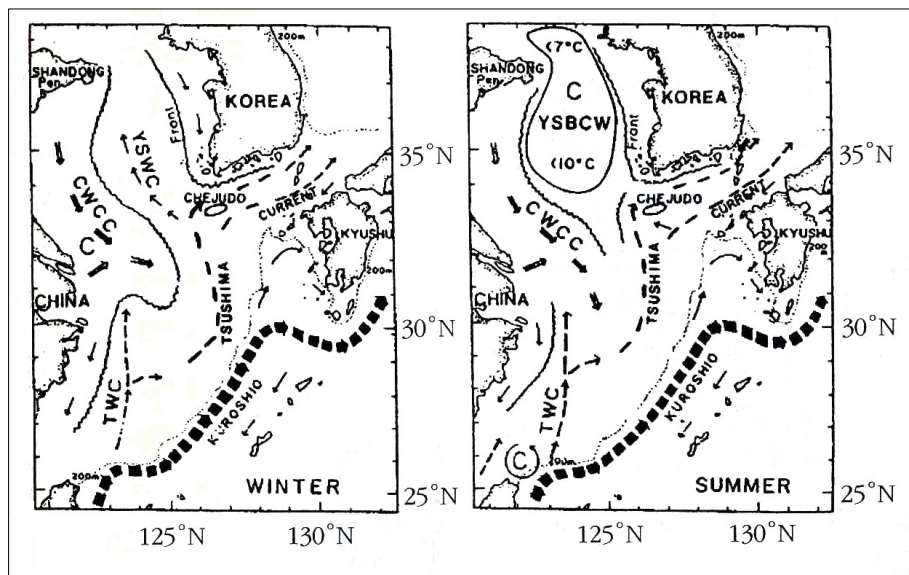
〈그림 10〉 충남의 간석지 분포도(해양수산부 전자해도, 2002)

### 3. 조류와 조석간만의 차

#### 1) 서해안의 해황

황해의 해류는 일본인 우다(Uda, 1934)에 의해 처음 연구되었고, 그 결과가 지금까지 흔히 인용되고 있다. Uda가 그려낸 해류의 모식도는 최근 오스트레일리아의 해양학자 톰자크 등

(Tomczak, 1994)이 발간한 책자의 해류 모식도와 유사하다. 이 결과들은 대체로 황해 중앙부를 따라 북상하는 황해난류(Yellow Sea Warm Current: YSWC)와 한국 연안 및 중국 연안을 따라 남하하는 연안류(China Coastal Current: CWCC)로 황해 해류의 흐름을 도식화하고 있다(그림 11).



〈그림 11〉 서남해안 해류 및 수괴분포(Tomczak and Godfrey, 1994)

충남 연해지역의 표층해류는 남쪽을 제외하고 일정한 방향과 속도를 갖고 있지는 못하다. 특히 해류는 바람이나 조류의 영향을 크게 받아 지역적으로 불규칙한 편이다. 본 연구지역의 표층해류의 일반적인 형태는 황해 중심지역에서 한반도 쪽으로 약간 치우쳐 북상한다. 그러나 태안반도지역은 해안선이 불규칙하여 표층해류는 완만한 속도로 남쪽으로 향하고 있으며, 해류속도는 조류의 영향을 많이 받고 있어 일정한 값을 보이지 않는다.

충남 연해지역의 조류는 대체로 낙조류가 창조류보다 우세하나 지역적으로는 창조류가 우세한 곳도 있다. 이는 지형적인 영향에 의한 것으로 판단된다. 조류는 태안반도 부근의 해안에서는 규칙적인 창·낙조류가 일어나고 유속도 강한 편이나 점차 외해로 가면서 유속도 약해지고 조류도 왕복성에서 회전성에 가까운 조류형태가 된다. 한편 외연도와 격렬비열도를 중심으로 흘러져 있는 도서부근에서는 다소 불규칙한 것도 있다. 외해에서 북동류하는 창조류는 연안에서의 북류와 합류하여 경기만의 인천 및 평택항으로 유입하고 낙조류는 이와 반대로 남서

류해서 점차 해안에 접근해 오면서 시간이나 유속의 부등현상(不等現狀)이 적다. 항류(恒流)는 지형이 복잡한 도서부근에서 우세하고 유향(流向)도 위치에 따라 불규칙하다. 이러한 조류의 흐름 및 방향은 연안의 포구 및 수산업 발달에 많은 영향을 미칠 것으로 보이는데, 주요 지역의 조류개황을 살펴보면 다음과 같다.

어청도 북서해역은 인천항 및 평택항을 왕래하는 대·소 선박들이 많이 이용하는 중요한 항로이다. 조류는 대체로 북동류 및 남서류의 왕복성 조류형태를 이루고 있으며, 유향은 어청도 북서해역에서 남측의 남서류가 우세하나 북측은 북동류가 우세하다. 항류는 대체적으로 북서류하나 어청도 북서측 20여마일 부근 해역에서는 동류하며 격렬비열도 남서측 10여마일 해역에서는 0.4km의 강한 항류가 흐른다. 북동해역은 도서가 많이 흩어져 있어 여러 갈래의 수로를 이루고 있으며, 중·소형 선박들의 왕래가 많은 지역들이다. 조류는 외연도~장도간은 북서류 및 남서류하며 유향은 서류가 우세한 편이고 안면도 서측은 대체로 북류 및 남서류로서 0.7~1.3km이다.

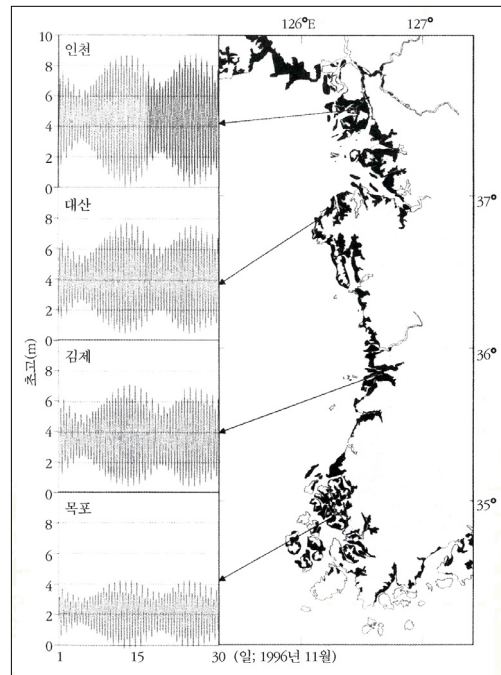
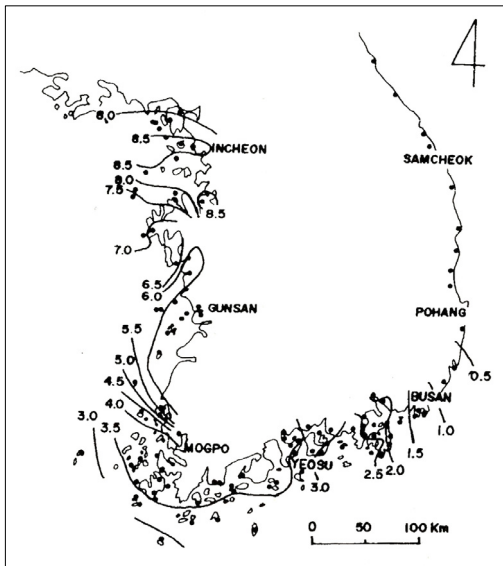
천수만은 좁은 해역으로서 큰 선박 출입은 적으나 소형 선박들은 많이 출입하고 있다. 만의 발달방향이 남북으로 형성되어 있어 조류는 해안지형에 따라 영향을 받고 있으며, 유향은 만내로 창조류가 1.2km, 낙조류가 1.9km로써 낙조류가 우세하며, 만입구는 수로 폭이 좁아 유속이 강하게 흐르고 있다. 창조류는 3.6km이며, 낙조류는 3.1km로써 창조류가 약간 우세한 편이다.

안흥항 부근은 인천 및 평택항으로 통하는 주 항로로서 수로가 좁고 수심이 깊어 유속도 빠르게 흐르고 있다. 창조류는 도서 지형에 따라 북류 및 북동류하면서 인천항 방면으로 유입되고 낙조류는 남서류하여 외해로 흐른다. 안흥항 남동해역의 창조류는 북류하고 낙조류는 남동류한다. 유속은 안흥항 북서측에서 낙조류가 우세하고 안흥항 남동방 해역에서는 창조류가 우세한 편이다.

## 2) 조석

서해에서 물 흐름을 결정짓는 것은 조석이다. 서해는 조석운동이 매우 강한 지역으로 조차가 매우 크다. 이는 서해의 지형과 관계가 깊다. 서해는 폭이 좁고 길이가 길며 남쪽을 제외한 삼면이 육지로 둘러싸여 막혀 있다. 따라서 달과 태양에 이끌려 올라온 물이 갈 곳이 없게 되고 자연히 육지쪽으로 밀려들어 해수면이 높아지게 된다. 위는 막히고 아래는 터진 이러한 반폐쇄적인 지형과 얕은 수심은 조석의 조차를 크게 하고 이러한 조건에서 갯벌이 형성된다(고철환, 2001)

연안해역의 조석은 12.4시간을 주기로 왕복하며 0.5m/sec의 속도를 가진다. 보통 조류의 유속은 0.4~1m 사이로 산정한다. 연안에서는 조석에 의한 조차가 발생하여 평평한 지형을 가지는 지역에서 갯벌이 드러나기도 한다. 한국 연안과 발해만 주변에서의 조차는 대체로 4~8m이다. 방사성 동위원소의 반감기를 이용하여 계산한 결과를 보면, 황해의 체류기간은 평균 5~6년 정도로 추정된다(홍기훈 등, 1997).



〈그림 12〉 한반도 근해의 대조차(조화룡, 1987)    〈그림 13〉 서해연안의 조차(고철환, 2001)

〈그림 12〉는 수로국에서 발행한 조석표를 기반으로 한 달 평균조차를 계산하여 나타낸 결과이다. 남쪽에 위치한 목포는 평균조차가 약 3.1m이고 북쪽에 위치한 인천은 평균조차가 약 7.3m이다. 전라북도 군산은 약 5.3m로 목포와 인천의 중간 값을 갖는다.

서해 연안의 조석현상 가운데 또 하나의 중요한 특징은 조차가 가장 적은 목포지방이라 하더라도 이미 3m 정도에 달하는 높이 값을 보인다는 것이다. 동해안은 조차가 최대 30cm에 불과하고 남해안은 1~2m임을 감안하면, 서해에서 관찰되는 3m 이상의 조차는 매우 높은 값이고 이는 세계적으로도 흔치 않은 값이다. 조차가 3m 이상이 되면 이를 대조차 환경이라고 구분하여 취급한다.



## 제3장 GIS를 이용한 태안반도지역의 해안선 변화

### 1. 연구방법

갯벌지역의 간척지에 대한 연구는 1970년대부터 지리적, 역사적 측면에서 접근한 연구가 대부분으로 주로 조선시대의 농지개간이나 간척지의 지형특성이 간척촌의 발달사에 연구의 초점이 맞춰져왔다. 그러나 시간적 변천과 공간적 변화를 GIS를 이용해 지도화 하고 분석하는 연구는 미흡하지만, 일부 GIS를 이용한 해안선 변화 연구가 있었다. 서종철(2002)은 신두리 해안사구지대의 지형변화를 분석하기 위해 30여 년 동안 촬영된 항공사진을 이용하여 원격탐사와 GIS 기법으로 분석하였고, 문병채·박현욱(2003)은 GIS를 이용하여 신안군 도서지역(비금도)을 중심으로 도서지역의 간척지 조성에 따른 경관변화와 그 영향을 연구하였고, 최철웅 등(2009)은 지난 60년간의 항공사진과 조석자료, GPS 측량자료를 이용하여 부산 광안리 해수욕장의 해안선 변화를 분석하였고, 김장수·장동호(2009)는 원격탐사와 GIS를 이용하여 금강하구둑이 금강하도내 하중도의 형태 및 퇴적환경에 어떤 영향을 미쳤는지 살펴보았다.

따라서 본 장에서는 GIS를 이용하여 서로 축척이 상이한 자료를 통일시키고, 지도중첩과 같은 다양한 공간분석을 이용하여 태안반도 지역에서 간척에 의한 해안선 변화 및 육지면적의 변화를 알아보고자 한다.

태안반도 지역에서의 간척에 의한 해안선 변화 및 육지면적의 변화를 알아보기 위해 일제시대 지형도와 근대들어 발행된 지형도를 GIS기법을 이용하여 DB를 구축하고, 구축된 DB를 통하여 해안선 변화 및 육지면적 변화를 분석해보고자 하였다. 지형도를 스캔하고 스캔한 지형도는 AutoCad Map 2000i를 이용하여 vectorizing 하였고, Arcmap 9.2를 이용하여 분석하였다.

#### 1) 지리정보시스템(GIS)

지리정보 시스템(GIS: Geographical Information System)은 인간생활에 필요한 지리정보를 효율적으로 활용하기 위한 시스템이며 인간의 의사결정과정에 필요한 제반 과정으로서 각종 지리정보의 관측과 수집에서부터 보존과 분석, 출력에 이르기까지 일련의 조작을 위한 정보시



스텝이다.

GIS는 1950년대에 미국 워싱턴 대학에서 시작되어 1960년대 이후 주로 공공기관과 정부기관에 의해 주로 자원 관리에 이용되었다. 1970년대에는 컴퓨터와 그래픽처리기술의 발달로 저변이 확대되었으며 GIS전문회사가 설립되었다. 이 시기에는 격자방식위주의 자원관리에서 벡터방식 위주의 토지 및 공공시설물 관리로 확대되어 사용되었으며 특히 GIS의 필요성이 인식되기 시작한 중요한 시기이다. 1980년대는 개발도상국에서 GIS가 도입되어 급성장을 이루는 시기로 워크스테이션이 도입되었으며 GIS프로그램의 모듈화가 이루어져 GIS상품의 다용도화가 급진전되었다. 1990년대 이후 PC가 보급되어 하드웨어가 급성장하였으며 각종 표준화작업이 이루어져 자료의 호환성이 극대화되고 GIS효용성이 증대되었다.

〈표 9〉 GIS 활용 및 현황

지도제작분야	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 국토지리정보원 : 국가 수치지도 제작 사업</li> <li>• 지적공사 : 국가 지적도 제작 사업</li> <li>• 지도창 : 국방 분야 지도 제작 사업</li> <li>• 임업연구원 : 임상도 등 관련 지도 제작 사업</li> <li>• 한국지질자원연구원 : 지질도 제작사업</li> </ul>
시설물 관리 분야	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 도로공사 : 고속도로 등 도로 시설물 관리 사업</li> <li>• 수자원공사 : 수자원 관리 사업(댐, 광역상수도망)</li> <li>• 한국통신 : 통신 시설물 관리 사업</li> <li>• 농촌공사 : 간척, 농지 등 관리 사업</li> <li>• 한국전력 : 전력 시설물 관리 사업</li> <li>• 가스회사 : 가스 시설물 관리 사업(권역별)</li> <li>• 도시철도공사 : 지하철 시설물 관리 사업</li> </ul>
지방자치단체분야	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 서울시, 광주광역시, 대구시, 인천시, 충북, 제주도, 전남, 청주시, 울산시, 창원시, 과천시 등</li> <li>• 도로, 상하수도, 가스, 지적 등 주요 시설물 관리 사업이 중심</li> </ul>
계획지원 분야	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 국토연구원 : 국가 GIS 사업 계획 수립 등</li> <li>• 한국전산원 : 국가 GIS 표준화 사업 계획 등</li> </ul>
정보관리, 업무처리분야	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 국립환경과학원 : 수질관리 사업 등</li> <li>• 환경부 : 주요 강 유역별 환경 관리 사업 등</li> <li>• 통계청 : 통계처리의 지도화 작업</li> </ul>

GIS는 하드웨어(컴퓨터)와 일련의 소프트웨어, 각종 데이터(공간 자료와 속성 자료), 분석방법과 전문적인 네 가지 요소를 직접 다루는 인력으로 구분되며, 인력은 성공적인 분석을 위하여 가장 중요한 요소이다.

GIS는 정부 및 공공기관에서의 공공안전이나 치안, 전기·가스·상하수도 등의 시설물 분야, 국방/정보 분야, 교통 분야, 농업·산림·해양·광업/지구과학·환경 등 자원환경 분야, 은행/보험·부동산·도소매사업 등의 비즈니스 분야, 인터넷 맵핑 등의 인터넷 솔루션분야, 건강/복지 분야, 위치기반서비스·통신 등의 커뮤니케이션 분야 등 다양한 분야에서 활용되고 있다.

## 2) GIS 구성요소



〈그림 14〉 GIS의 구성요소

- 지리(geographic)

지리는 산천, 수목, 기후, 생물, 인구, 도시, 산업, 교통, 정치 등의 상태를 말한다. 이는 GIS에서 데이터 모형에 의해 정보로 조직화되어 지도로 표현되는 대상을 말한다. GIS에서는 공간 객체의 위치에 대한 정보가 실세계 단위의 수치형식으로 저장되어 기하학적인 조작으로 해당 지리 요소의 정확한 위치, 형상, 다른 지리 요소와의 관계를 정의할 수 있다.

- 정보(information)

정보는 보통 여러 형태로 표시된 자료를 말하며 특히 다양하고 방대한 자료에서 의미 있는 정보만을 가공하여 정리한 내용을 가리킨다. GIS에서 정보는 지리현상에 대한 정보의 획득에 의해 만들어진 공간데이터를 의미하며 공간 질의와 분석이 가능한 형태로 저장된다. 정보는 지리와 체계를 관계시켜주고 연결시켜주는 핵심이다.

- 체계(system)

체계는 특정 목적을 위해 기능이 모아진 조직이나 조직을 구성하는 각 부분을 계통적으로 통합한 전체의 지식과 지혜를 말한다. GIS에서 체계는 데이터가 사용자의 의도대로 조작되고 질의되도록 해주는 환경이라고 할 수 있다.

### 3) GIS의 분석방법

- 자료 수집 및 입력

시스템 구축을 위한 공간 및 속성정보를 준비한다. 공간정보에는 지도, 수치지도, 측량 성과품 등이 있다. 속성정보는 기존의 정보시스템에 의해 구축된 자료와 새로 입력되어야 할 자료로 다양한 표 형태의 자료가 있다.

- 자료의 전처리

입력된 자료를 활용 가능하도록 하는 일련의 작업으로 자료의 형식변환, 오류수정, 도면접합, 투영, 일반화, 보간, 사진판독 등이 있다.

- 데이터베이스 구축

공간데이터와 속성데이터를 인식자에 의해 연결하여 데이터베이스를 완성한다. GIS데이터는 방대하기 때문에 효율적으로 관리할 수 있는 체계를 만들어야 한다.

- 질의 및 분석

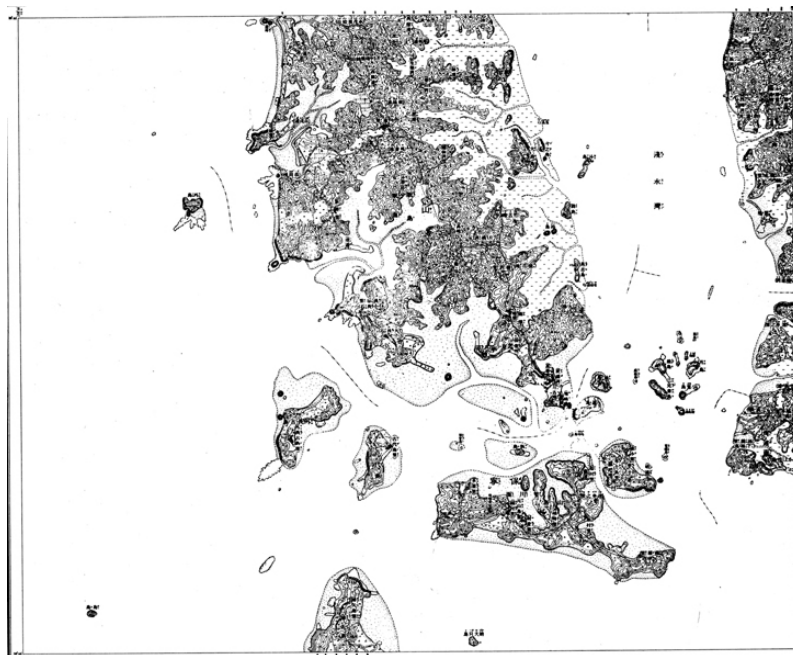
구축된 공간 및 속성데이터를 이용하여 사용자가 원하는 질의나 분석을 수행하는 단계로 데이터 확인, 통계분석, 재선택, 버퍼링, 중첩 등이 수행된다. GIS와 다른 CAD와 차별되는 특징을 보여주는 부분이다.

- 결과물 작성

결과물은 지도나 통계자료의 형태로 작성하여, online 또는 출력물을 통하여 그 결과물을 확인할 수 있다.

## 2. 사용자료

본 장에서 사용된 자료는 태안반도 지역을 포함하는 1:25,000 지형도를 주로 하였으며, 1:25,000 지형도가 만들어지기 전 자료는 1:50,000 지형도를 이용하였다. 근대적인 측량에 의해 작성된 최초의 지형도는 조선총독부에서 1917년 발행한 1:50,000 지형도가 있으며, 그 후 미군정을 거쳐 현재에 이르기까지 1:50,000 및 1:25,000, 1:5,000 지형도가 있다. 본 연구에서는 조선총독부에서 발행한 1910년대 1:50,000 지형도와 1960년대 이후는 1:25,000 지형도를 이용하였다. 1950년대 1:50,000 지형도가 국립지리정보원에 이미지 자료로 존재하나 누락된 지역이 많아 본 연구에서는 제외하였다. 또한 1:25,000 대야도폭의 경우 1960년대 발행된 지형도가 존재하지 않는 관계로 1970년대에 발행된 지형도를 그대로 사용하였다.



〈그림 15〉 조선총독부에서 1917년 발행된 1:50,000 안면도 남부 도폭

〈표 10〉 연구에 사용된 일제시대 지형도 목록(1:50,000, 조선총독부)

도엽명	인쇄년도
방축리	1917
산전리	1917
안흥	1917
서산	1917
안면도 북부	1917
안면도 남부	1917

1:50,000 지형도는 1917년 조선총독부에서 발행된 방축리, 산전리, 안흥, 서산, 안면도 북부, 안면도 남부 등 총 6도폭이며, 국립지리정보원에서 발행된 대야(1977년, 1986년, 1998년, 2004년) 4도폭, 안면(1968년, 1977년, 1986년, 1999년, 2004년) 5도폭, 간월(1968년, 1977년, 1986년, 1997년, 2004년) 5도폭, 장고(1968년, 1977년, 1987년, 1998년, 2004년) 5도폭, 방갈(1968년, 1977년, 1987년, 1999년, 2004년) 5도폭, 고파(1968년, 1977년, 1986년, 1999년, 2004년) 5도폭, 소원(1968년, 1977년, 1986년, 1998년, 2004년) 5도폭, 태안(1968년, 1977년, 1986년, 1997년, 2004년) 5도폭, 근흥(1968년, 1977년, 1986년, 1999년, 2004년) 5도폭, 달산(1968년, 1977년, 1986년, 1999년, 2004년) 5도폭 등 총 49도폭이다. 사용된 지형도의 상세 목록은 <표 10> ~ <표 20>에 나타내었다.

총 55도폭의 지형도를 먼저 scanning 후 AutoCad Map 2000i를 이용하여 vectorizing을 실시하였다. 스캐닝에 따른 오차를 제거하기 위하여 2004년 지형도를 우선 vectorizing 한 후 시간을 거슬러 오르며 자연적 혹은 인위적인 변화가 있었던 지역에 대해 수정하는 방식으로 vectorizing을 실시하였다.

〈표 11〉 연구에 사용된 대야 도폭 지형도 목록(1:25,000, 국립지리정보원)

도엽명	촬영년도	수정년도	인쇄년도
대야	1974	1976	1977
	1984	1985	1986
	1996	1996	1998
	2003	2003	2004

〈표 12〉 연구에 사용된 안면 도폭 지형도 목록(1:25,000, 국립지리정보원)

도엽명	촬영년도	수정년도	인쇄년도
안면	1966	1967	1968
	1974	1976	1977
	1984	1986	1986
	1996	1996	1999
	2003	2003	2004

〈표 13〉 연구에 사용된 간월 도폭 지형도 목록(1:25,000, 국립지리정보원)

도엽명	촬영년도	수정년도	인쇄년도
간월	1966	1967	1968
	1974	1976	1977
	1984	1986	1986
	1996	1996	1997
	2003	2003	2004

〈표 14〉 연구에 사용된 장고 도폭 지형도 목록(1:25,000, 국립지리정보원)

도엽명	촬영년도	수정년도	인쇄년도
장고	1966	1967	1968
	1974	1976	1977
	1984	1987	1987
	1996	1996	1998
	2003	2003	2004

〈표 15〉 연구에 사용된 방갈 도폭 지형도 목록(1:25,000, 국립지리정보원)

도엽명	촬영년도	수정년도	인쇄년도
방갈	1966	1967	1968
	1974	1976	1977
	1984	1987	1987
	1996	1996	1999
	1998	2003	2004

〈표 16〉 연구에 사용된 고파 도폭 지형도 목록(1:25,000, 국립지리정보원)

도엽명	촬영년도	수정년도	인쇄년도
고파	1966	1967	1968
	1974	1976	1977
	1984	1986	1986
	1996	1996	1999
	1998	2003	2004

〈표 17〉 연구에 사용된 소원 도폭 지형도 목록(1:25,000, 국립지리정보원)

도엽명	촬영년도	수정년도	인쇄년도
소원	1966	1967	1968
	1974	1976	1977
	1984	1986	1986
	1996	1996	1998
	1998	2003	2004

〈표 18〉 연구에 사용된 태안 도폭 지형도 목록(1:25,000, 국립지리정보원)

도엽명	촬영년도	수정년도	인쇄년도
태안	1966	1967	1968
	1974	1976	1977
	1984	1986	1986
	1995	1996	1997
	1995	2003	2004

〈표 19〉 연구에 사용된 근흥 도폭 지형도 목록(1:25,000, 국립지리정보원)

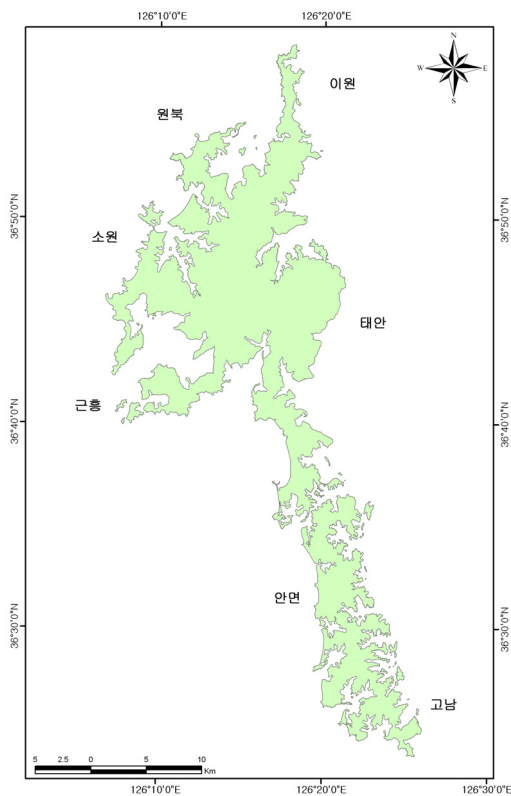
도엽명	촬영년도	수정년도	인쇄년도
근흥	1966	1967	1968
	1974	1976	1977
	1984	1986	1986
	1996	1996	1999
	2003	2003	2004

〈표 20〉 연구에 사용된 달산 도폭 지형도 목록(1:25,000, 국립지리정보원)

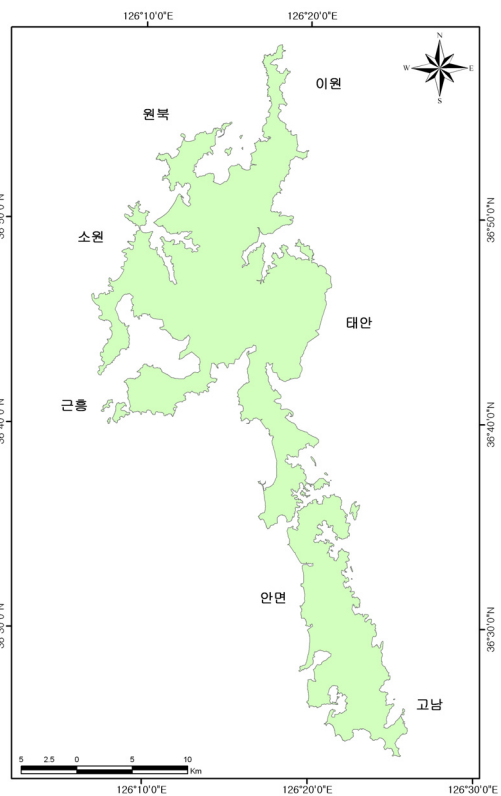
도엽명	촬영년도	수정년도	인쇄년도
달산	1966	1967	1968
	1974	1976	1977
	1984	1986	1986
	1996	1996	1999
	2003	2003	2004

### 3. 지형도를 통한 태안반도 지역의 해안선 및 면적변화

#### 1) 시기별 해안선 및 면적



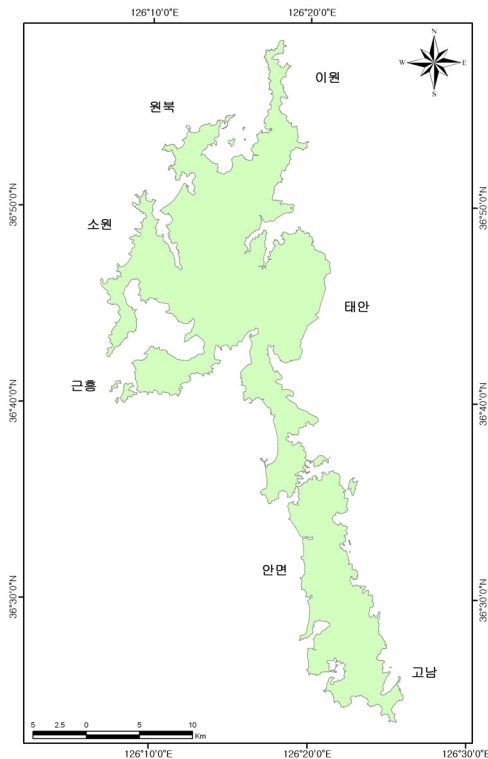
〈그림 16〉 1910년대 지형도



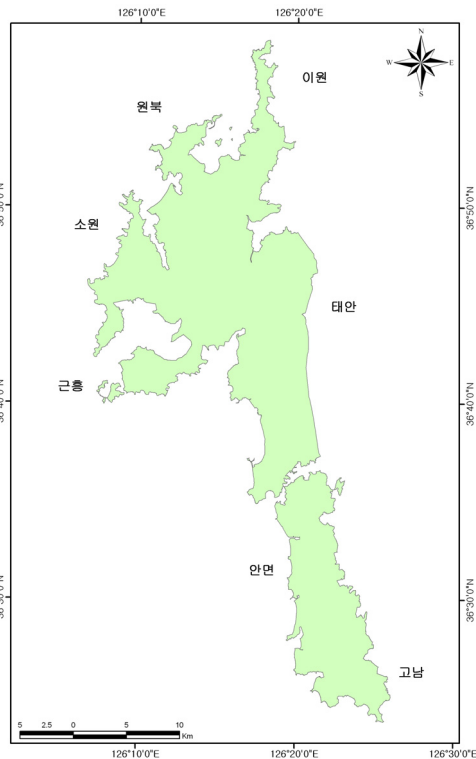
〈그림 17〉 1960년대 지형도



1917년 조선총독부에서 발행된 1:50,000 지형도를 이용하여 태안반도 지역의 해안선 및 면적을 살펴보면, 해안선의 총 길이는 811.6km, 면적은 394.9km<sup>2</sup>이었으며, 1968년 국립지리원에서 발행된 1:25,000 지형도를 이용하여 태안반도 지역의 해안선 및 면적을 살펴보면, 해안선의 총 길이는 540.3km, 면적은 442.2km<sup>2</sup>이었다.



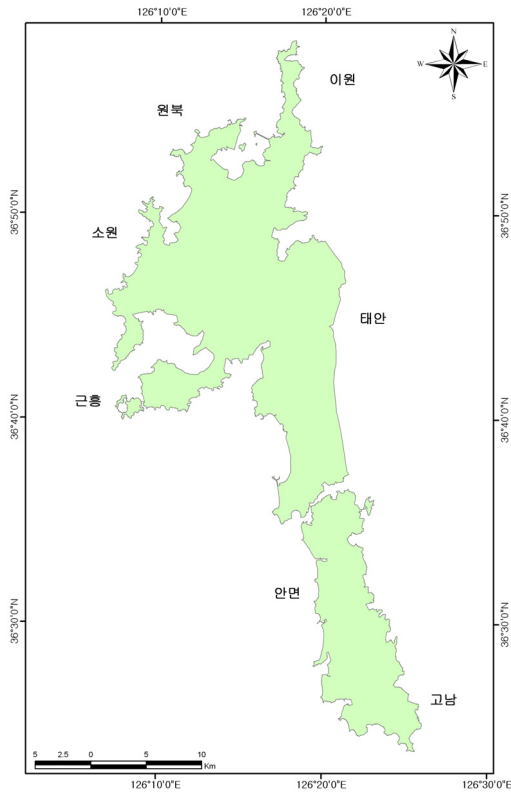
〈그림 18〉 1970년대 지형도



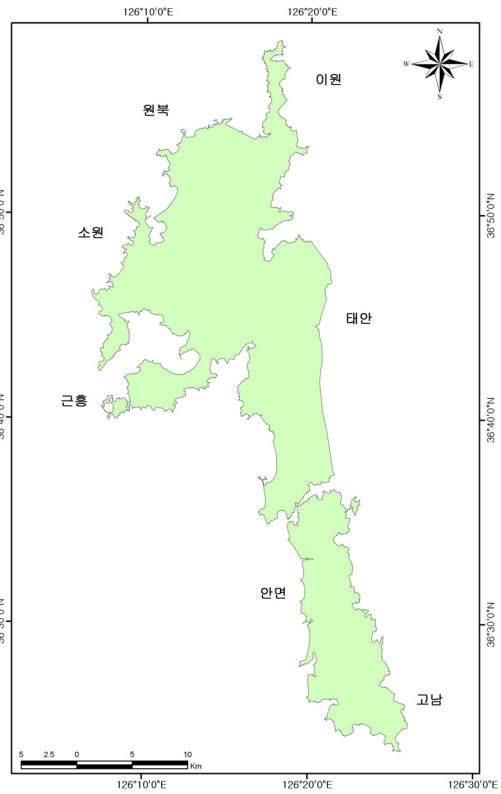
〈그림 19〉 1980년대 지형도

1977년 국립지리원에서 발행된 1:25,000 지형도를 이용하여 태안반도 지역의 해안선 및 면적을 살펴보면, 해안선의 총 길이는 493.6km, 면적은 452.5km<sup>2</sup>이었으며, 1986년 및 1987년 국립지리원에서 발행된 1:25,000 지형도를 이용하여 태안반도 지역의 해안선 및 면적을 살펴보면, 해안선의 총 길이는 413.8km, 면적은 500.6km<sup>2</sup>이었다.

1997년, 1998년 및 1999년 국립지리원에서 발행된 1:25,000 지형도를 이용하여 태안반도 지역의 해안선 및 면적을 살펴보면, 해안선의 총 길이는 392.8km, 면적은 508.2km<sup>2</sup>이었으며, 2004년 국립지리원에서 발행된 1:25,000 지형도를 이용하여 태안반도 지역의 해안선 및 면적을 살펴보면, 해안선의 총 길이는 373.9km, 면적은 520.8km<sup>2</sup>이었다.



〈그림 20〉 1990년대 지형도

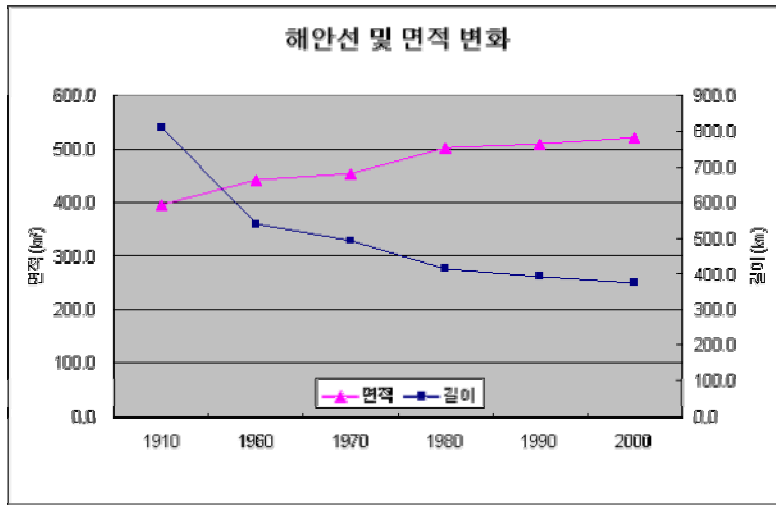


〈그림 21〉 2000년대 지형도

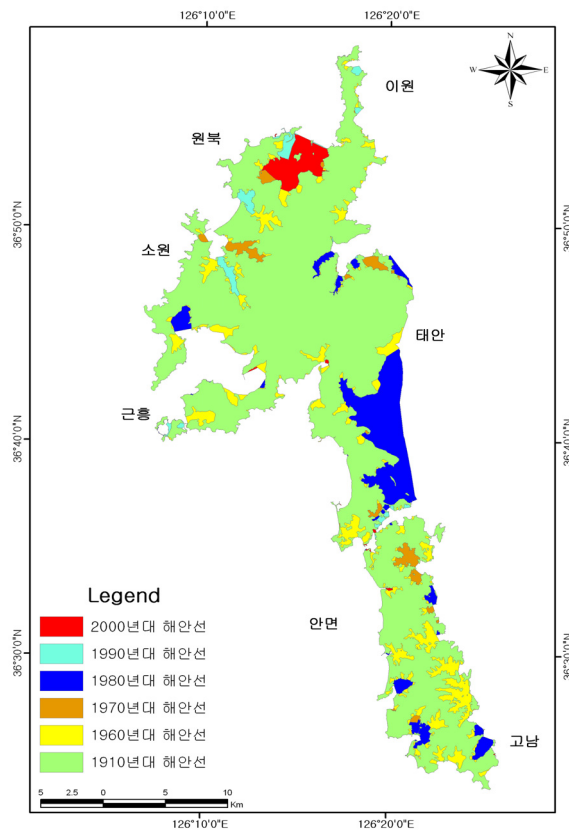
전체적으로 1917년~2004년 사이 태안반도의 해안선은 811.6km에서 373.9km로 437.7km가 감소하였고, 반면에 내륙호소를 포함한 태안반도 지역의 면적은 394.9km<sup>2</sup>에서 520.7km<sup>2</sup>로 125.8km<sup>2</sup>가 증가하였다.

〈표 21〉 1917년~2004년 사이 태안반도 지역의 해안선 길이 및 면적 변화

	해안선 길이(km)	증감(km)	면적(km <sup>2</sup> )	증감(km <sup>2</sup> )
1910년대	811.6	-	394.9	-
1960년대	540.3	▽ 271.3	442.2	△ 47.3
1970년대	493.6	▽ 46.7	452.5	△ 10.4
1980년대	413.8	▽ 79.8	500.6	△ 48.1
1990년대	392.8	▽ 21.0	508.2	△ 7.6
2000년대	373.9	▽ 18.9	520.7	△ 12.4



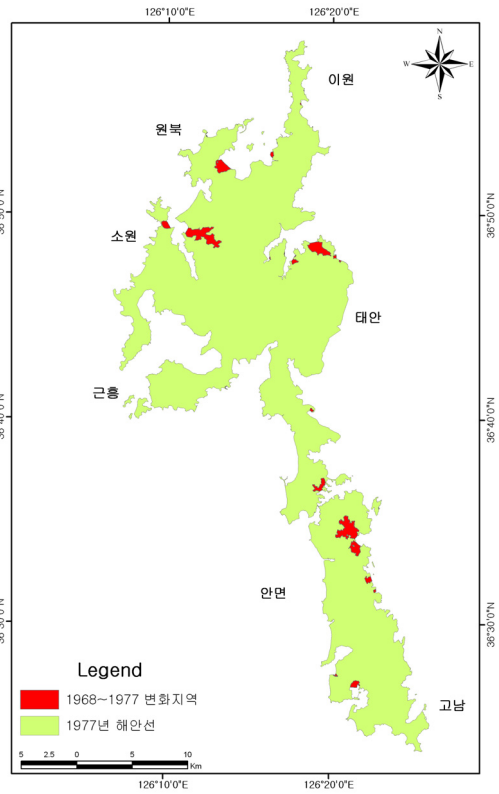
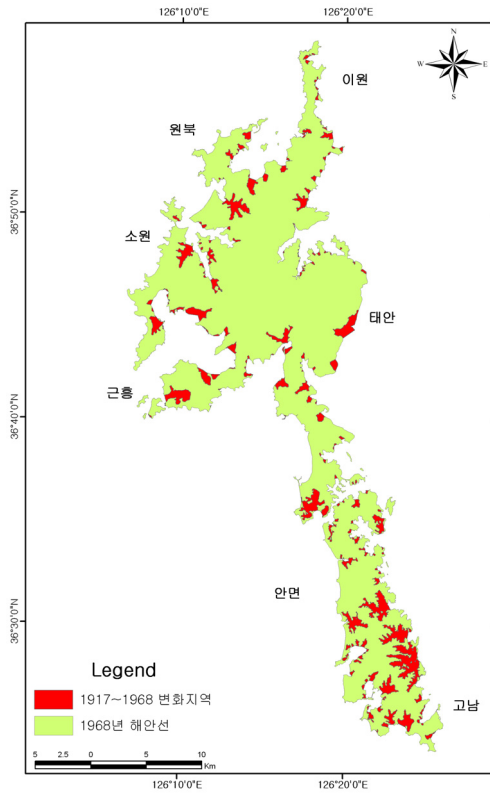
〈그림 22〉 1910년대에서 2000년대 사이의 해안선 및 면적 변화



〈그림 23〉 태안반도지역의 1910년대에서 2000년대 사이의 해안선

## 2) 중첩분석을 통한 기간별 변화 분석

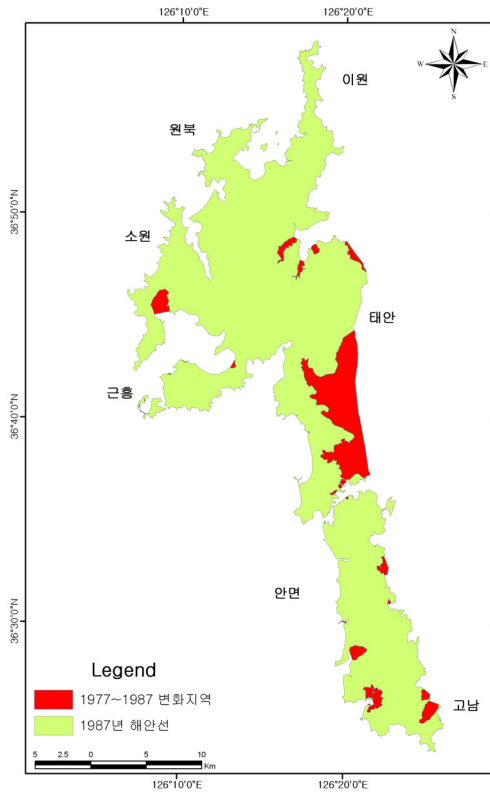
1917년에서 1968년 사이 태안반도 지역에서 간척사업이 행해진 지역은 주로 안면도 지역과 남면 신온리, 태안읍 평천리, 근흥면 정죽리, 소원면 모항리·소근리·의항리, 원북면 신두리·이곡리·방갈리, 이원면 포지리·당산리·내리 등이다. 이 시기 중 국내의 간척사업을 살펴보면, 일제강점기의 간척은 일본의 식량문제를 해결하기 위해 일본보다 간척하기 유리한 식민지 조선의 서해안에서 대규모의 간척사업이 이루어졌고, 해방 후 1960년까지 간척사업은 해방이나 한국전쟁으로 중단되었던 간척사업을 마무리 짓는 소규모의 간척사업만이 실시되었다. 1952년 FAO(국제연합 식량농업기구)의 주선으로 1953년 UNKRA(국제연합 한국재건단)와 수리 및 간척사업에 필요한 협정을 체결하고 식량증산 및 농촌근대화 방안으로 간척사업이 정부주도로 이루어지고 있었다. 이 시기 동안 47.26km<sup>2</sup>의 면적이 태안반도 지역에서 증가한 것으로 나타났다.



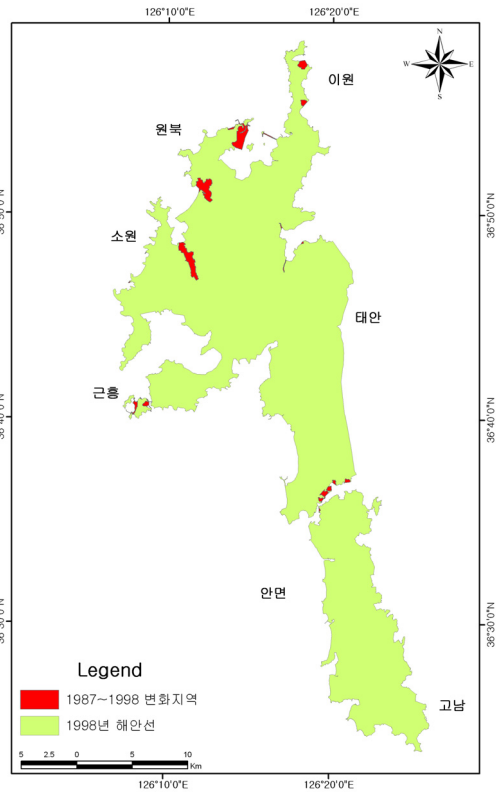
〈그림 24〉 1910년대~1960년대 해안선변화 지역      〈그림 25〉 1960년대~1970년대 해안선변화 지역

1968년에서 1977년 사이 태안반도 지역에서 간척사업이 행해진 지역은 안면읍 신야리·창기리, 남면 당암리, 태안읍 도내리, 소원면 의항리, 원북면 동해리·방갈리 등으로 이 시기 국내에서는 외국 차관을 이용한 대단위 농업개발사업을 추진하였으며, 국내에서 약 2만 ha가 간척되었다. 이 시기 동안 10.36km<sup>2</sup>의 토지가 연구지역에서 증가하였다.

1977년에서 1987년 사이 태안반도 지역에서 간척사업이 행해진 지역은 고남면 고남리·누동리·장곡리, 안면읍 신야리·정당리, 태안읍과 남면에 위치한 서산B지구, 태안읍 삭선리·산후리·도내리, 소원면 송현리·모항리 등으로, 이 시기 국내에서는 농지기금 조성을 위한 서남해안 간척사업을 추진하였고, 민간기업도 대규모 간척사업을 시행할 수 있는 법적 근거가 마련돼 서산 A·B지구와 같은 대형 간척 사업이 가능해졌다. 이 기간 동안 연구지역에서 40.85km<sup>2</sup>의 토지가 증가하였다.



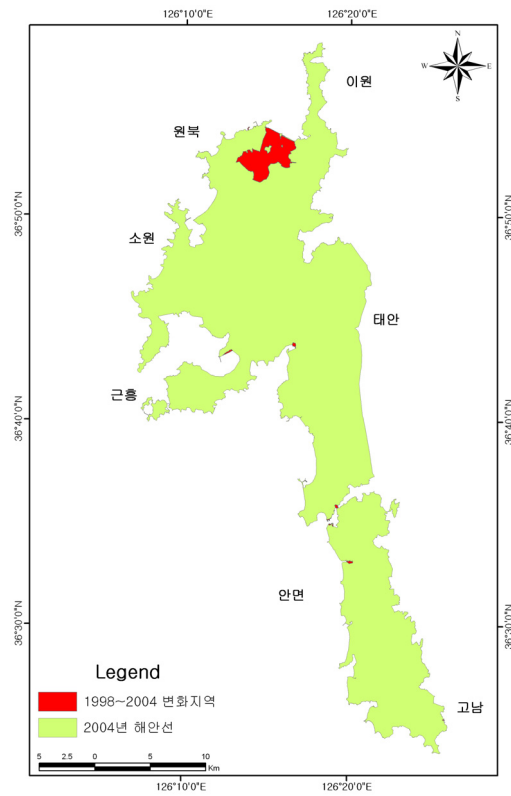
〈그림 26〉 1970년대~1980년대 해안선변화 지역



〈그림 27〉 1980년대~1990년대 해안선변화 지역

1987년에서 1998년 사이 태안반도 지역에서 간척이 행해진 지역은 남면 당암리, 소원면 소근리, 원북면 황춘리·방갈리, 이원면 내리 등이다. 이 시기 국내에서는 다목적 종합개발 간척사업을 시행 중에 있었으며, 태안반도 지역에서는 간척되지 않은 소규모 만입지를 중심으로 간척이 이루어졌다. 이 시기 동안 태안반도 지역에서는 7.64km<sup>2</sup>의 토지가 증가하였다.

1998년에서 2004년 사이 태안반도 지역에서 간척사업이 행해진 지역은 이원면 내리가 대표적이며, 간척되지 않은 소규모 만입지에서 소규모 간척이 이루어졌다. 이 시기 국내에서는 다목적 종합개발 간척사업을 시행 중에 있었으며, 1990년 착공된 이원지구의 방조제 공사가 끝난 시기로 12.44km<sup>2</sup>의 토지가 증가하였다.



〈그림 28〉 1990년대~2000년대 해안선변화 지역

## 제4장 다중시기 원격탐사 자료를 이용한 토지이용 변화

### 1. 연구방법

과학기술의 급속한 발전과 더불어 인간 활동의 영역이 넓어지면서 자연환경의 파괴나 자원 고갈 등의 문제가 전 세계적으로 심각하게 대두되고 있다. 그러나 이들 각각의 상충되는 개발과 환경보전의 문제점들을 기존의 연구방법으로 감시, 분석하는 데는 한계가 있다. 따라서 이와 같은 문제점들을 종합적으로 분석하고 해결점을 구할 수 있는 하나의 대안으로서 원격탐사 기법이 도입되었다.

국내에서는 1970년대 이래 원격탐사에 관한 연구가 이루어졌으나 초기의 연구에는 한계가 있었다. 조명희(1984)는 Landsat MSS 70mm film의 밴드 7영상을 이용하여 농도분할(density slicing)기법으로 태풍 애그니스호 때의 영산강 침수지역 범위를 측정하고, 침수지역 분석에 density slicing 기법이 유용하다고 주장하였다. 한국해양연구소(1988)는 TM, MSS자료를 이용하여 금강하구의 조간대 지형변화를 분석하여 금강으로부터의 부유물질 이동, 확산형태와 표층수온의 분포 등을 연구하였다. 한국자원연구소(1993)는 원격탐사기법을 이용하여 낙동강하구의 삼각주 지질환경을 분석하면서, 하구둑 설치 전·후의 퇴적환경 변화가 하구 삼각주의 지형변화에 어떤 영향을 미치는지 규명하려 하였다.

간석지 변화에 대한 초기 연구로는 박동원(1976)의 연구가 있다. 그는 MSS 밴드 4, 5, 6을 칼라합성하여 육안분석으로 천수만의 간석지와 갯골지형을 조사하였다. 조명희·조화룡(1999)은 Landsat TM 영상을 이용하여 줄포만 간석지의 미지형을 무감독분류기법인 ISODATA 기법으로 분류하였고, 박재국(2000) 또한 서해안의 간석지 변화를 토지피복분류 기법을 통하여 분석하고 변화지역을 추출하였으며, 유영철(2000)도 Landsat TM 위성영상의 다중분광반사도 특성을 이용하여 퇴적물을 분류하고, 대규모 간척사업에 따른 해안선 및 해안선 인접지역의 지표피복 양상을 파악하였다.



외국에서는 일찍이 원격탐사를 이용한 연안환경변화에 관한 연구가 이루어졌다. Jensen 등(1993)은 미국내의 연안환경 변화를 항공사진으로 판독하였으며, Dobson 등(1992)은 NOAA 영상을 이용하여 연안토지피복도를 작성하고, 연안습지 및 연안주거 환경 등의 변화양상을 파악하였다. Zainal 등(1992)은 Landsat TM 영상을 이용하여 바레인 동쪽 해안의 간석지 변화를 분석하였다. 선분류 후비교법(Post-classification)을 이용하여 간석지의 변화면적을 산출하였다.

최근에는 토지이용, 지형분석, 광물자원탐사, 해양, 농업, 임업, 국토개발 및 관리, 환경변화의 감시 및 관리 등 광범위한 분야에서 이에 대한 응용연구가 진행되어 큰 효과를 얻고 있으며, 그 응용분야가 확대되어 가고 있다. 본 장에서는 위성영상 자료를 이용하여 태안군지역의 토지피복분류를 실시하고, 본 연구의 주된 지역인 간석지에 대해 시계열적인 분석을 통하여 간척에 따른 간석지의 토지이용변화를 알아보고자 하였다. PCI 7.0을 이용하여 위성영상을 보정하고, 분류 및 분석하였다.

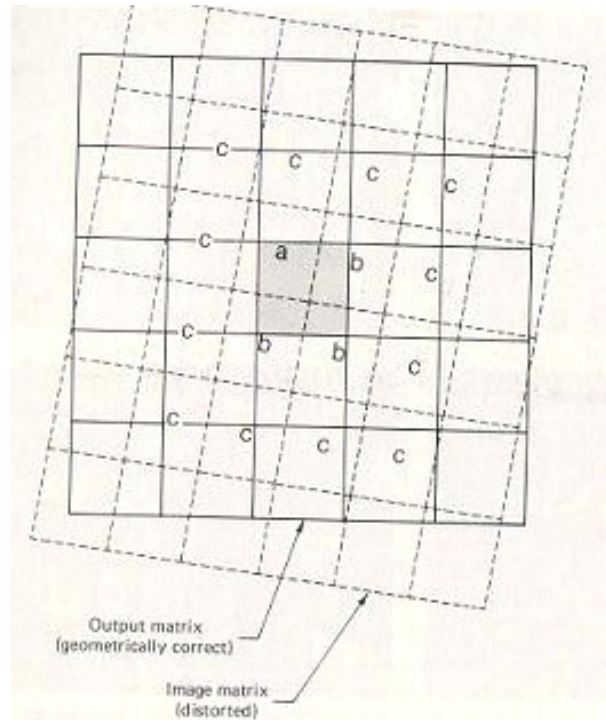
## 1) 원격탐사 자료의 전처리

원본 디지털 영상은 통상적으로 기하학적 왜곡을 지니고 있기 때문에 이들 영상을 그대로 사용할 수 없다. 이러한 왜곡의 출처는 센서 플랫폼의 고도, 자세 및 속도의 변화에서부터 파노라마 왜곡, 지구 곡률, 대기의 굴절, 기복 변화 및 센서 IFOV의 비선형적인 움직임 등과 같은 요소들까지 굉장히 다양하다. 기하 보정의 목적은 이들 요소에 의해 발생된 왜곡을 보정해서, 보정된 영상이 지도와 중첩하여 사용될 수 있도록 하는 것이다.

왜곡을 보정하는 방법은 일반적으로 두 가지 단계로 구성되어 있다. 우선, 시스템적인 혹은 예상 가능한 왜곡을 살펴보는 것이다. 그 다음, 근본적으로 무작위로 발생하거나 예측이 불가능한 왜곡을 보정하는 것이다.

시스템적인 왜곡은 잘 알려져 있으며, 왜곡의 출처를 수학적으로 모델링하여 추출한 공식을 적용하여 쉽게 보정을 할 수 있다. 예를 들어, 인공위성의 고도에서 Multi-spectral 스캐닝 과정에 포함된 가장 지배적인 시스템적 왜곡의 출처는 영상이 획득되는 동안 인공위성의 아래에 위치한 지구의 동쪽 방향으로 자전이다. 이러한 지구의 자전은 스캐너의 광학적인 Sweep을 이전 Sweep보다 미세하게 서쪽에 있는 대상지역으로 이동시킨다. 이러한 것을 통상 Skew 왜곡이라 부른다. 취득된 영상에 존재하는 Skew를 보정하는 기법(Deskewing Process)은 각각

모든 스캔 라인의 시작점을 조금씩 서쪽 방향으로 차감하는 것이다. 인공위성 Multi-spectral 스캐너 영상에서 비스듬한 평행사변형의 형태는 이러한 보정이 실행된 결과이다(Lillesand and Kiefer, 1994).



〈그림 29〉 기하보정 개념도(Lillesand and Kiefer, 1994)

무작위로 발생하는 왜곡과 나머지 알려져 있지 않은 시스템적인 왜곡들은 영상에 존재하는 잘 분포된 GCP(Ground Control Point)의 분석을 통해 보정된다. 왜곡된 영상에서 두 개의 영상좌표와 실제 지표좌표, 두 좌표체계에 수많은 GCP들이 보정 과정 중에 위치하게 된다. GCP는 위성영상과 지형도 양쪽에서 명확하게 인지되는 지점을 선정하여야 한다. 본 연구에서는 도로의 교차점, 저수지, 다리의 가장자리 등을 선정하였다. 사용된 지형도는 1 : 25,000 수치지형도이며, 2008년 9월 18일 영상과 Image to Map 방법을 이용하여 정합(整合)시킨 후, 1972년, 1984년, 1991년, 2000년 영상을 Image to Image 방법을 이용하여 기하보정하였다.

변환식은 지도좌표( $X_i, Y_i, i=1,n$ )와 영상좌표( $P_i, L_i, i=1,n$ )을 이용하여 Affine 변환식으로 좌표 변환하였다.

$$\begin{pmatrix} P \\ L \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a & b \\ d & e \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X \\ Y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} c \\ f \end{pmatrix} \quad (\text{식 - 1})$$

이 식에서 계수는 지상기준점의 지도좌표와 변환후의 지도좌표와의 오차자승법(RMS : root mean square)의 에러가 최소가 될 때까지 결정되는 최소자승법에 의해 구해지는데, 그 오차는 0.5화소(15m)이내가 되도록 하였다.

## 2) 영상분류(classification)

영상 분류 작업의 개괄적인 목표는 영상내에 존재하는 모든 픽셀을 몇 개의 토지피복 항목이나 주제별로 자동 항목화 하는 것이다. 그것은 각각의 화소들이 지표면 피복형태 같은 지표면 실측치와 상관식이 성립됨을 의미한다. 따라서 영상분류는 영상 안에 존재하는 모든 픽셀을 몇 개의 토지피복 항목이나 주제별로 자동분류 하는 것이다. 일반적으로 분류에는 다중분광 영상자료가 사용되며, 모든 픽셀의 데이터 내부에 존재하는 분광패턴은 항목화 과정의 수치적인 근거로 사용된다. 즉 서로 다른 물체의 형태는 고유한 분광 반사특성과 복사정도에 따라 자신만이 지닐 수 있는 DN값들의 조합을 형성한다. 이러한 점에서 분광패턴은 영상의 기하학적 특성이 결코 아니다. 즉 패턴이라는 용어는 각 픽셀에서 다양한 파장의 밴드에 따라 취득된 복사량의 집합체라 할 수 있다. 분광패턴인식(spectral pattern recognition)이란 자동적인 토지피복 분류과정의 근거로 각 픽셀의 분광정보를 사용하는 분류과정의 집합을 말한다(Jensen, 1998).

위성영상을 분류하는 대표적인 방법은 크게 세 가지가 있다. 감독분류(supervised classification)와 무감독분류(unsupervised classification)를 이용한 방법이 있고, 보조자료(ancillary data)를 이용한 혼성방법이 있다.

감독분류에는 Parallelepiped Classification(PLC), 최소거리 분류법(Minimum Distance to Means Classification : MDC), 최대우도분류법(Maximum Likelihood Classification : MLC)등이 있다. 이중에 어떤 기법을 선택할 것인가 하는 것은 분석할 영상의 특징과 분석가가 원하는 결과가 무엇인지에 따라 선택할 수 있다(Lillesand and Kiefer, 1994).

분류기법은 두 가지로 구별할 수 있다. 먼저 모수적(parametric) 분류기법으로 분류하고자

하는 클래스의 분광학적 특성에 대한 확률분포를 가정하고 몇몇 파라미터(평균, 분산)를 훈련 지역에서 추출하여 초기가정에 따라 확률함수를 구한 후 수행하는 기법이다. 다음으로 비모수적(non-parametric)분류 기법은 정규분포와 같은 일체의 초기가정을 하지 않고 수행하는 기법이다(Swain and Davis, 1978).

모수적기법은 미리 설정한 가정이 자연현상과 일치할 경우 상당히 정확히 분류할 수 있다. 그러나 실제 자연현상을 완벽히 대표하는 가정을 하기가 어렵고, 분류를 훌륭히 수행하려면 더 복잡하고 많은 가정을 필요로 하며, 훈련지역이 초기가정을 따르지 않는 경우 세분화해야 하는 문제점이 있다. 한편 비모수적기법은 모수적 기법에 비해 확률함수를 더 정확히 추정할 수 있는 가능성이 있다.

최대우도분류법은 각 훈련지역(training set)의 클래스가 정규분포를 이루고 있다고 가정을 하고 분류하고자 하는 픽셀을 각 훈련지역 클래스에 대한 가능성 $P_c$ 를 계산한 후 최대의 가능성을 갖는 클래스로 분류하는 방법이다. 만일 훈련지역의 클래스가 정규분포가 아닌 경우 훈련지역을 세분화 한 후 다시 선정해야 하며 훈련지역이 정규분포를 이루는지 확인해야 한다.

우선 각 훈련지역 클래스에 대한 평균픽셀 값  $M_c$ 와 각 밴드에 대한 공분산행렬(covariance matrix)을 알아야 한다. 분류하고자 하는 픽셀의 값을  $X$ 라 할 때 다음과 같은 식에 대입하여 가장 높은 확률을 갖는 클래스를 찾아낸다(Swain and Davis, 1978).

$$P_c = \{-0.5\log_e [\det(V_c)]\} - \left[0.5(X - M_c)^T V_c^{-1}(X - M_c)\right] \quad (\text{식 - 2})$$

$c$  : class

$\det(V_c)$  : covariance matrix

$M_c$  : covariance matrix of class  $c$

$X$  : measurement vector of an unknown pixel into class

최대우도분류법은 위 식에 의해 분류하고자 하는 픽셀의 클래스에 해당할 확률 $P_c$ 를 각각의 훈련지역 클래스에 대해 계산한 후 가장 큰 확률을 갖는 클래스로 분류하는 방법이다. 그런데 위 식은 분류하고자 하는 영역에서 각 클래스들이 가질 분포 확률이 같을 때를 가정한 식이라는데 문제가 있다. 보통 상식적으로 생각해볼 때 특정영역에서 각각의 클래스의 분포가 같을 수가 없다. 이것을 보정한 식을 Bayer's 결정원칙(decision rule)이라 하며 다음과 같이 클래스의 분포량에 따라 가중치를 적용하게 된다(Hord, 1982).

$$P_c(a_c) = \log(a_c) - \{0.5 \log_e [\det(V_c)]\} \quad (\text{식 - 3})$$

$$- \left[ 0.5 (X - M_c)^T (V_c^{-1}) (X - M_c) \right]$$

$P_c(a_c)$  : weighted probability

$a_c$  : priori probability

### 3) 분류의 정확도 측정(classification)

분류된 영상이 얼마나 정확도를 가지고 있는지를 측정하는 방법으로는 훈련지역(Training Site)을 이용하여 분류의 정확도를 추정하는 방법과 집단간의 분리도를 보는 방법 등이 있다. 본 연구에서는 고해상도 항공사진을 이용하여 분류 정확도를 측정하였다.

일반적으로 각 분류클래스의 정확도를 알기 위해 검증자료로 사용할 픽셀의 개수를 결정하는 것은 간단한 일이 아니다. 대부분의 연구에서는 이항분포(binomial distribution)를 가정한 방정식을 사용하기도 한다. Fitzpatrick-Lins(1981)는 다음과 같은 식을 검증자료의 픽셀 수 결정을 위해 제안하였다.

$$N = \frac{Z^2(p)(q)}{E^2} \quad (\text{식 - 4})$$

p : expected percent accuracy, q = 100 - p

E : allowable error, Z = 2

일반적으로 표본 추출은 통계적 신뢰성을 유지하기 위해 무작위적(random)으로 추출하게 된다. Congalton(1983)에 의하면 단순무작위 추출법(simple random sampling)은 표본의 수가 충분히 크기만 하면 결과를 적절히 표현한다는 사실을 알아냈다. 그러나 이 방법의 단점은 특정 클래스의 표본 수가 작아질 수 있다는 것이고 이는 분류 오차행렬의 결과에 영향을 미칠 수가 있다. 그리고 지표피복의 변화가 심한 지역은 체계적 추출법(systematic sampling)과 분류계층별 체계적 추출법(stratified systematic unaligned sampling)의 사용도 적절하나, 지표 피복의 변화가 심하지 않은 경우 정확도가 과장되어 나타나므로 사용에 주의를 기해야 한다. 현재 가장 많이 쓰이는 방법은 분류계층별 무작위 추출법(stratified random sampling)이다. 이 방법은 각 분류 클래스의 수를 충분히 획득 할 수 있으며 타당한 분류 오차행렬(error

matrix)을 만드는 것으로 인정되었다(Congalton, 1991). 본 연구에서는 이 방법을 이용해서 분류정확도의 시기별 변화가 크지 않다는 가정 하에, 각 지표피복 클래스의 조합에 대한 변화탐지 정확도를 평가하였다.

훈련지역은 얼마나 지표특성을 잘 나타내고, 분광특성이 균일한가가 중요하며, 영상전체에 걸쳐 골고루 분포하여야 한다. 본 연구에서는 각 시기의 영상에서 훈련지역을 취득하여 각 시기별 영상의 오차를 검증하였다.

#### 4) 선분류 후비교법(Post-Classification Comparison)

지표환경 변화 분석은 영상의 토지피복분류, 다중시기 영상분류, 연산, 식생지수 분석, 주성분분석, 변화벡터분석 등의 여러 가지 방법이 있는데, 자료 변환의 방법과 변화를 묘사하기 위해 쓰이는 분석기법에 의해 분류될 수 있다(Wickware and Howarth, 1981). Jensen(1998)은 변화탐지(Change detection)의 방법을 각각의 시간대에 독립적으로 클래스를 나누어 비교하는 방법과 다중시기 자료를 동시에 분석하는 방법으로 크게 구분하였다. 이 중 영상간 차연산(image differencing)은 가장 보편적인 방법으로 많은 적용연구(Tom and Miller, 1978; Singh, 1989)가 있었고, 차연산이나 비연산(ratioing)과 같이 단순한 방법들이 다른 복잡한 방법들에 비해 정확한 결과를 보여주기도 한다(Singh, 1989).

일반적으로 차연산기법은 적절한 임계값을 설정하는데 개인적인 주관이 가미되기 쉽고 검증되지 않은 방법으로 임계값을 설정할 가능성이 높다. 그리고 두 시기의 영상을 차연산을 통하여 처리하였을 때 다른 의미의 값이 절대적인 값으로 변하여 같은 의미로 해석되어지는 오류를 범할 수 있다. 또한 변화지역을 추출할 수는 있지만 변화 클래스를 파악할 수 없는 단점이 있다.

본 연구에서는 위와 같은 차연산기법의 단점을 보완하기 위하여 선분류 후비교법(Post Classification Comparison)을 사용하였다. 즉 서로 다른 시기의 영상을 토지피복 분류하고, 분류된 영상을 분류항목끼리 비교하고 변화양상, 변화면적 등을 분석하였다. 여기에서 생성된 영상은 변화한 픽셀 2개의 값과 변화하지 않은 1개의 픽셀 값으로 영상이 생성되며, 이것은 없어진 부분과 생성된 부분, 변화하지 않은 부분으로 나눌 수 있다. 이를 통하여 각 항목들이 어떤 토지피복에서 어떤 토지피복으로 변했는지를 정량적으로 파악하였다.

이러한 분석에서는 변화탐지를 수행하는 영상들의 기하학적보정이 정확해야 하며 분류정확

도가 높지 않을 경우 변화탐지의 신뢰도가 떨어질 수 있는 위험이 있으므로 최대한 분류정확도를 향상 시켜야 한다.

## 2. 분석에 이용된 원격탐사 자료

인공위성 원격탐사는 시기에 따라 변화하는 식생 등과 같은 지표 피복물질의 분광반사도 등을 주기적으로 동시에 관측하여 지표면의 변화를 체계적으로 감시, 관리할 수 있고, 또한 이를 분석할 수 있기 때문에, 지구환경 변화 및 변화추세 연구 등에 큰 이바지를 하고 있다.

본 연구에서는 간척 및 해안개발, 자연적인 요인에 의해 간척지의 토지이용 변화를 분석하기 위해 시기별 또는 연도별 지표면 현상에 대한 자료의 처리가 가능한 원격탐사 자료를 이용하였다. 다중시기(Multi-temporal) 자료에서 사용된 위성자료는 가능하면 관측년도는 달라도 관측시기, 즉 기상이나 식생의 활성도가 비슷한 동일 계절이나 조석 간만의 차가 비슷한 시기에 주사된 것이 이상적이지만 위성의 수명, 관측주기 및 기상 등의 요인 때문에 동일한 조건의 관측자료를 취득하기는 매우 어렵다. 또한 주사시기가 유사하여도 위성에 탑재된 분광감지기의 종류에 따라 지표피복물의 분광반사도가 달리 나타나므로, 가능한 동일계열의 분광감지기가 탑재된 인공위성 자료를 취득하는 것이 자료의 표준화에 바람직하기 때문에, 본 연구에서는 Landsat 영상을 근간으로 하여 사용하였다. 본 연구에 사용된 인공위성 원격탐사 자료로는 <표 20>에 표시된 것처럼 1972년도부터 2008년도 까지 주사된 각기 시기가 다른 Landsat data 5개 영상이며, 각 위성에 탑재된 센서의 유형에 따라 Temporal resolution, Spatial resolution, 및 Spectral resolution이 각기 다르다. 본 연구에서 사용된 각 위성자료의 제원은 <표 20>에 표시하였다.

Landsat 영상 한 scene으로 본 연구지역 전체를 분석할 수 없어, 동일한 날짜에 촬영된 각기 다른 Row의 영상을 mosaic 후, 기하보정을 실시하였다. 기하보정 후 태안반도 지역에 대해 masking 처리를 한 후 분류를 실시하였고, 이 중 갯벌에 대해서 다중시기 변화분석을 실시하였다. 서해안은 조석의 간만의 차가 크기 때문에 조석차에 의해 간척지의 면적이 변할 수 있으므로 조석이 비슷한 시기의 영상을 사용하여 분석하는 것이 마땅하나 일정한 간격을 가지면서 조석이 비슷한 영상을 취득하는데 어려움이 있어, 전체적인 변화 양상을 파악하기 위해 조석차는 배제하였다.

〈표 22〉 연구에 사용된 위성영상 제원

취득일	Path/Row	Band 수	해상도(m)	Platform	Sensor
1972.10.31	125/035	4	80	Landsat-1	MSS
	125/034				
1984.07.30	116/035	4	80	Landsat-5	MSS
	116/034				
1991.10.22	116/035	7	30	Landsat-5	TM
	116/034				
2000.11.23	116/035	7	30	Landsat-7	ETM+
	116/034				
2008.09.18	116/035	7	30	Landsat-5	TM
	116/034				

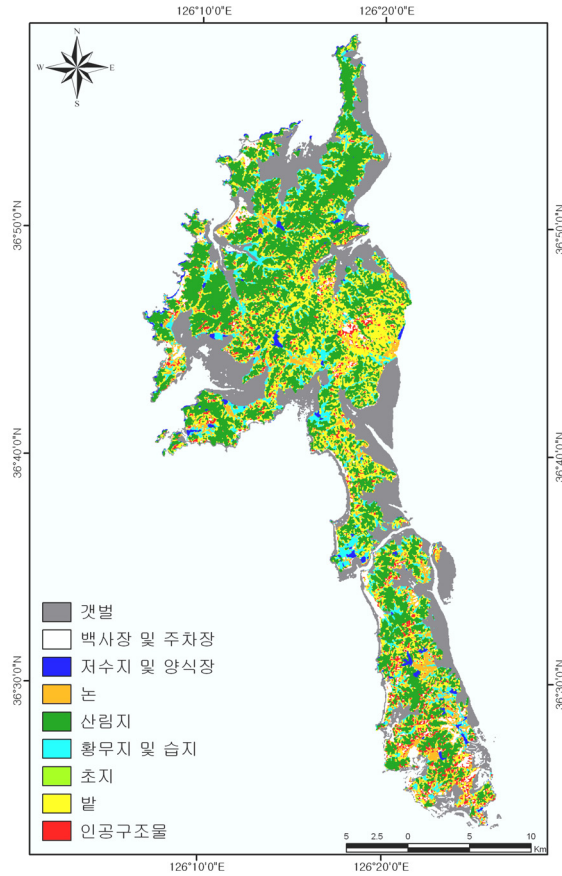
### 3. 태안반도 지역의 토지피복변화

Landsat 위성영상 한 scene으로는 태안반도지역을 관찰 할 수 없으므로, 태안반도 지역을 관찰 할 수 있는 Landsat 영상 중 path/row가 116/34, 116/35(Landsat-1의 경우 125/34, 116/35) 두 scene을 mosaic 처리 후 감독분류를 실시하였다. 분류항목은 갯벌, 백사장 및 주차장, 저수지 및 양식장, 논, 산림지, 황무지 및 습지, 초지, 밭, 인공구조물 등 총 9개의 class로 분류하였다.

#### 1) 1972년 토지피복

1972년 10월 영상 획득시의 조위는 고조위로 대부분의 갯벌이 수면 하로 잠겨 있어 1984년 영상의 갯벌을 합성하여 분석하였다. 즉, 갯벌을 제외한 지역은 1972년 10월 영상이며 갯벌은 1984년 영상으로 1972년 해안선을 기준으로 갯벌부분을 Crop해 1972년 영상과 mosaic을 하였다. 1972년 영상은 전체 분석의 기준년도가 되므로 전체적인 분석에 영향을 미치지 않을 것으로 가정하였고, 분석 결과 또한 그 가정에 부합하는 것으로 나타났다. 태안반도 지역의 토지이용현황을 살펴보면 산림지(206.8km<sup>2</sup>), 갯벌(153.2km<sup>2</sup>), 밭(115.6km<sup>2</sup>), 황무지 및 습지(43.0km<sup>2</sup>), 인공구조물(25.1km<sup>2</sup>), 논(25.1km<sup>2</sup>), 백사장 및 주차장(21.2km<sup>2</sup>), 저수지 및 양식장(8.2km<sup>2</sup>)순으로 나타났다. 특히 내륙 깊이 발달한 만입지를 따라 드넓게 형성된 갯벌이 잘 발달하였으며, 논보다 밭으로 이용되고 있는 지역이 많은 것이 특징이다(그림 30, 표 23).





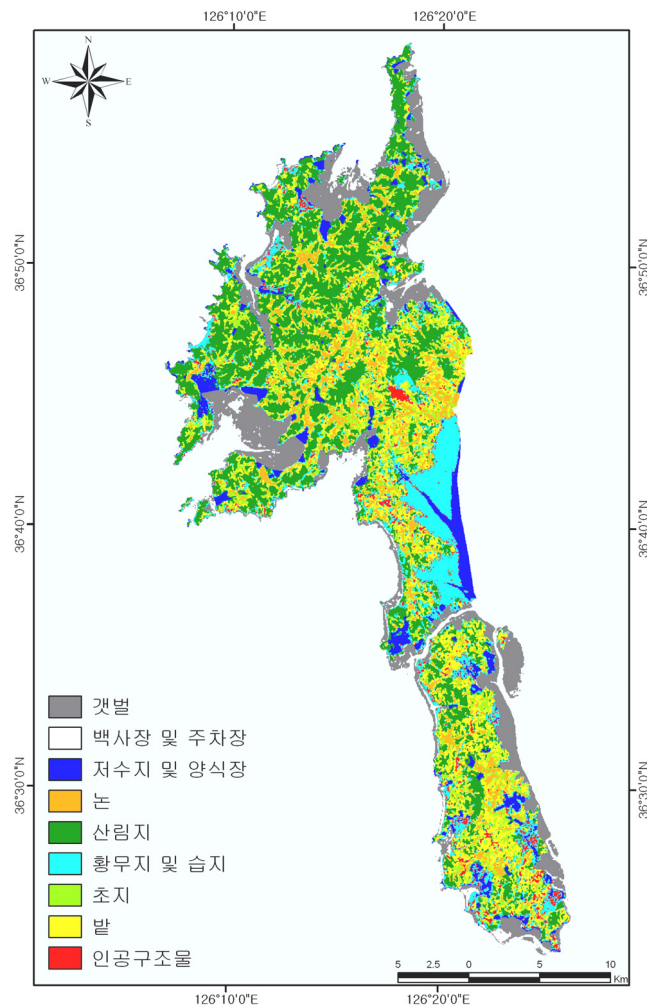
〈그림 30〉 태안반도 지역의 1972년 10월 토지이용 현황

〈표 23〉 1972년 10월 토지이용

Class	Pixel 수	Area(km <sup>2</sup> )	Rate(%)
갯벌	170,246	153.2	25.6
백사장 및 주차장	23,545	21.2	3.5
저수지 및 양식장	9,120	8.2	1.4
논	27,888	25.1	4.2
산림지	229,748	206.8	34.6
황무지 및 습지	47,782	43.0	7.2
초지	-	-	-
밭	128,412	115.6	19.3
인공구조물	27,896	25.1	4.2
계	664,637	598.20	100.0

## 2) 1984년 토지피복

1984년 7월 태안반도 지역의 토지이용현황을 살펴보면 산림지(172.4km<sup>2</sup>), 밭(98.7km<sup>2</sup>), 갯벌(97.7km<sup>2</sup>), 황무지 및 습지(76.2km<sup>2</sup>), 초지(48.9km<sup>2</sup>), 논(47.1km<sup>2</sup>), 저수지 및 양식장(34.6km<sup>2</sup>), 인공구조물(18.7km<sup>2</sup>), 백사장 및 주차장(7.2km<sup>2</sup>) 순으로 나타났다. 이 시기에는 내륙 깊숙이 발달한 소규모 만입지에 대한 간척이 이루어져 저수지 및 양식장의 면적이 급증하였고, 특히 서산B방조제의 물막이 공사가 끝나 천수만 내 태안읍지역과 남면지역의 갯벌이 황무지 및 습지로의 변화가 크게 나타났다(그림 31, 표 24).



〈그림 31〉 태안반도 지역의 1984년 7월 토지이용 현황

〈표 24〉 1984년 7월 토지이용

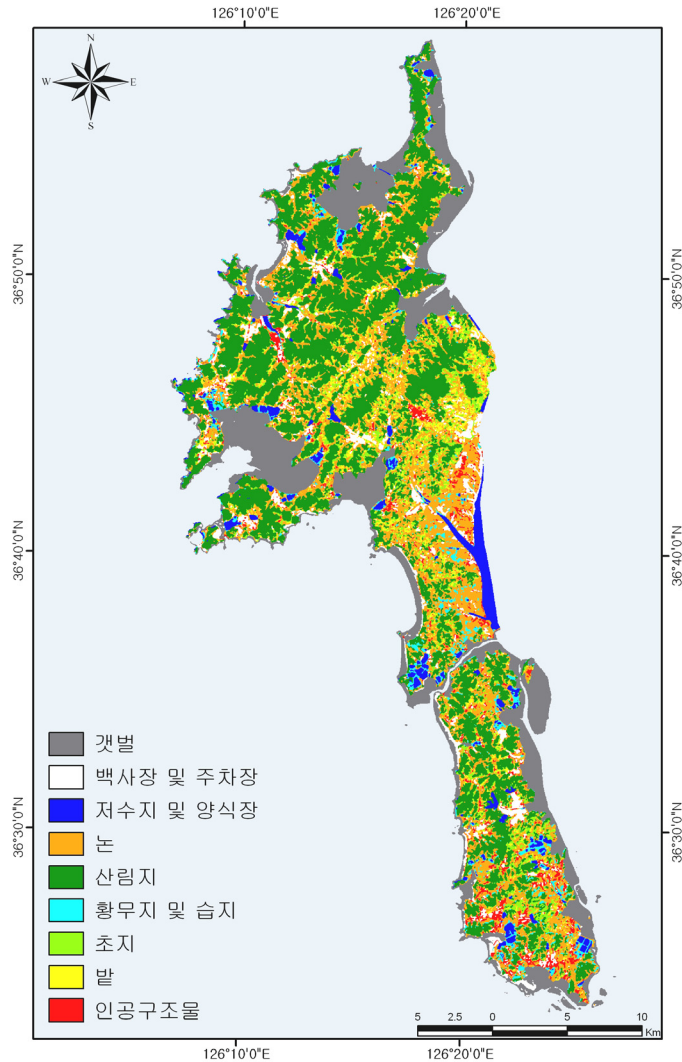
Class	Pixel 수	Area(km <sup>2</sup> )	Rate(%)
갯벌	108,551	97.7	16.2
백사장 및 주차장	7,964	7.2	1.2
저수지 및 양식장	38,471	34.6	5.8
논	52,297	47.1	7.8
산림지	191,558	172.4	28.7
황무지 및 습지	84,640	76.2	12.7
초지	54,296	48.9	8.1
밭	109,694	98.7	16.4
인공구조물	20,761	18.7	3.1
계	668,232	601.4	100.0

### 3) 1991년 토지피복

1991년 10월 태안반도 지역의 토지이용현황을 살펴보면 산림지(214.8km<sup>2</sup>), 논(140.7km<sup>2</sup>), 갯벌(125.9km<sup>2</sup>), 백사장 및 주차장(34.0km<sup>2</sup>), 초지(30.9km<sup>2</sup>), 밭(26.0km<sup>2</sup>), 저수지 및 양식장(24.7km<sup>2</sup>), 인공구조물(18.9km<sup>2</sup>), 황무지 및 습지(18.1km<sup>2</sup>) 순으로 나타났다. 이 시기에는 서산B방조제로 형성된 넓은 지역이 논으로 변한 것을 알 수 있으며, 소규모 만입지에서 간척으로 형성된 저수지 및 양식장이 황무지 및 습지로 변하였음을 알 수 있다(그림 32, 표 25).

〈표 25〉 1991년 10월 토지이용

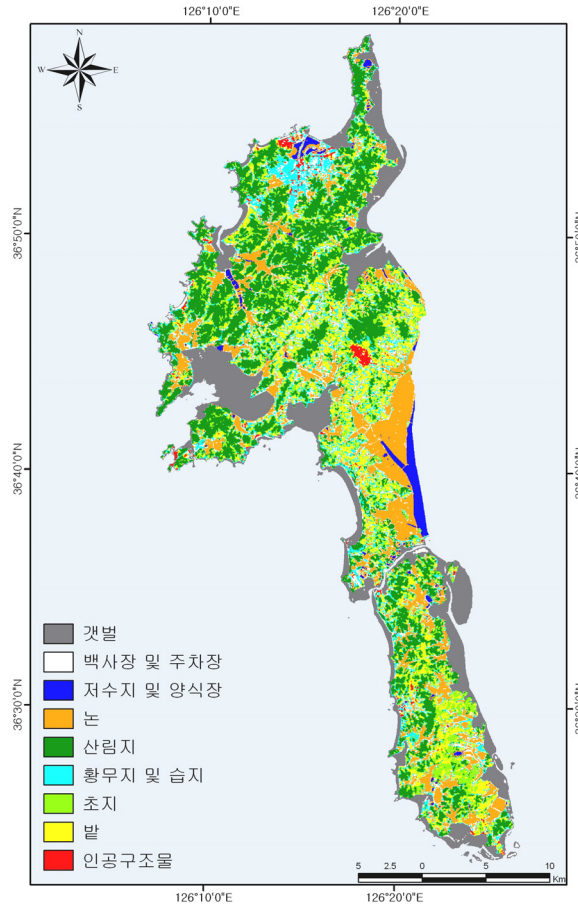
Class	Pixel 수	Area(km <sup>2</sup> )	Rate(%)
갯벌	139,847	125.9	19.9
백사장 및 주차장	37,805	34.0	5.4
저수지 및 양식장	27,458	24.7	3.9
논	156,337	140.7	22.2
산림지	238,619	214.8	33.9
황무지 및 습지	20,057	18.1	2.8
초지	34,362	30.9	4.9
밭	28,904	26.0	4.1
인공구조물	20,963	18.9	3.0
계	704,352	633.9	100.0



〈그림 32〉 태안반도 지역의 1991년 10월 토지이용 현황

#### 4) 2000년 토지피복

2000년 11월 태안반도 지역의 토지이용현황을 살펴보면 산림지(165.5km<sup>2</sup>), 갯벌(114.0km<sup>2</sup>), 논(91.4km<sup>2</sup>), 밭(70.8km<sup>2</sup>), 초지(65.2km<sup>2</sup>), 황무지 및 습지(61.1km<sup>2</sup>), 백사장 및 주차장(51.1km<sup>2</sup>), 저수지 및 양식장(11.9km<sup>2</sup>), 인공구조물(7.1km<sup>2</sup>) 순으로 나타났다. 이 시기는 이원방조제 물막이 공사가 끝난 시점으로 이원갯벌 대부분이 황무지 및 습지로 변화하였음을 알 수 있다(그림 33, 표 26).



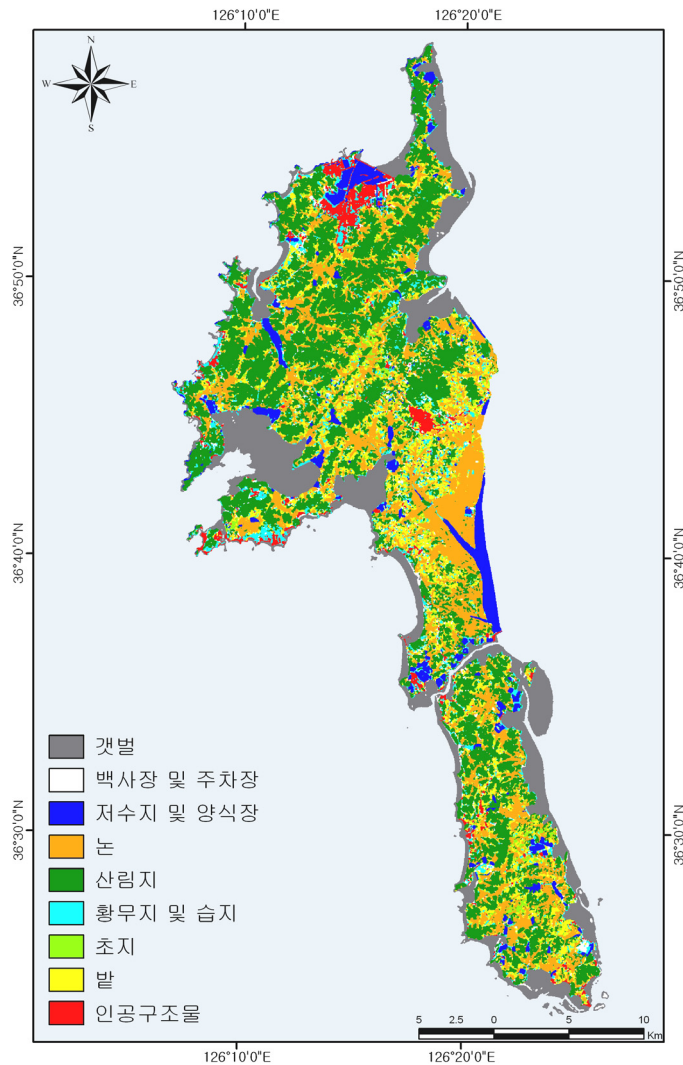
〈그림 33〉 태안반도 지역의 2000년 11월 토지이용 현황

〈표 26〉 2000년 11월 토지이용

Class	Pixel 수	Area(km <sup>2</sup> )	Rate(%)
갯벌	126,668	114.0	17.9
백사장 및 주차장	56,768	51.1	8.0
저수지 및 양식장	13,276	11.9	1.9
논	101,545	91.4	14.3
산림지	183,869	165.5	25.9
황무지 및 습지	67,840	61.1	9.6
초지	72,455	65.2	10.2
밭	78,710	70.8	11.1
인공구조물	7,835	7.1	1.1
계	708,966	638.1	100.0

### 5) 2008년 토지피복

2008년 9월 태안반도 지역의 토지이용현황을 살펴보면 산림지(214.9km<sup>2</sup>), 논(125.5km<sup>2</sup>), 갯벌(117.3km<sup>2</sup>), 밭(64.8km<sup>2</sup>), 저수지 및 양식장(32.6km<sup>2</sup>), 황무지 및 습지(32.3km<sup>2</sup>), 인공구조물(20.2km<sup>2</sup>), 백사장 및 주차장(15.3km<sup>2</sup>), 초지(14.6km<sup>2</sup>) 순으로 나타났다(그림 34, 표 27).



〈그림 34〉 태안반도 지역의 2008년 9월 토지이용 현황

〈표 27〉 2008년 9월 토지이용

Class	Pixel 수	Area(km <sup>2</sup> )	Rate(%)
갯벌	130,354	117.3	18.4
백사장 및 주차장	17,038	15.3	2.4
저수지 및 양식장	36,186	32.6	5.1
논	139,452	125.5	19.7
산림지	238,748	214.9	33.7
황무지 및 습지	35,865	32.3	5.1
초지	16,196	14.6	2.3
밭	71,994	64.8	10.2
인공구조물	22,443	20.2	3.2
계	708,276	637.4	100.0

#### 4. 갯벌의 토지이용변화

간척사업의 직접적인 영향을 받는 갯벌지역이 간척에 따른 토지이용변화가 어떻게 일어나는지에 대해 알아보하고자, 1972년 10월 해안선을 기준으로 각 시기별 영상의 육지부분에 대해 masking 처리를 실시하였다. 각각의 영상은 masking 처리 지역 외에 대해 피복분류를 실시하였고, 3×3 median filtering을 통해 거친 이미지의 영상을 부드러운 이미지로 처리 한 후 선분류 후비교법(Post-Classification Comparison)을 통해 각 시기별 영상(1972년~1984년, 1984년~1991년, 1991년~2000년, 2000년~2008년)을 분석하였다.

조석차가 각기 다른 영상 중 1972년을 갯벌을 기준으로 육지지역을 masking 한 영상을 이용하여 태안반도 지역에서의 갯벌면적을 살펴 본 결과 2000년 11월 영상에서 192.1km<sup>2</sup>의 면적이 산출되었다.

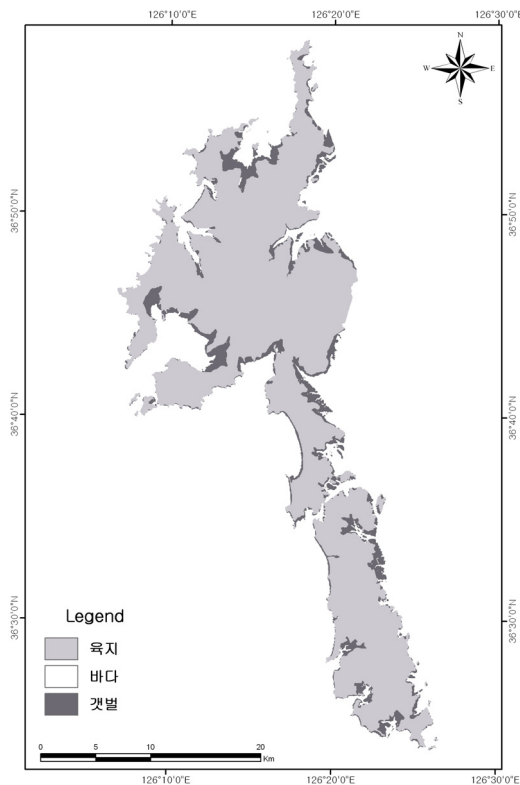
##### 1) 각 시기별 갯벌의 토지이용

1972년 10월 영상을 통해 토지이용을 살펴보면 62.2km<sup>2</sup>의 면적이 갯벌로 나타났다. 1984년 7월 영상을 살펴보면 갯벌(132.1km<sup>2</sup>), 습지(44.8km<sup>2</sup>), 호수 및 염전(9.3km<sup>2</sup>), 논(4.5km<sup>2</sup>)의 순으로 갯벌이 변화하였음을 알 수 있다. 1991년 10월 영상은 갯벌(120.5km<sup>2</sup>), 습지(32.7km<sup>2</sup>), 논(15.4km<sup>2</sup>), 호수 및 염전(15.1km<sup>2</sup>), 나대지(1.1km<sup>2</sup>) 순이었으며, 2000년 11월 영상은 갯벌(113.6km<sup>2</sup>), 논(38.7km<sup>2</sup>), 습지(25.4km<sup>2</sup>), 호수

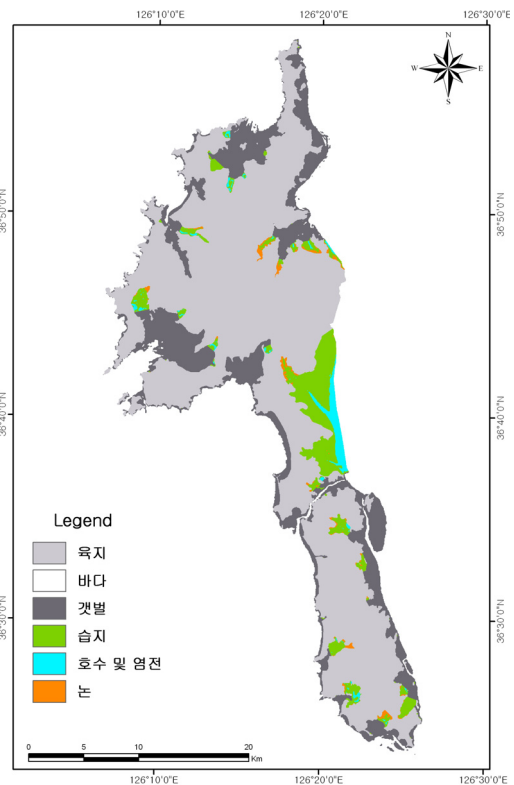
및 염전(11.3km<sup>2</sup>), 나대지(3.0km<sup>2</sup>) 순이었으며, 2008년 9월 영상은 갯벌(92.0km<sup>2</sup>), 논(43.1km<sup>2</sup>), 호수 및 염전(15.0km<sup>2</sup>), 나대지(11.7km<sup>2</sup>), 습지(8.7km<sup>2</sup>) 순으로 나타났다. 그 결과는 다음 그림 및 표와 같다.

〈표 28〉 1972년 갯벌의 면적

class	Pixels	Area(km <sup>2</sup> )	Rate(%)
육지	495,323	445.8	13.6
바다	3,068,410	2,761.6	84.5
갯벌	69,067	62.2	1.9
습지	0	0	0.0
호수 및 염전	0	0	0.0
논	0	0	0.0
나대지	0	0	0.0
계	3,632,800	3,269.5	100.0



〈그림 35〉 1972년 태안반도 갯벌지역의 토지이용현황

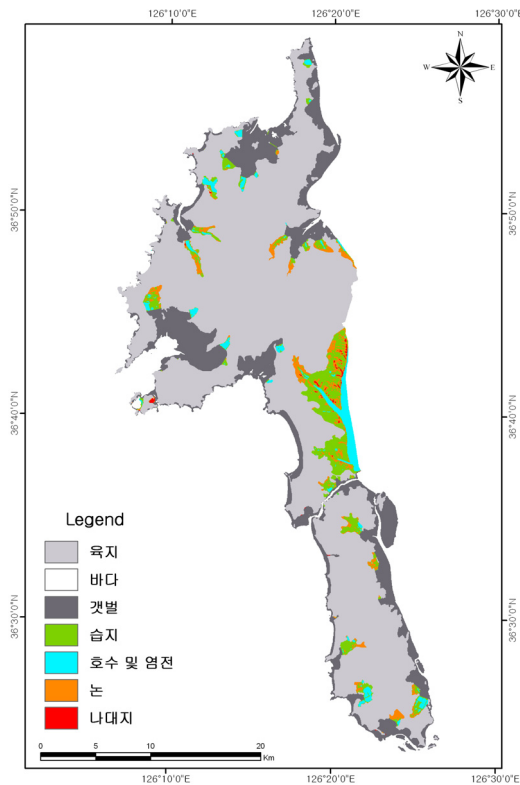


〈그림 36〉 1984년 태안반도 갯벌지역의 토지이용현황

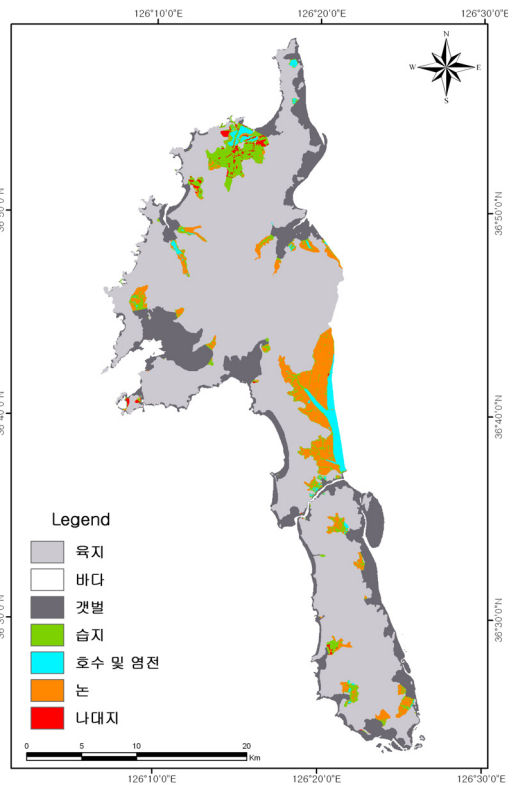


〈표 29〉 1984년 갯벌의 면적

class	Pixels	Area(km <sup>2</sup> )	Rate(%)
육지	495,388	445.8	13.6
바다	2,925,553	2,633.0	80.5
갯벌	146,800	132.1	4.0
습지	49,752	44.8	1.4
호수 및 염전	10,357	9.3	0.3
논	4,950	4.5	0.1
나대지	0	0	0.0
계	3,632,800	3,269.5	100.0



〈그림 37〉 1991년 태안반도 갯벌지역의 토지이용현황



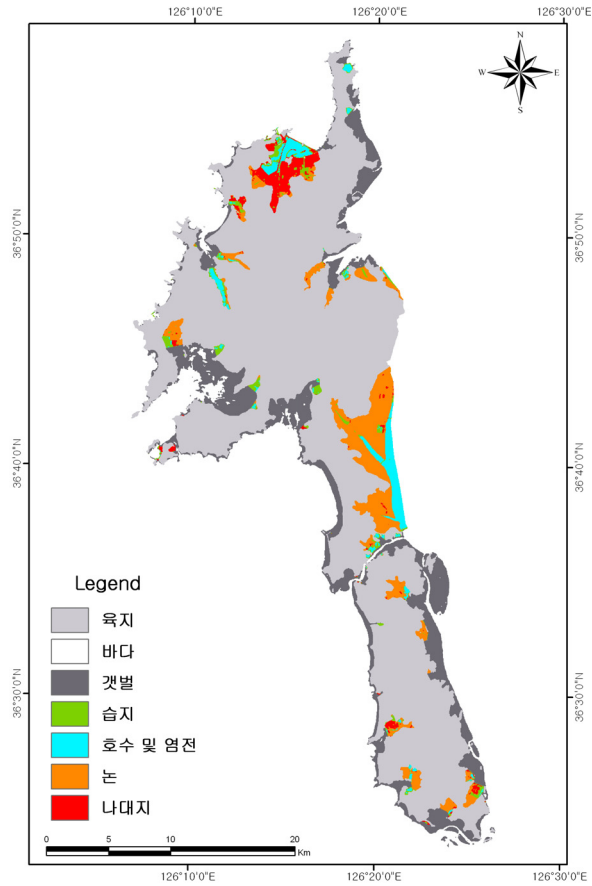
〈그림 38〉 2000년 태안반도 갯벌지역의 토지이용현황

〈표 30〉 1991년 갯벌의 면적

class	Pixels	Area(km <sup>2</sup> )	Rate(%)
육지	495,576	446.0	13.6
바다	2,931,998	2,638.8	80.7
갯벌	133,869	120.5	3.7
습지	36,283	32.7	1.0
호수 및 염전	16,795	15.1	0.5
논	17,063	15.4	0.5
나대지	1,246	1.1	0.0
계	3,632,800	3,269.5	100.0

〈표 31〉 2000년 갯벌의 면적

class	Pixels	Area(km <sup>2</sup> )	Rate(%)
육지	495,576	446.0	13.6
바다	2,923,802	2631.4	80.5
갯벌	126,255	113.6	3.5
습지	28,557	25.4	0.8
호수 및 염전	12,557	11.3	0.4
논	43,043	38.7	1.2
나대지	3370	3.0	0.1
계	3,632,800	3,269.5	100.0



〈그림 39〉 2008년 태안반도 갯벌지역의 토지이용현황

〈표 32〉 2008년 갯벌의 면적

class	Pixels	Area(km <sup>2</sup> )	Rate(%)
육지	495,576	446.0	13.6
바다	2,947,775	2653.0	81.1
갯벌	102,276	92.0	2.8
습지	9,688	8.7	0.3
호수 및 염전	16,691	15.0	0.5
논	47,838	43.1	1.3
나대지	12,956	11.7	0.4
계	3,632,800	3,269.5	100.0

본 연구에서는 분류의 정확도 검증을 위해 분류 오차 행렬(Error matrix)을 이용하여 정확도 검증을 하였다. 분류 오차는 객관적으로 타당하게 생성해야 하는데, 훈련집단(training set)으로 사용한 영역을 그대로 분류 오차표 생성에 사용하면 전체 정확도가 과대평가된다. 또한 검증 자료 표본 추출 시 무작위가 아닌 분석가의 주관에 관여해도 정확도를 과장되게 하는 경향이 있다. 따라서 본 연구에서는 검증 자료를 이용하여 정확도를 평가하였다.

분류 오차는 다음과 같이 3가지 정확도를 보여주고 있다(Story and Congalton, 1986). 분류 오차의 대각선에 해당하는 화소의 총합을 전체 검증자료로 쓰인 화소로 나눈 정확도를 전체 정확도(overall accuracy), 분석가의 입장에서 특정 지역을 분류기법이 얼마나 정확히 분류해 내는가가 관점인 생산자 정확도(producer's accuracy), 지표피복도를 사용하는 입장에서 생성된 지표피복도가 과연 전체적으로 실제 지표피복과 얼마나 일치하는가 하는 사용자 정확도(user's accuracy)로 구분된다.

최대우도분류법에 사용한 검증 자료의 화소 수는 각 연도별로 총 60개 화소를 사용하였다. 2008년의 경우 육지 0개, 바다 11개, 갯벌 11개, 습지 6개, 호수 및 염전 10개, 논 14개, 나대지 7개 화소를 사용하였다. 전체적으로 육지부분이 masking 처리가 된 연구지역 갯벌에 골고루 분포하고 균일한 지역 분광특성을 갖는 지역을 선택하였다. 다른 4개 연도의 검증 화소들은 2008년도에 사용된 화소들의 지리적 위치를 그대로 사용하여 검증하였다.

전체정확도 면에서 대부분의 영상이 90% 이상의 정확도를 보여 전체적으로 훈련 지역으로 선택한 지역이 올바르게 선택되었음을 의미한다(표 35). 그러나 생산자 정확도와 사용자 정확도를 보면 습지 클래스와 나대지 클래스가 다른 클래스에 비해 낮음을 알 수 있는데, 이는 갯벌을 간척 후 염분을 제거하는 과정에서 드러나는 특성이 습지와 나대지 두 가지 특성 모두를 보여주기 때문인 것으로 생각된다.

〈표 33〉 정확도 검증결과: 사용자 정확도(%)

class \ year	1972.10.31.	1984.07.30.	1991.10.22.	2000.11.23.	2008.09.18.
육지	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
바다	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
갯벌	100.00	89.47	92.31	90.91	90.91
습지	0.00	94.44	90.00	87.50	85.71
호수 및 염전	0.00	80.00	92.31	100.00	100.00
논	0.00	83.33	100.00	100.00	100.00
나대지	0.00	0.00	75.00	100.00	85.71

〈표 34〉 정확도 검증결과: 생산자 정확도(%)

class \ year	1972.10.31.	1984.07.30.	1991.10.22.	2000.11.23.	2008.09.18.
육지	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
바다	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
갯벌	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
습지	0.00	85.00	81.82	87.50	85.71
호수 및 염전	0.00	80.00	100.00	100.00	100.00
논	0.00	83.33	80.00	100.00	93.33
나대지	0.00	0.00	100.00	80.00	85.71

〈표 35〉 정확도 검증결과: 전체 정확도(%)

	1972.10.31.	1984.07.30.	1991.10.22.	2000.11.23.	2008.09.18.
accuracy	100.00	91.67	93.33	96.67	95.00

다음 <표 36> ~ <표 40>은 각 연도별 분류 오차 행렬(error matrix)이다.

〈표 36〉 1972년 분류정확도 평가 error matrix

class	code	1	2	3	4	5	6	7	Total
육지	1	0	0	0	0	0	0	0	0
바다	2	0	39	0	0	0	0	0	39
갯벌	3	0	0	21	0	0	0	0	21
습지	4	0	0	0	0	0	0	0	0
호수 및 염전	5	0	0	0	0	0	0	0	0
논	6	0	0	0	0	0	0	0	0
나대지	7	0	0	0	0	0	0	0	0
Total		0	39	21	0	0	0	0	60
Overall accuracy		100.000							
Kappa statistic		1.000							

〈표 37〉 1984년 분류정확도 평가 error matrix

class	code	1	2	3	4	5	6	7	Total
육지	1	0	0	0	0	0	0	0	0
바다	2	0	12	0	0	0	0	0	12
갯벌	3	0	0	17	1	1	0	0	19
습지	4	0	0	0	17	0	0	0	18
호수 및 염전	5	0	0	0	1	4	0	0	5
논	6	0	0	0	1	0	0	0	6
나대지	7	0	0	0	0	0	0	0	0
Total		0	12	17	20	5	6	0	60
Overall accuracy		91.675							
Kappa statistic		0.889							

〈표 38〉 1991년 분류정확도 평가 error matrix

class	code	1	2	3	4	5	6	7	Total
육지	1	0	0	0	0	0	0	0	0
바다	2	0	12	0	0	0	0	0	12
갯벌	3	0	0	12	1	0	0	0	13
습지	4	0	0	0	9	0	1	0	10
호수 및 염전	5	0	0	0	0	12	1	0	13
논	6	0	0	0	0	0	8	0	84
나대지	7	0	0	0	1	0	0	3	3
Total		0	12	12	11	12	10	3	60
Overall accuracy		93.333							
Kappa statistic		0.918							

〈표 39〉 2000년 분류정확도 평가 error matrix

class	code	1	2	3	4	5	6	7	Total
육지	1	0	0	0	0	0	0	0	0
바다	2	0	11	0	0	0	0	0	11
갯벌	3	0	0	10	1	0	0	0	11
습지	4	0	0	0	7	0	0	1	8
호수 및 염전	5	0	0	0	0	9	0	0	9
논	6	0	0	0	0	0	17	0	17
나대지	7	0	0	0	0	0	0	4	4
Total		0	11	10	8	9	17	5	0
Overall accuracy		96.667							
Kappa statistic		0.959							

〈표 40〉 2008년 분류정확도 평가 error matrix

class	code	1	2	3	4	5	6	7	Total
육지	1	0	0	0	0	0	0	0	0
바다	2	0	11	0	0	0	0	0	11
갯벌	3	0	0	10	1	0	0	0	11
습지	4	0	0	0	6	0	0	1	7
호수 및 염전	5	0	0	0	0	10	0	0	10
논	6	0	0	0	0	0	14	0	14
나대지	7	0	0	0	0	0	1	6	7
Total		0	11	10	7	10	15	7	60
Overall accuracy		95.000							
Kappa statistic		0.939							

## 2) 갯벌의 토지이용변화 탐지

태안반도 지역에서 간척에 따른 갯벌의 토지이용변화 양상을 시계열적으로 분석하기 위해 서 1972년 10월 31일 현재의 해안선을 기준으로 갯벌을 추출한 후 선분류 후비교법(Post-Classification Comparison)을 통해 각 시기별(1972년~1984년, 1984년~1991년, 1991년~2000년, 2000년~2008년) 영상을 분석하였다.

우선 1972년에서 1984년 사이의 갯벌의 토지이용변화를 살펴보면, 바다의 경우 간척에 의해서 습지나 호수 및 염전으로의 변화가 가장 크게 일어났으며, 갯벌 또한 습지나 호수 및 염전으로의 변화가 가장 크게 일어났음을 알 수 있다. 특히 바다에서 논으로의 변화는 12.4ha에

불과한 반면 갯벌에서 논으로의 변화는 433.1ha로, 간척 후 일정시간이 지나야 농경지로 이용할 수 있음을 알 수 있다(표 41). 바다에서 갯벌로의 변화량인 9,720.4ha는 조석차에 따른 갯벌의 증가에 기인한 것으로, 조석차가 각기 다른 위성영상을 사용하여 발생한 현상으로 파악된다.

〈표 41〉 1972~1984년 갯벌의 토지이용 변화탐지 Matrix(단위: ha)

Class	육지	바다	갯벌	습지	호수 및 염전	논	나대지
육지	-	16.9	-	-	-	-	-
바다	22.8	-	9,720.4	2,361.3	776.9	12.4	-
갯벌	-	29.7	-	2,116.4	155.3	433.1	-
습지	-	-	-	-	-	-	-
호수 및 염전	-	-	-	-	-	-	-
논	-	-	-	-	-	-	-
나대지	-	-	-	-	-	-	-

1984년에서 1991년 사이의 갯벌의 토지이용변화를 살펴보면 바다의 경우 습지, 호수 및 염전, 논으로의 변화가 각각 6.3ha, 5.2ha, 1.5ha 발생하였고, 갯벌의 경우 습지(253.0ha), 호수 및 염전(188.9ha), 논(107.8ha), 나대지(26.0ha)의 순으로 토지이용이 변화하였다. 습지의 경우 논(971.4ha), 호수 및 염전(473.0ha), 나대지(84.7ha)의 순으로 토지이용이 변화하였고, 호수 및 염전의 경우 습지(76.9ha), 논(9.5ha), 나대지(1.4ha)의 순으로 토지이용이 변화했음을 알 수 있다(표 42).

〈표 42〉 1984~1991년 갯벌의 토지이용 변화탐지 Matrix(단위: ha)

Class	육지	바다	갯벌	습지	호수 및 염전	논	나대지
육지	-	-	-	-	-	-	-
바다	16.9	-	390.8	6.3	5.2	1.5	-
갯벌	-	1000.8	-	253.0	188.9	107.8	26.0
습지	-	-	19.3	-	473.0	971.4	84.7
호수 및 염전	-	-	-	76.9	-	9.5	1.4
논	-	-	-	-	-	-	-
나대지	-	-	-	-	-	-	-



1991년에서 2000년 사이의 갯벌의 토지이용변화를 살펴보면 바다의 경우 습지(37.3ha), 호수 및 염전(9.5ha), 나대지(6.5ha), 논(1.1ha)의 순으로 토지이용이 변화하였고, 갯벌의 경우 습지(973.9ha), 호수 및 염전(183.1ha), 나대지(169.7ha), 논(46.7ha) 순으로, 습지의 경우 논(1,932.8ha), 호수 및 염전(108.2ha), 나대지(51.2ha) 순으로, 호수 및 염전의 경우 습지(338.1ha), 논(287.1ha), 나대지(62.2ha)순으로, 논의 경우 습지(6.0ha), 호수 및 염전(1.4ha), 나대지(0.9ha) 순으로, 나대지의 경우 논(80.2ha), 습지(10.7ha), 호수 및 염전(1.9ha) 순으로 변화하였음을 알 수 있다(표 43).

〈표 43〉 1991~2000년 갯벌의 토지이용 변화탐지 Matrix(단위: ha)

Class	육지	바다	갯벌	습지	호수 및 염전	논	나대지
육지		-	-	-	-	-	-
바다	-		722.8	37.3	9.5	1.1	6.5
갯벌	-	95.4		973.9	183.1	46.7	169.7
습지	-	-	1.5		108.2	1,932.8	51.2
호수 및 염전	-	-	-	338.1		287.1	60.2
논	-	-	1.4	6.0	1.4		0.9
나대지	-	-	4.6	10.7	1.9	80.2	

2000년에서 2008년 사이의 갯벌의 토지이용변화를 살펴보면 갯벌의 경우 습지(2.1ha), 나대지(1.9ha) 순으로, 습지의 경우 논(916.6ha), 나대지(799.0ha), 호수 및 염전(274.1ha) 순으로, 호수 및 염전의 경우 습지(68.2ha), 논(21.5ha) 순으로, 논은 습지(232.4ha), 호수 및 염전(176.3ha), 나대지(115.1ha) 순으로, 나대지의 경우 습지(23.0ha), 논(18.5ha), 호수 및 염전(11.3ha) 순으로 토지이용이 변화하였음을 알 수 있다(표 44).

이상의 결과를 통해 간척에 따른 갯벌의 토지이용변화를 살펴보면 간척을 한 직후 갯벌은 습지로의 변화를 보이고 다시 습지는 호수(양식장 포함) 및 염전으로 이용되다가 논(또는 나대지)으로 변화하는 것을 알 수 있다. 이러한 현상은 이미 알려진 대로 갯벌지역에서 간척사업을 통해 획득된 토지는 염분을 머금고 있기 때문에 곧바로 경작지로 이용할 수 없고, 습지나 호수 및 염전과 같은 토지이용을 통하여 소금기를 제거하고 경작지로 이용되고 있음을 알 수 있다.

또한 경작지의 증가에 따라 진입로 개설이나 기타 배수시설설치에 따른 나대지의 증가가 나타나고 있음을 알 수 있다.

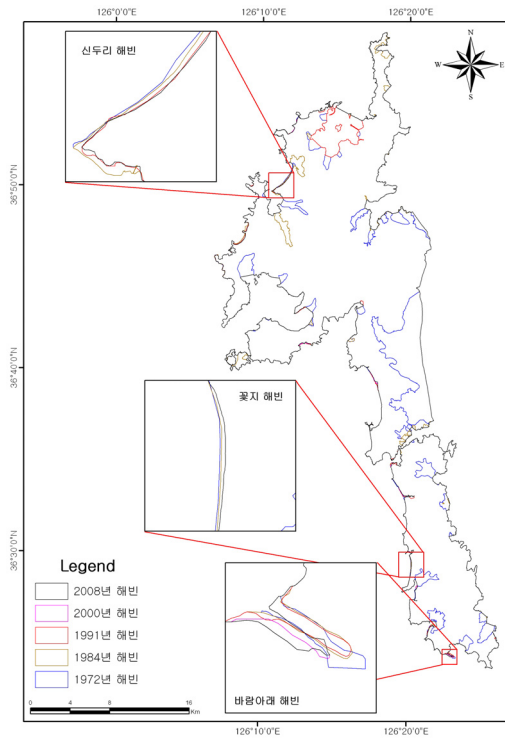
〈표 44〉 2000~2008년 갯벌의 토지이용 변화탐지 Matrix(단위: ha)

Class	육지	바다	갯벌	습지	호수 및 염전	논	나대지
육지	-	-	-	-	-	-	-
바다	-	-	-	-	-	-	-
갯벌	-	2157.6	-	2.1	-	-	1.9
습지	-	-	1.8	-	274.1	916.6	799.0
호수 및 염전	-	-	-	68.2	-	21.5	-
논	-	-	1.3	232.4	176.3	-	115.1
나대지	-	-	0.4	23.0	11.3	18.5	-

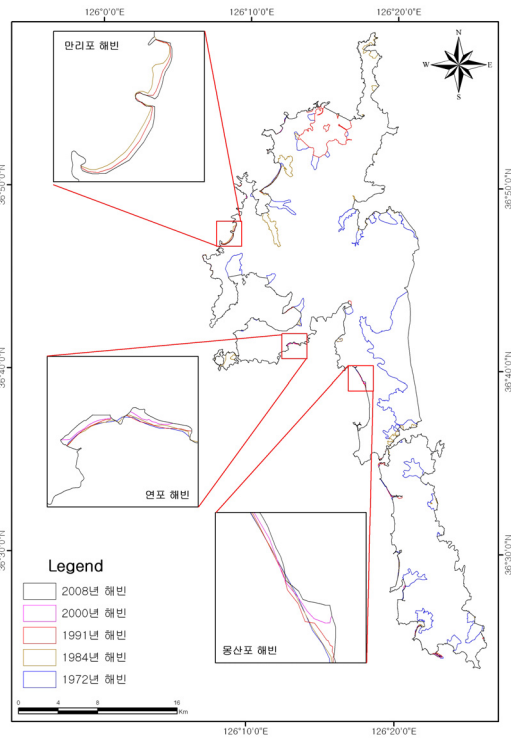
### 3) 갯벌 및 해빈 변화

갯벌에 대한 토지피복결과를 바탕으로 태안반도의 주요 해빈의 해안선의 자연적인 변화 양상을 분석해보았다. 대상지는 북쪽부터 남쪽으로 신두리 해빈, 만리포 해빈, 연포 해빈, 몽산포 해빈, 꽃지 해빈, 바람아래 해빈 등 6개 지역이다. 대상지 6곳은 갯벌의 주요 구성물이 모래로 현재는 중요한 해수욕장으로 이용되고 있는 곳이다.

신두리 해빈의 경우 지속적으로 해빈이 후퇴하고 있음을 알 수 있었는데, 1972년에서 1984년 사이 68m 정도 해빈이 후퇴하였고, 1984년에서 1991년 사이는 63m, 1991년에서 2000년 사이는 16m, 2000년에서 2008년 사이는 약간 량 후퇴한 것으로 나타났다. 특히 신두리 해빈의 남서측 돌출부에서 그 정도가 심했다. Landsat 영상의 해상도를 고려하더라도 전체적으로 약 150m 정도 후퇴한 것으로 나타났다(그림 40).



〈그림 40〉 1972년~2008년 사이 해빈의  
자연적 변화 1



〈그림 41〉 1972년~2008년 사이 해빈의  
자연적 변화 2

꽃지 해변의 경우 1972년에서 1984년 사이에 17m, 1984년에서 1991년 사이에 51m, 1991년에서 2008년 사이에는 약간 량이 후퇴한 것으로 나타났다(그림 40). 꽃지 해변의 모래가 사라지고 있는 것은 이미 알려진 사실이며, 이러한 현상이 장기적으로 일어나고 있었음을 본 영상 분석에서 알 수 있었다.

바람아래 해변의 경우 다른 5곳의 해변과 다른 방식의 변화가 발생하였다. 1972년에서 1984년 사이에는 전체적인 체적의 축소와 함께 남서방향으로 24m 정도 이동하였고, 1984년에서 1991년 사이에는 이동은 없었으나 육지와 맞닿는 부분부터 모래의 양이 늘어났고(육지와 맞닿는 부분에서는 44m정도 남서방향으로 성장), 1991년에서 2000년 사이에는 전체적으로 남서방향으로 60m정도 이동하였다. 2000년에서 2008년 사이에 바람아래 해변은 남서방향으로 73m 정도 성장하였다(그림 40). 결국 1972년에서 2000년 사이 어떠한 이유로 바람아래 해변의 내측인 북동쪽은 침식이, 남서쪽은 퇴적이 일어나 해변의 이동현상이 발생하였고, 2000년에서 2008년 사이에는 북동측의 침식이 수그러들고 남서측의 퇴적은 활발히 진행된 것으로 나타났다.

만리포 해변의 경우 1972년에서 1984년 사이 77m 정도 후퇴하였고, 1984년에서 1991년 사이에 72m 정도 후퇴하였다. 그 후 2008년까지 약간 량의 후퇴만이 발행하였다(그림 41). 만리포 해변에 인접해 있는 천리포 해변 또한 비슷한 변화량을 보이고 있는 것으로 나타났다. 이 기간 동안 총 150m 정도 후퇴 한 것으로 나타나 신두리 해변과 비슷한 량의 후퇴가 있었던 것으로 분석되었다.

연포 해변은 근흥면 도항리 남측에 위치하고 있는 해변으로 다른 해변은 서해와 북서방향으로 연하여 형성되어 있는 반면에 연포 해변은 서해와 남쪽방향으로 연하고 있다는 차이점이 있다. 연포 해변은 1972년에서 1984년 사이 16m, 1984년에서 1991년 사이 13m, 1991년에서 2000년 사이 38m, 2000년에서 2008년 사이에 34m의 후퇴가 발생한 것으로 나타났다(그림 41). 태안반도 북측의 해변과는 달리 현재도 꾸준히 해변의 후퇴가 발생하고 있는 것으로 나타나 해변 보존의 대책이 시급한 실정이다.

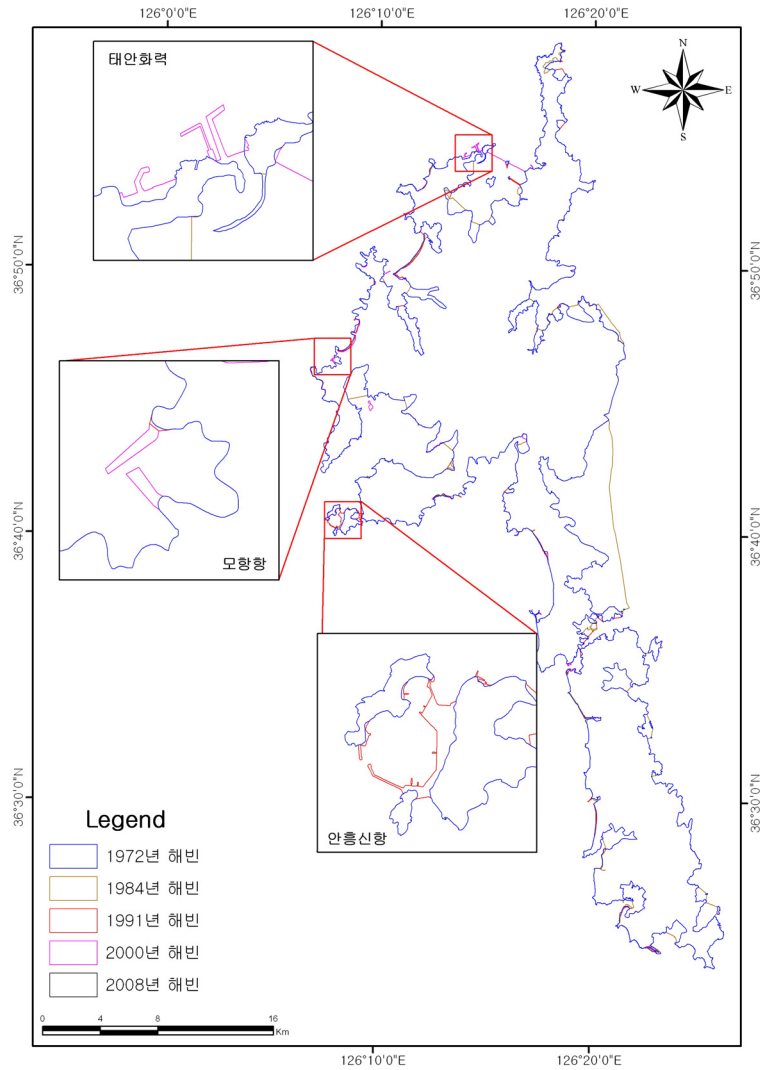
몽산포 해변은 남면 신장리 서측의 서해와 연한 곳에 위치하고 있는 해변으로 남쪽으로 달산포, 청포대 해변과 연결되어 있다. 1972년에서 1984년 사이 6m의 해변이 후퇴하였고, 1984년에서 1991년 사이 13m, 1991년에서 2000년 사이에 7m, 2000년에서 2008년 사이에 33m의 해변이 후퇴한 것으로 나타났다(그림 41).

인위적인 항만건설이나 방파제 건설로 인한 해안선의 변화나 면적의 변화를 알아보기 위해 태안반도에서 대규모 항만시설이 들어선 3곳을 대상으로 각 시기별 토지피복결과를 중첩분석해 보았다. 대상지역은 원북면 방갈리의 태안화력지역, 소원면 모항리의 모항항지역, 근흥면 신진도리의 안흥신항지역이다.

태안화력지역은 배후에 이원갯벌이 넓게 발달한 곳으로 배후지 개발을 위해 1990년 간척을 시작하여 2009년 준공되었다. 총 매립면적은 1,352ha이며 이중 간척지는 777ha이다. 화력발전소용 항구를 건설하면서 약 3km의 해안선이 증가하였다. 물론 이원방조제 건설로 이원갯벌 내부의 복잡한 해안선은 매우 단조로워졌다. 소원면 모항리의 모항항지역은 항구개발에 따른 방파제 건설로 약 1.4km의 해안선이 증가하였고, 3.7ha의 면적이 증가하였고, 근흥면 신진도리의 안흥신항지역은 약 8km의 해안선이 증가하였고 면적은 약 50ha 증가하였다(그림 42).

이상의 결과를 놓고 보면 자연상태의 현재 태안반도 지역 해변은 전체적으로 후퇴하고 있거나 퇴적환경의 변화를 겪고 있는 것으로 나타났다. 이러한 현상이 자연적인 것인지 아니면 태안반도 지역에서 활발히 진행되었던 간척에 의한 영향인지는 추후 연구가 더 필요한 실정이다.

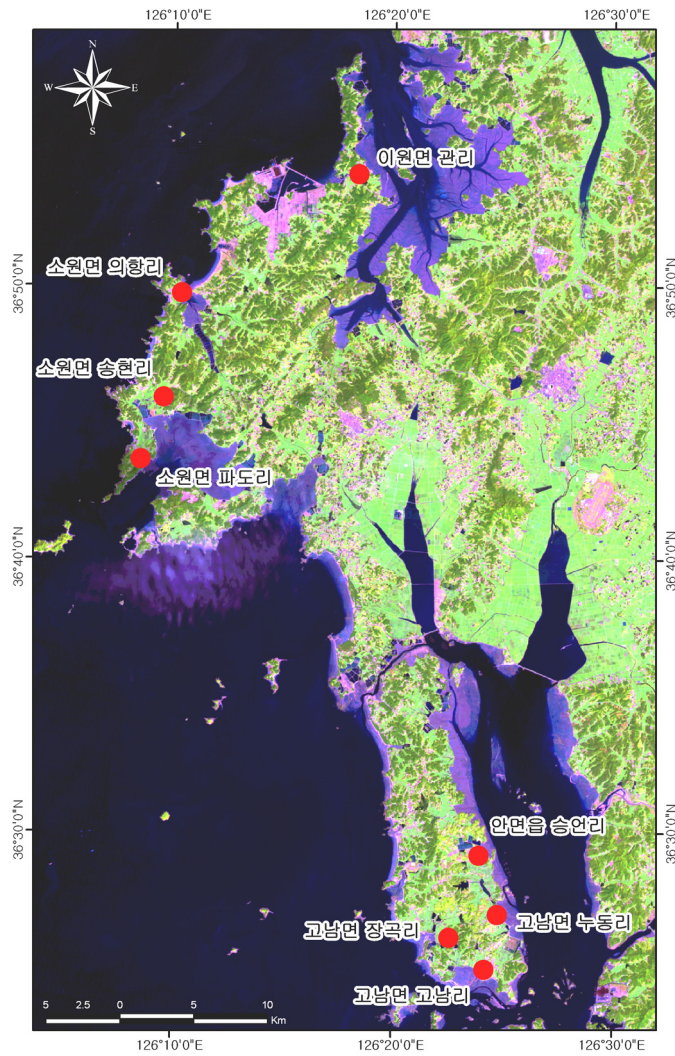
반면에 인위적인 항만건설이나 방파제 건설, 도선장 건설 등으로 해안선이 증가한 곳도 있는데, 대표적인 지역이 태안화력발전소 인근지역과 모항항 지역, 안흥신항만 지역 등이다. 이 세 곳에서 약 12km의 해안선이 증가한 것으로 나타났다.



〈그림 42〉 1972년~2008년 사이 해빈의 인위적 변화

## 제5장 간척사업에 대한 지역민들의 의식조사

### 1. 설문조사 지역 및 설문방법



〈그림 43〉 설문조사지역 위치도

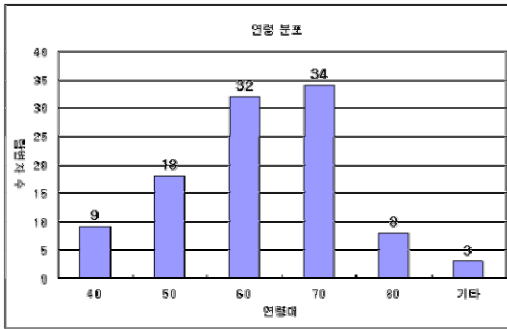
간척지에 대한 간척이 지역거주민들에 미친 영향을 살펴보기 위해 설문조사 및 인터뷰를 실시하였다. 설문조사 및 인터뷰를 실시하기 앞서 문헌조사를 통하여 태안반도 지역에서 과거 간척사업이 행해졌거나 혹은 진행 중인 지역 중 총 8개의 마을을 선정하였다. 선정된 지역은 이원면 관리, 소원면 의항리·송현리·파도리, 안면읍 승언리, 고남면 장곡리·고남리·누동리 등이다. 이 중 고남면 고남리와 이원면 관리는 1980년대 이후 간척이 진행된 곳이며, 나머지 지역은 일제시대부터 간척이 조금씩 진행되어 1980년 이전에 간척이 완료된 것으로 조사되었다.

이원면 관리 18명, 소원면 의항리 16명, 송현리 9명, 파도리 17명, 안면읍 승언리 7명, 고남면 장곡리 8명, 고남리 12명, 누동리 17명 등 총 104명이 설문에 응하였다. 설문조사는 2009년 10월 13, 14, 15일 3일에 걸쳐 실시하였고, 설문문항은 총 16문항이었으며, 인터뷰를 통해 내용을 보완하였다.

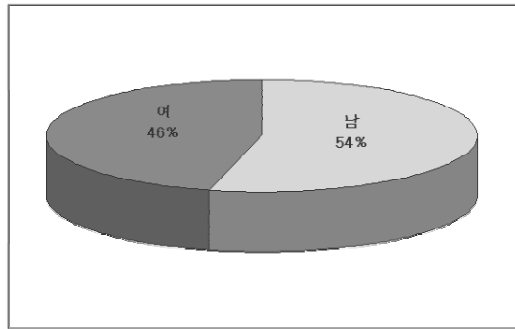
## 2. 설문결과

설문조사 결과를 살펴보면, 총 8개 마을에서 설문에 응한 사람은 104명으로 설문응답자의 연령분포를 살펴보면 60~70대가 60% 이상을 차지하고, 40대가 9%, 50대가 17%, 80대가 8%, 40대 이하가 3%를 차지하고 있다(그림 44). 이상의 결과는 설문조사지역의 간척이 오랜 과거부터 이루어져 간척을 알고 있을 만한 연령대에게 설문을 의도적으로 행한 부분도 일부 있지만, 실제 설문을 위해 마을을 방문했을 때 접촉이 가능한 마을주민들의 연령대라 해도 무리가 없을 것으로 판단된다. 이러한 경향은 우리나라 농어촌의 고령화를 단편적으로 보여주고 있는 것으로 나타났다. 전체응답자 중 남자는 54%, 여자는 46%를 차지하고 있는 것으로 조사되었다(그림 45).

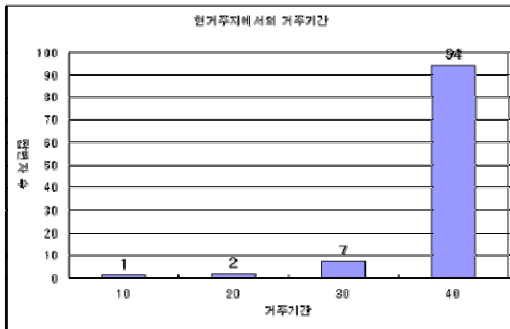
전체 응답자 중 90%가 넘는 94명이 현 거주지에서의 40년 이상(평생 포함)(그림 46) 거주한 것으로 조사되어, 응답자들의 거주지역에 대한 정확한 정보를 획득 할 수 있을 것으로 기대되었다. 현거주지의 간척역사 인지유무를 묻은 질문에 94% 이상(그림 47)이 간척역사를 알고 있는 것으로 나타났으며, 나머지 6%는 주로 외부에서 결혼 등의 이유로 유입된 타지 사람으로 거주지역의 간척역사에 대해 정확히 알고 있는 것은 아니지만 인지는 하고 있는 것으로 조사되었다.



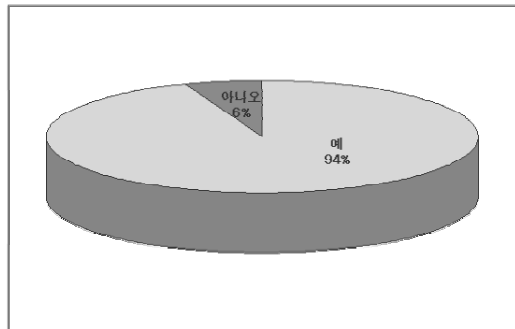
〈그림 44〉 설문응답자 연령분포  
(응답자 수: 104명)



〈그림 45〉 설문응답자 성비(응답자 수: 104명)



〈그림 46〉 현거주지에서 세세 거주기간  
(응답자 수: 104명)

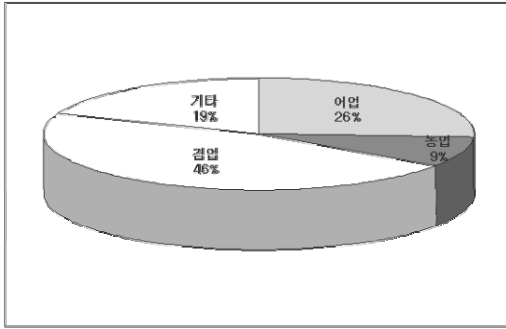


〈그림 47〉 현거주지의 간척역사 인지유무  
(응답자 수: 104명)

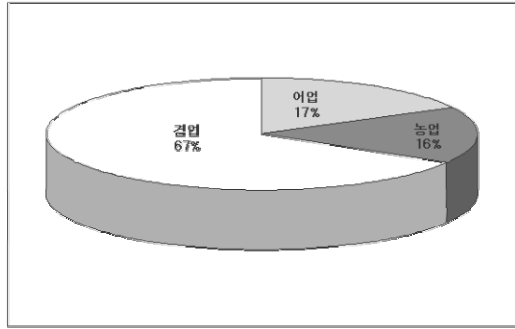
간척사업으로 인해 변화된 생활양식을 알아보기 위해 간척사업 이전의 직업에 대한 질문에서 어업이 26%(27명), 농업이 9%(9명), 겸업이 46%(48명), 기타 19%(20명)로 조사되었고(그림 48), 간척사업 이후의 직업은 겸업이 67%(69명), 어업이 17%(18명), 농업이 16%(17명)으로 조사되어(그림 49), 간척 사업 후 겸업이 약 21%정도 증가한 것을 알 수 있다.

간척사업 이전의 어업이나 농업방식에 대한 조사에서(겸업의 경우 어업과 농업에 해당사항 있을 시 대답) 어업의 경우 총 76명이 답변하였고, 갯벌에서의 맨손어업이 압도적으로 많은 90%(68명)를 차지하고 있었으며 다음으로 선박 5%(4명), 양식장 5%(4명)로 조사되었다(그림 50). 농업의 경우 밭 경작이 65%(37명), 논 경작이 33%(19명), 기타 2%(1명)로 조사되었다(그림 51). 이 같은 결과는 완만한 경사를 가지고 복잡한 해안을 이루며 해양과 맞닿는 태안반도 지역의 지형적인 요인과 매우 큰 조석차로 인해 간척지가 잘 발달한 반면에 그에 반해 발달이 빈약한 평야지대에 적응하며 살아가는 태안반도 지역주민들의 삶을 잘 반영하고 있는 것으로 판단된다.

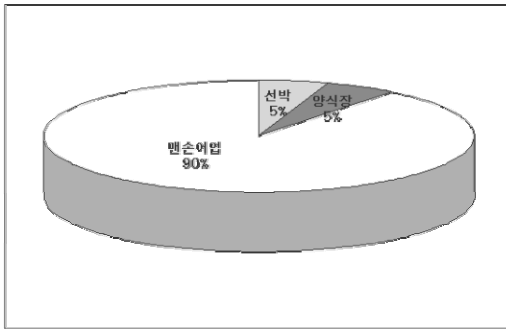




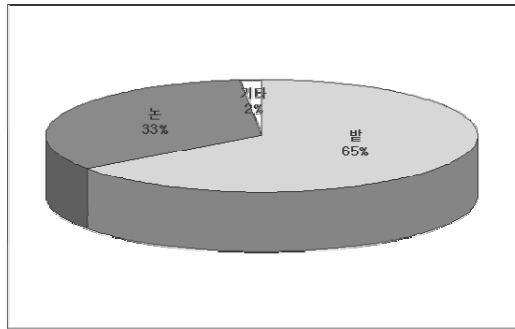
〈그림 48〉 간척사업 이전의 직업  
(응답자 수: 104명)



〈그림 49〉 간척사업 이후의 직업  
(응답자 수: 104명)



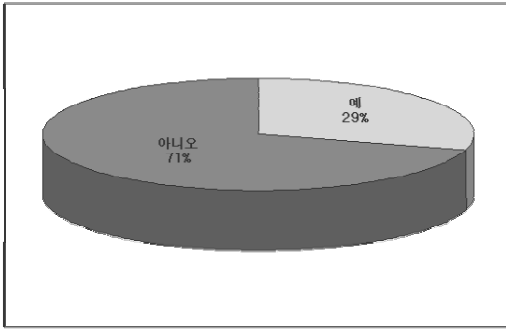
〈그림 50〉 간척사업 이전의 어업방식  
(응답자수: 76명)



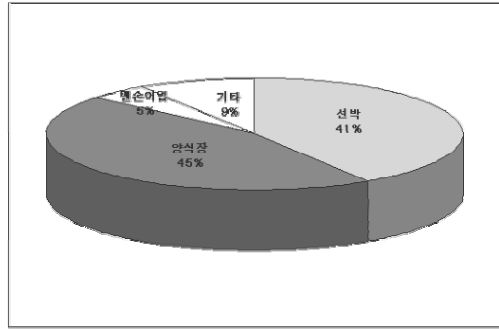
〈그림 51〉 간척사업 이전의 농업방식  
(응답자수: 57명)

간척사업 후의 생활양식의 변화를 알아보기 위해 직업과 관련되어 총 6개의 문항을 가지고 설문을 실시하였다. 간척사업 후 어업방식의 변화가 있었는지의 질문에 총 75명이 답변을 하였고, 그 중 71%(53명)가 변화가 없다고 답변한 반면 29%(22명)는 어업방식의 변화가 있었다고 답했다(그림 52). 어업방식의 변화가 있었다고 답변한 22명을 대상으로 간척사업 후 어업방식이 어떻게 변했는지에 대한 질문에서는 양식장 45%(10명), 선박 41%(9명), 기타 9%(2명), 맨손어업 5%(1명)로 조사되었다(그림 53).

이러한 결과는 선박이나 양식장과 같은 초기 비용이 많이 들어가는 전업어민보다 어업과 농업의 겸업이 많은 태안반도 지역의 특성을 반영하고 있는 것으로 생각되며, 또한 평시에는 간척으로 형성된 농지에서 농사를 짓고, 바다물이 빠지는 간조시에는 갯벌에서 맨손어업으로 어로 활동을 하고 있기 때문인 것으로 조사되었다.



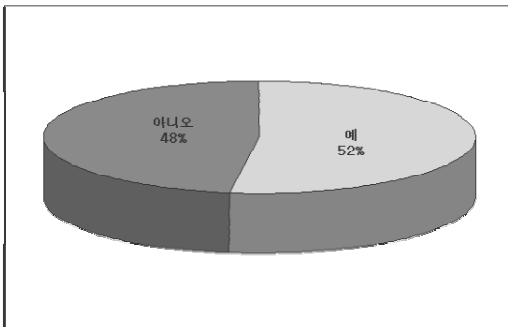
〈그림 52〉 간척사업 후 어업방식의 변화유무  
(응답자수: 75명)



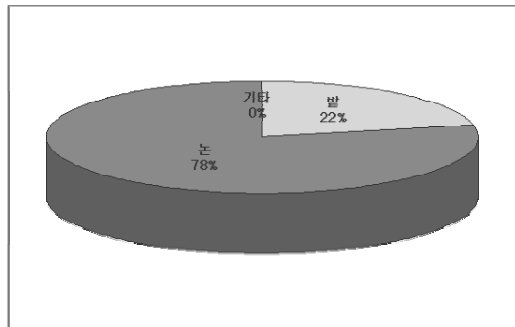
〈그림 53〉 간척사업 후 변화된 어업방식  
(응답자수: 22명)

간척사업 후 농업방식의 변화가 있었는지에 대한 질문에 총 71명이 답변을 하였으며, 그중 52%인 37명이 변화가 있었다고 답변한 반면에 48%인 34명은 변화가 없었다고 답변하였다(그림 54). 변화가 있었다고 답변한 37명을 대상으로 농업방식이 어떻게 변했는지에 대한 질문에 78%인 29명이 밭 경작에서 논 경작으로 변하였다고 답변하였고, 22%인 8명은 논지재배에서 밭 경작으로 변하였다고 답변하였다(그림 55).

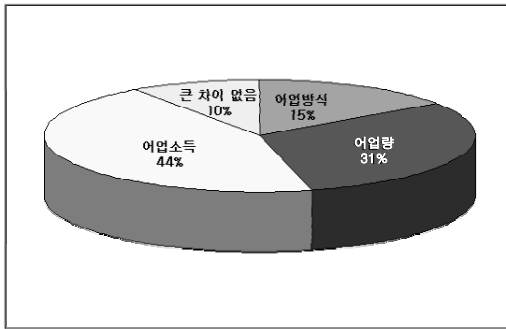
이러한 결과는 간척사업으로 인해 늘어난 경지로 논 경작으로 증가하였고, 그 빈자리를 논지재배를 하던 주민들이 밭 경작지로 유입된 결과로 조사되었다. 농업방식의 변화가 없었다는 주민들과의 인터뷰에서 간척을 하였지만 농지를 구입할 여력이 없어 농업방식의 변화가 없었다를 가장 큰 요인으로 뽑았다.



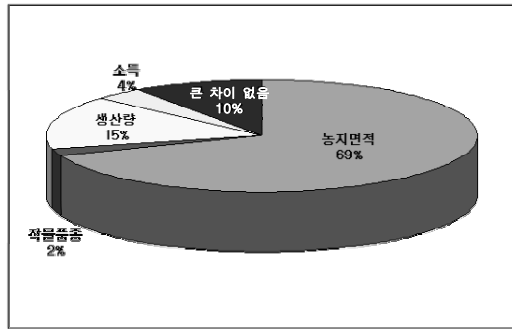
〈그림 54〉 간척사업 후 농업방식의 변화유무  
(응답자수: 71명)



〈그림 55〉 간척사업 후 변화된 농업방식  
(응답자수: 37명)



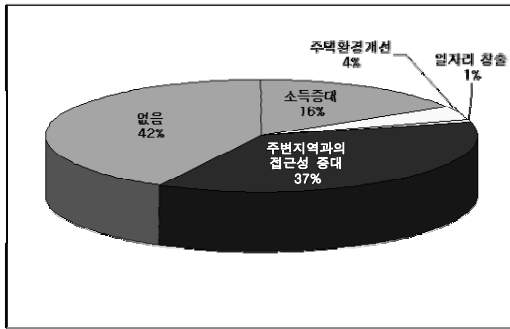
〈그림 58〉 간척사업 후 어업분야에서 가장 큰 변화(응답자 수: 52명)



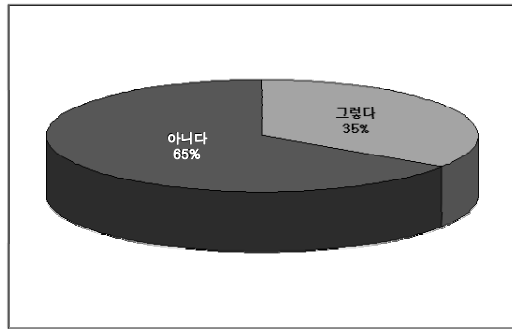
〈그림 59〉 간척사업 후 농업분야에서 가장 큰 변화(응답자 수: 52명)

간척사업 후 어업분야에서 가장 큰 변화는 어떤 것인지에 대한 질문에 총 52명이 답변하였는데 그 결과를 살펴보면 어업소득의 증가가 44%(23명), 어업량의 증가가 31%(16명), 어업방식이 15%(8명), 큰 차이 없음이 10%(5명)로 조사되었다(그림 56). 어업방식의 현대화에 따른 어업량의 증가나, 과거에 비해 수산물 가격이 오름으로써 발생하는 현상으로 파악되어, 간척사업과는 큰 연관성을 찾기 어려웠다. 간척사업 후 농업분야에서 가장 큰 변화는 어떤 것인지에 대한 질문에 총 52명이 응답하였는데 그 결과를 살펴보면 농지면적의 증가가 69%(36명), 생산량의 증가가 15%(8명), 소득의 변화가 4%(2명), 작물품종 변화가 2%(1명), 큰 차이 없음이 10%(5명)로 조사되었다(그림 57). 어업분야에 비해서 농업분야에서는 간척사업과의 연관성을 쉽게 찾을 수가 있었는데, 농지면적의 증가나 생산량의 증가에서 간척사업의 결과를 알 수 있었다.

간척사업에 대한 지역주민들의 의식을 알아보기 위한 질문 2개와 그 이유에 대한 인터뷰를 실시하였다. 우선 간척사업이 이득이 되었다고 생각되는 점을 뽑아보라는 질문에 42%인 44명이 없음이라고 선택하였고, 37%인 38명이 주변지역과의 접근성 증대를 뽑았으며, 소득증대는 16%인 17명이, 주택환경개선은 4%인 4명, 일자리 창출은 1%인 1명이 답변하였다(그림 58). 대부분의 지역에서 간척으로 인한 큰 이득은 없었다라고 인지하고 있는 반면, 들쭉날쭉한 해안선이 간척으로 인해 직선화되어 마을과 마을사이가 가까워지거나 도십지까지의 접근성이 좋아진 것이 간척의 가장 큰 효과라고 답변하는 사람이 의외로 많았다. 백중사리나 폭풍해일 침입시 주기적으로 침수를 당한 지역이 간척으로 인해 그 피해가 사라져 주택환경이 개선되었다고 답변하였는데 이 답변자 4명은 모두 소원면 의항리 주민인 것으로 조사되었다.



〈그림 62〉 간척사업이 이득이 되었다고 생각되는 점(응답자 수: 104명)



〈그림 63〉 간척되기 전으로 되돌리고 싶은지 유무(응답자 수: 104명)

현재 생활의 만족도와 간척하기 전 생활의 만족도를 위해 만약 간척하기 전으로 되돌릴 수 있다면 되돌아가고 싶은지에 대한 질문에서 65%인 68명은 “간척된 후가 더 좋다”라고 답변하였고, 나머지 35%인 35명은 “되돌리고 싶다”라고 답변하였다(그림 59).

간척사업이 지역주민들에게 미친 영향을 알아보기 위해 설문조사 및 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 자급자족 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 생

산되는 수산물의 장거리 수송을 가능케 하였고, 내륙지역에서의 수요 증가는 수산물 가격의 상승을 가져왔다. 이러한 결과는 결과적으로 지역주민들의 갯벌에 대한 경제적 가치에 대한 의식변화를 가져왔고, 간척에 대한 부정적인 견해를 가지게 한 요인으로 작용하였다.

2007년 태안반도 지역에서는 우리나라 초유의 대규모 원유유출사고가 발생하였다. 원유 유출이라는 재난을 겪으면서 지역주민들은 갯벌의 사회·경제적 가치를 명확히 인지하게 되었다.

## 제6장 요약 및 정책적 제언

### 1. 요약

- 조선시대 이전부터 소규모의 인위적인 해안선 변화가 발생했던 태안반도 지역은 근대 들어 토목기술의 발달과 간척기술의 발달에 힘입어 그 규모가 대형화 되어 가는 추세이다. 이러한 결과는 태안반도 지역의 해안선 형태 뿐 만 아니라, 다량의 갯벌을 잃은 결과를 초래하였다.
- 조선총독부에서 발행된 1910년대 지형도부터 2004년 지형도를 GIS기법을 이용하여 중첩 분석해 본 결과 태안반도 지역에서 해안선의 길이는 125.75km 감소하였고, 반면에 면적은 437.7km<sup>2</sup>증가하였다. 즉 437.7km<sup>2</sup> 만큼의 갯벌이 이 시기동안 사라졌다.
- 간척에 따른 간척지의 토지이용 현황을 추적한 결과 간척에 따라 일정한 패턴을 보이며 토지이용변화를 보이고 있다.
- 1972년부터 2008년 위성영상을 이용하여 간척된 지역의 토지이용변화를 살펴본 결과 갯벌 → 습지 → 호수(양식장포함) 및 염전 → 논 → 나대지로 토지이용이 변하는 패턴을 보였다. 이러한 경향은 간척지 조성공사가 완료되었다고 하더라도 소금기를 머금고 있는 간척지를 곧바로 농경지로 이용할 수 없어, 자연 상태로의 습지로 두어 염분을 제거하거나, 혹은 저수지나 염전으로 우선 이용하고 있는 일반적인 간척지의 토지이용방법을 확인시켜주는 주는 것으로 나타났다.
- 위성영상의 토지피복결과를 바탕으로 해안선의 변화를 살펴 본 결과 연안역의 침식이 다수의 해빈에서 진행 중에 있다.
- 자연상태의 현재 태안반도 지역 해빈은 전체적으로 후퇴하고 있거나 퇴적환경의 변화를

견고 있는 것으로 나타났다. 이러한 현상이 자연적인 것인지 아니면 태안반도 지역에서 활발히 진행되었던 간척에 의한 영향인지는 추후 연구가 더 필요한 실정이다. 반면에 인위적인 항만건설이나 방파제 건설, 도선장 건설 등으로 해안선이 증가한 곳도 있는데, 대표적인 지역이 태안화력발전소 인근지역과 모항항 지역, 안흥신항만 지역 등이다. 이 세 곳에서 약 12km의 해안선이 증가한 것으로 나타났다.

- 간척이 행해졌거나 간척이 진행 중인 지역에서의 설문조사 및 인터뷰를 통해 지역주민들의 의식을 조사해본 결과, 간척지에 대한 평가는 간척지 조성시기와 관련하여 상반된 결과를 보이고 있다.

- 1980년대 이전에 간척한 지역은 식량 자급과 자연재해로부터의 탈피라는 긍정적인 견해를 보이고 있는데 반하여, 그 이후에 간척하거나 간척이 진행되고 있는 지역은 지역주민의 소득이 감소했다는 측면에서 부정적인 견해를 보이고 있다. 이러한 상반된 결과는 과거에 비해 현재 농지에서 생산되는 생산물의 경제적 가치가 갯벌에서 생산되는 생산물의 가치보다 떨어지기 때문인 것으로 조사되었다.

## 2. 활용효과 및 방안

1. 인위적인 해안선 변화가 주변지역의 토지이용변화에 큰 영향을 미치고 있는 것으로 나타났다. 따라서 향후 타 지역의 인위적인 해안선 변화 시 주변 토지이용변화를 예측하는데 활용 될 수 있을 것으로 기대된다.
2. 특히 기후변화에 의한 해수면 변동 시 가장 먼저 영향을 받는 지역이 연안역 이므로 해안 지역에 대한 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.
3. 태안반도 지역에서 자연적인 해변의 경우 침식이 진행되고 있는 것으로 나타났다. 이러한 침식의 원인이 주변에 건설된 인공구조물에 의한 것인지는 명확하지 않으나, 어느 정도 영향을 미쳤을 것으로 생각된다. 이러한 결과를 DB화하면 충청남도 해안지역의 해안보호에 있어 기초자료로 활용 될 수 있을 것으로 기대된다.

4. 간척에 대한 지역주민들의 패러다임이 바뀌고 있는 것으로 조사되고 있다. 따라서 추후 연안역에서의 농지 확보를 위한 토목·건설 공사 시 지역주민과의 협의가 필요할 것으로 요구된다.

### 3. 향후 과제

- 해안선 변화가 지역거주민들에게 미치는 영향에 대한 장기적인 연구 필요
  - 문헌 및 원격탐사기법을 이용하여 과거부터 현재까지의 충남해안지역의 해안선 변화와 토지 이용변화에 대한 DB구축이 필요할 것으로 생각됨.
  - 충남 해안지역에서 인위적인 해안선 변화가 지역주민들에게 미친 사회·경제적 영향에 대한 정량적 연구가 필요할 것으로 생각 됨.
  
- 인위적인 해안선 변화가 생태계에 미치는 영향 연구 필요
  - 충남 해안지역에서 인위적인 해안선 변화가 생태계에 미치는 영향을 장기적으로 모니터링 할 필요가 있음.
  - 연안역에 대한 1:5,000 지형도 기반의 지형·지질·동·식물을 포함한 생태계지도를 작성하여 DB로 구축할 필요가 있음.
  
- 해안침식과 같은 자연적인 해안선 변화에 대한 장기적 연구 필요
  - 인공구조물에 의한 조류나 조석의 변화가 주변지형에 미치는 영향을 과학적이고 광범위하게 장기적으로 연구할 필요가 있음
  - 조류나 거파에 의한 해안선 변화가 주변지역에 미치는 영향에 대한 연구 필요
  - 특히 해안침식과 같은 해안선 변화는 지구온난화에 의한 급격한 해수면 상승으로 연안역에 큰 피해를 미칠 수 있으므로 그에 대응할 수 있는 연구 필요
  
- 충남 연안지역의 연안통합관리 체계 구축 필요
  - 충남 연안역의 토지이용도를 작성 및 DB구축 필요
  - 갯벌의 정확한 면적을 포함하여 퇴적 및 침식되는 지역에 대한 현황 파악 후 DB 구축 필요



## 참고문헌

- 강대균, 2003, 충청남도 해안에 발달한 해빈과 해안사구, 한국지구과학회지, 제24권 6호.
- 강대균, 2004, 안면도의 해안지형과 경관-서쪽 해안을 중심으로-, 한국지형학회지, 제11권 3호.
- 건설부, 1979, 간척자원 용도지정 계획조사.
- 고철환, 2001, 한국의 갯벌, 서울대학교출판부.
- 과학기술부, 2007, 다시기 메콩강 하류의 하천 지형변화 및 연안환경 모니터링 연구.
- 국립해양조사원, 2001, 대규모 연안개발에 따른 조위예측 연구.
- 권혁재, 1996, 한국지리-지방편-, 법문사.
- 기상청, 2003, 해상연안재해 대응기술개발.
- 김장수, 장동호, 2009, 하구둑 건설 후의 금강하류 유역의 하도내 퇴적환경 연구, 한국지형학회지, 제16권 1호.
- 농어촌진흥공사, 1996, 한국의 간척, 대성인쇄공사.
- 농어촌공사 농업기반시설물정보, <http://rims.ekr.or.kr>
- 류상옥, 2005, 한반도 서해 천수만의 해안선 변화 및 조간대 해빈 특성, 한국지구과학회지, 제26권 6호.
- 문병채, 박현욱, 2003, GIS를 이용한 도서지역에서의 간척지 조성에 따른 경관변화와 그 영향에 관한 연구 - 신안군 도서지역(비금도)를 중심으로-, 지리학연구, 제37권 3호.
- 박동원, 1976, 원격탐사방법에 의한 서해안 천수만 간척지 지형연구, 대한지리학회지, 제15권.
- 박삼옥 등, 2002, 지식정보사회의 지리학 탐색, 한울.
- 박용안, 1969, 방사성탄소  $^{14}\text{C}$ 에 의한 한국 서해안의 침수 및 침강현상 규명과 서해안에 발달한 반담수-염수습지 퇴적층에 관한 층서학적 연구, 한국지질학회지, 제5권.
- 박용안, 공우석 외, 2001, 한국의 제4기 환경, 서울대학교출판부.
- 박영환, 오상학, 2004, 조선시대 간척지개발, 서울대학교출판부.
- 박재국, 2000, 원격탐사 영상을 이용한 서해안 간척지 변화 추적, 강원대학교 석사학위논문.
- 서산시 통계연보, 1963~1989.

- 서종철, 2002, 원격탐사와 GIS 기법을 이용한 신두리 해안사구지대의 지형변화 분석, 한국지역지리학회지, 제8권 1호, 2002.
- 유영철, 2000, Multi-temporal Landsat TM 자료와 Hyperspectral 특성을 이용한 천수만 간척지의 지표변화연구, 충남대학교 석사학위논문.
- 윤순옥, 1997, 화분분석을 중심으로 본 일산지역의 홀로세 환경변화와 고지형 복원, 대한지리학회지, 제32권 1호.
- 이봉준, 1977, 태안반도의 산촌형성요인에 관한 연구, 지리학과 지리교육, 제7권.
- 이태진, 1989, 16세기 연해지역의 어전개발, 김철준박사 회갑기념사학논총.
- 장동호, 2001, 지표환경변화 평가 개선을 위한 원격탐사와 GIS 기법 연구, 건국대 대학원 박사학위논문.
- 장진호, 1996, 한국 서해안 곰소만 조간대의 퇴적작용, 서울대학교 박사학위논문.
- 조명희, 1984, 원격탐사기법을 이용한 영산강 유역의 침수지역 분석, 경북대학교 석사학위논문.
- 조명희, 조화룡, 1999, 위성영상을 이용한 줄포만 간척지 미지형 분류와 지형적 특성, 대한원격탐사학회지, 제15권 3호.
- 조화룡, 1986, 만경강 연안 충적평야의 지형발달, 경북대 사대 교육연구지, 제28집.
- 조화룡, 1987, 한국의 충적평야, 교학연구사.
- 최성길, 1999, 충남 서해안의 갯벌 보전, 공주대학교 지역개발연구논문, 제7권 1호.
- 최은식 등, 2000, 정보화 시대의 국토화 환경, 법문사.
- 최철웅, 오치영, 이창현, 2009, 공간정보를 이용한 평안리 해안선 변화에 관한 연구, 한국지형공간정보학회지, 제17권 1호.
- 충청남도지편찬위원회, 2006, 충청남도지 -제1권 충남의 자연환경-, 충청남도지편찬위원회.
- 태안군 통계연보, 1990~2007.
- 한국자원연구소, 1993, 원격탐사 응용연구 - 낙동강 하구둑 설치전후의 지질환경 변화 연구 -.
- 한국해양연구소, 1988, Landsat TM 자료에 의한 조간대지형 및 해수탁도 조사연구.
- 해양수산부, 1998, 우리나라의 갯벌.
- 해양수산부, 2003, 대규모 연안개발에 따른 조위예측 연구개발.
- 행정자치부, 1998, 재해피해 산정의 합리화 방안.
- 행정자치부, 1999, 해안재해의 피해조사방법과 범람도제작 및 자료기반화 지침작성 용역 보고서.
- 홍기훈, 김석현, 정창수, 1997, 황해본역의 환경오염, 해양연구, 제19권 1호.
- 홍재상, 2005, 한국의 갯벌, 대원사.

- Congalton, R.G. and Mead, R.A., 1983, A Quantative Method to Test for Consistency and Correctness in Photointerpretation, *Photo. Eng. and Remote Sensing*, 49(1).
- Congalton, R. G., 1991, Using Spatial Autocorrelation Analysis to Explore the Errors in Maps Generated from Remotely Sensed Data, *Photo. Eng. and Remote Sensing*, 54(5).
- Dobson, J. E. and Bright, E. A., 1992, Coast Watch Change Analysis Program(C-Cap) Chesapeake Bay Regional Project, in ASPRS/ACSM 92 Technical PAPER, 1, Global Change and Education. Gethesda, MD, *American Society for Photogrammetry & Remote Sensing*.
- Fitzpatrick-Lins, K., 1981, Comparison of Sampling Procedures and Data Analysis for a Land-Use and Land-Cover Map, *Photo. Eng. and Remote Sensing*, 47(3).
- Hord, R. M., 1982, Digital Image Processing of Remotely Sensed Data, New York: Academic Prsess, 256.
- Jensen, J. R., 1998, Introductory Digital Image Processing, Prentice Hall, Englewood Cliffs, News Jersey.
- Jensen, J. R., Cowen, D.J., Althausen, J. D., Narumalani, S. and Weatherbee, O., 1993, An Evaluation of the Coast Watch Change Detection Protocol in South Carolina, *Photo. Eng. and Remote Sensing*, 59(6).
- Lillesand, T. M. and Kiefer, R.W.,1994, Remote Sensing and Image Interpretation, John Wiley & Sons, Inc.
- Singh, A., 1989, Digital Change Detection Techniques Using Remotely Sensed Data, *I. J. Remote Sensing*, 10.
- Story, M. and Congalton, R. G., 1986, Accuracy Assessment: A Users Perspective, *Photo. Eng. and Remote Sensing*, 52(3).
- Swain, P.H. and Davis, S.M., 1978, Remote Sensing: The Quantitative Approach, McGraw-Hill, 145-159.
- Tom, C, and Miller, L. D., 1978, Spatial Land-use Inventory, Modeling and Projection, NASA, Technical Memorandum 79710.
- Tomczak, M. and Godfrey, J. S., 1994, Regional Ocenography: An introduction, Pergamon.
- Uda, M.,1932, The result of simultaneous oceanographical inverstigations in the Japan Sea and its adjacent water in May and June, 1932, *J. Imp.Fish. Exp. Sta.*, 5.
- Wickware, G M. and Howarth, P. J., 1981, Change Detection in the Peace-Athabasca Delta

Using Digital Landsat Data, *Remote Sensing of Environment*, 11.

Zainal, A. J. M. and Dalby, D. H., 1992, Monitoring marine ecological changes on the east coast of Bahrain by Landsat TM, *The International Society for Optical Engineering USA, SPIE*, 1930(2).



■ 집 필 자 ■

연구책임 : 공주대학교 지리학과 장동호 교수

공동연구 : 충남발전연구원 지역정책연구부 윤정미 책임연구원

연구진 : 공주대학교 지리정보학과 대학원 박사과정 김장수

기획연구 2009-10 · 충남 태안반도의 해안선 변화분석과 정책과제

글쓴이 · 장동호, 윤정미, 김장수 / 발행자 · 김용웅 / 발행처 · 충남발전연구원

인쇄 · 2009년 12월 31일 / 발행 · 2009년 12월 31일

주소 · 충청남도 공주시 금홍동 101 충남발전연구원 (314-140)

전화 · 041-840-1137(직통) 041-840-1114(대표) / 팩스 · 041-840-1159

ISBN · 978-89-6124-120-5 03350

<http://www.cdi.re.kr>

©2009. 충남발전연구원

- 이 책에 실린 내용은 출처를 명기하면 자유로이 인용할 수 있습니다.  
무단전재하거나 복사, 유통시키면 법에 저촉됩니다.
- 이 연구는 본 연구원의 공식 견해와 반드시 일치하는 것은 아닙니다.