

**해양환경변화 적응대책 마련을 위한
해양 geoframework(지질형태구조) 기반
연안지형 진화 연구**

**Research on geomorphologic Coastal Evolution
under Geoframework for Preparing Adaptation to
Marine Environmental Changes**

2015. 2

한국해양과학기술원

제 출 문

한국해양과학기술원장 귀하

본 보고서를 “해양환경변화 적응대책 마련을 위한 해양 geoframework(지질형태구조) 기반 연안지형 진화 연구” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2015년 2월

총괄연구책임자 : 이희일 대외협력담당

참 여 연 구 원 : 이희준 지질·지구물리연구본부
유해수 지질·지구물리연구본부
최종국 해양위성연구센터
박건태 해양관측·운영본부
이동권 관할해역지질연구센터
이윤경 해양위성연구센터
정희석 지질·지구물리연구본부
황득재 해양위성연구센터
도세은 관할해역지질연구센터
황하기 관할해역지질연구센터
이호윤 지질·지구물리연구본부

보고서 요약서

| | | | | | |
|---|-----------|---|-----------------------------|-------------|---|
| 과제고유번호 | PE99276 | 해당단계 연구기간 | 2014.01.01.~ 2014.12.31 | 단계구분 | |
| 연구사업명 | 중사업명 | 기관역량강화사업 | | | |
| | 세부사업명 | | | | |
| 연구과제명 | 대과제명 | 해양환경변화 적응대책 마련을 위한 해양 geoframework(지질형태구조) 기반 연안지형 진화 연구 | | | |
| | 세부과제명 | | | | |
| 연구책임자 | 이희일 | 해당단계 참여 연구원수 | 총 : 10명 내부: 1명 외부: 9명 | 해당단계 연구비 | 정부 : 161,000천원 기업 : 0천원 계 : 161,000천원 |
| | | 총연구기간 참여 연구원수 | 총 : 13명 내부: 7명 외부: 9명 | 총연구비 | 정부 : 515,000천원 기업 : 0천원 계 : 515,000천원 |
| 연구기관명 및 소속부서명 | 한국해양과학기술원 | | 참여기업명 | | |
| 국제공동연구 | 상대국명 : | | 상대국연구기관명 : | | |
| 요약 | | | | 보고서면수 | |
| <p>동해와 서해 중부 연안의 해저지층 및 해빈환경을 분석하였다. 동해와 서해 연안 지질형태구조 초기모델 제시를 위해서는 퇴적역학, 퇴적학, 지구물리 등 다양한 방법으로 종합화하였다. 동해중부 및 서해중부 연안해양환경 변화 예측, 해양환경 변화에 대한 적응 방안 수립, 해양환경 충격 평가, 해양기인 자연재해 저감 방안 등과 같은 국가적 해양환경관련 현안 문제 해결을 위한 연구 결과 및 성과의 즉각적 활용을 위한 체제를 구축하고자 한다.</p> | | | | | |
| 색인어 (각 5개 이상) | 한글 | 해양환경변화, 해양지질형태구조, 연안지형, 진화, 적응대책 | | | |
| | 영어 | Marine Environmental Changes, Marine Geoframework, Coastal Geomorphology, Evolution, Adaptation Preparation | | | |

요 약 문

I. 제 목

해양환경변화 적응대책 마련을 위한 해양 geoframework(지질형태구조) 기반 연안지형 진화 연구

II. 연구개발의 목적 및 필요성

1. 연구의 최종목표

- 한반도 주변 연안 해저환경의 퇴적기작 및 퇴적환경 시스템 기초특성과 시·공간적 변동성 규명을 통한 지질형태구조 모델 제시

2. 연구의 필요성

가. 기술적 측면

- 한반도 주변 연안해역에서 동서남해의 연안과 해빈환경은 매우 다르게 구성되어 있다. 이 중 우선 동해 중부 연안과 서해 중부 연안은 매우 다른 해양환경으로 구성되어 있다. 동해 중부와 서해 중부 해빈에서 연안 환경은 퇴적기작 및 퇴적환경 변화, 기후와 해수면변화, 해수순환 및 생태계 변화 등과 밀접하게 연관되어 있어, 연속적이고 통합적인 퇴적작용, 해양 퇴적환경 변화가 중시된다.
- 동해 중부 연안환경은 연안에서 대륙붕, 대륙사면으로 가면서 급격한 경사를 보이는 동해분지의 특성을 반영하는 해양환경의 특성을 갖고 있다.
- 한편 서해 중부 연안환경의 경우는 조석간만의 차이가 아주 높고 완만한 경사를 가진 넓은 조간대와 대륙붕을 갖고 있어, 또 다른 세계적인 조간대를 대표하며, 동해와 또 다른 해저지형 구조와 함께 변화의 시그널을 담고 있다.
- 따라서 이런 극명한 두 연안 해역의 특성을 시·공간적 지질형태구조 변동성 규명에 적용하므로서 연안 해저지형의 침퇴적을 비교할 수 있으며 한반도 주변해역의 해양환경을 이해하는데 매우 중요하다.
- 동해 중부와 서해 중부의 연안환경 지질형태구조 특성과 시·공간적 퇴적환경 변동성은 두 극명한 해양환경의 특성 및 변화를 이해하는데 매우 중요하다.
- 현재까지 동해중부와 서해중부 연안을 비교 분석하여, 극명한 두 해양퇴적환경 시스템을 통합적인 연구 수행이 미비하다.

- 미국, 영국, 독일, 노르웨이, 스페인 등은 새로운 탐사 장비와 분석 장비를 활용하여 약 십년 전부터 장기 프로젝트로 연안퇴적환경 시스템을 통합적인 관점의 지질형태구조 특성과 시·공간적 퇴적환경 변동성 연구를 수행하고 있다. 이 연구를 통해 얻어진 자료와 결과를 활용하여 연안침식, 물질순환 및 생태계, 등 각국의 다양한 해양환경 현안 문제를 해결하는 시도를 하고 있다.

나. 경제산업적 측면

- 동해 중부와 서해 중부의 연안환경은 골재 및 가스하이드레이크 등 해양자원이 있으며, 향후 에너지 자원개발이 추진되고 있다. 따라서, 동해 중부와 서해 중부 연안의 지질형태구조 기초 특성에 대한 이해는 에너지 자원 개발 및 생산에 기초 개념을 제공하는 동시에, 이로 인한 해양환경 파괴 및 자연재해에 대한 예측과 저감 방안을 수립하는 필수 기초 자료로 활용되기 때문에 반드시 필요하다.
- 동해 중부와 서해 중부의 연안특성과 이의 시·공간적 변동성은 장기적인 연안 모래퇴적물의 공급, 이동 및 퇴적에 대한 기초 자료를 제공함으로써, 현재 국가적 현안 문제인 연안 침식 문제를 해결할 수 있는 중요한 근거를 마련할 수 있다. 또한 이를 바탕으로 효율적인 연안침식 대응방안을 제시하여 연안침식을 막기 위해 소요되는 막대한 경제비용을 줄일 수 있다.

다. 사회문화적 측면

- 동해와 서해의 극명한 연안 지질환경을 선택하여 연안 지질형태구조 특성과 시·공간적 변동성 연구를 통해 해양환경 생태계, 물질순환, 해수순환 등을 이해하며, 향후 해양환경 변화로 인한 국가적으로 발생할 수 있는 여러 가지 문제점들을 국민들에게 알림으로써 해양환경 보존의 중요성을 인식시킬 수 있다.
- 연안 환경은 국민의 스포츠 및 레저 활동을 즐기는 공간이며, 많은 양의 수산물이 생산되는 지역으로서 매우 중요하다. 따라서, 동해 중부 및 서해 중부 연안 지질형태구조 특성과 시·공간적 변동성 연구를 통해 이 두 연안환경의 변화 양상 규명 및 예측, 그리고 보존에 필요한 기초 자료를 제공함으로써 사회적으로 큰 기여를 할 수 있다.

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

- 연안 해역 및 지질형태구조 조사 및 분석
 - 연안 해저 지층 자료 획득 및 종합
- 해빈 지형 및 퇴적역학 자료 분석
- 해빈 및 해저 표층 퇴적물 특성 변동 조사
 - 해빈지형 변화 종합 및 서해 해빈지형
 - 해빈 표층퇴적물 분포도 파악
 - 위성자료와 무인기활용 서해안선 변화분석

- 지질형태구조 초기모델
 - 동해와 서해 지질형태구조 초기모델 수립

IV. 연구개발 결과

- 서해 중부 연안의 해저지층 및 해빈환경 분석
- 동해와 서해 연안 지질형태구조 초기모델 제시를 위해서는 퇴적역학, 퇴적학, 지구물리 등 다양한 방법의 종합화
- 연구 성과의 (준)정량화 추구
 - 연구 최종 성과물인 지질형태구조 초기모델 제시
 - 연구결과 논문 발표
- 동해중부 및 서해중부 연안해양환경 변화 예측, 해양환경 변화에 대한 적응 방안 수립, 해양환경 충격 평가, 해양기인 자연재해 저감 방안 등과 같은 국가적 해양환경관련 현안 문제 해결을 위한 연구 결과 및 성과의 즉각적 활용을 위한 체제 구축한다.

V. 연구개발결과의 활용계획

- 기술적 측면
 - 동해 중부 및 서해 중부 연안퇴적환경에서의 퇴적물 공급, 이동 그리고 재퇴적, 해저 지형, 퇴적구조의 특성과 변동성에 관한 유기·통합적 이해 기반을 마련함으로써,
 - 동해 중부와 서해 중부 연안 해저 지형의 지질학적 기원 파악
 - 두 해역의 연안 지질구조 안정성 진단 기술 확보
 - 정확한 연안지질구조 자료 제공을 통한 연안재해 예보 개발기술에 활용
 - 연안침식 연구에 활용
 - 해저자원 조사 및 개발 기술 향상 및 극대화
 등의 다양한 융복합적 해양과학기술 개발에 기여할 수 있다.
 - 높은 시간해상도 및 공간해상도의 다중밴드 광학영상자료를 기반으로 연안에 서 기후변화와 같은 장기간 변화로부터 홍수, 태풍과 같은 계절적 요인 및 인위적인 건설에 의한 단기적 변화를 구분을 통한 영상자료기반의 연안환경변화를 분석 기법 개발하고자 한다.

○ 경제 산업적 측면

- 한반도 주변해역은 다양한 해양환경으로 구성되어 있기 때문에 해양자원 관련 연구 분야에서 관심이 매우 높다. 최근 석유, 천연가스, 가스하이드레이트 등 자원 탐사 활동이 활발하게 이루어지고 있으며, 향후 에너지 자원 개발 및 생산 활동이 수행될 전망이다. 따라서, 한국 동해와 서해 연안의 지질형태구조 특성에 대한 이해는 에너지 자원 개발 및 생산에 기초 개념을 제공하는 동시에, 이로 인한 해양환경 파괴 및 자연재해에 대한 예측과 저감 방안을 수립하는 필수 기초 자료로 활용한다.
- 연안 지질형태구조 특성과 이의 시·공간적 변동성은 장기적인 연안 모래퇴적물의 공급, 이동 및 퇴적에 대한 기초 자료를 제공함으로써, 현재 국가적 현안 문제인 연안 침식 문제를 해결할 수 있는 중요한 근거를 마련할 수 있다. 또한 이를 바탕으로 효율적인 연안침식 대응방안을 제시하여 연안침식을 막기 위해 소요되는 막대한 경제비용을 줄일 수 있다.
- 연안 지질형태구조 특성과 시·공간적 변동성 연구를 통한 해양환경 특성 및 변화양상의 이해는 향후 연안퇴적환경 변화에 따른 생태계, 물질순환, 해수 순환, 해양기인 자연재해를 예측하고 저감하는 연구기술 개발에 필수적인 기초자료로 활용됨으로써 효율적인 국가의 중장기 경제 및 사회 정책 결정을 통한 국가비용 절감에 큰 기여를 할 수 있다.
- 국내 해양의 해저지질 조사 연구를 통하여 획득한 해양지질학적 이해는 국내 해저자원 뿐만 아니라 해외 해저자원 개발 시 신속한 투자결정과 조사비용 축소 등의 경제적인 기여를 할 수 있다.
- 토목에 필요한 해저 모래자원 분포에 대한 보다 정량적 자료 축적이 가능하여 무분별한 자원 채취를 미연에 방지함으로써 이에 들어가는 막대한 채취 및 환경보존 비용을 절감할 수 있다.
- 해저통신전력 및 해저케이블 설치 등의 해저에 국가기간시설 설치 시 해저지반 안정성에 대한 정확한 정보를 제공함으로써 사회적 그리고 경제적 비용 절감 가능하다.

CONTENTS

| | |
|--|----|
| Summary | iv |
| Chapter 1. Introduction | 1 |
| Chapter 2. Present status for the foreign and domestic technical development | 4 |
| Section 1. Foreign technical trend | 5 |
| Section 2. Domestic technical trend | 6 |
| Chapter 3. Contents and results | 8 |
| Section 1. Beach Changes | 9 |
| 1. Introduction | 10 |
| 2. Materials and methods | 11 |
| 3. Results and discussion | 13 |
| 4. Conclusions | 17 |
| Section 2. Coastal Stratigraphy | 40 |
| 1. Introduction | 41 |
| 2. Materials and methods | 41 |
| 3. Results and discussion | 42 |
| 4. Conclusions | 46 |
| Chapter 4. Accomplishment and contribution of the study | 58 |
| Section 1. Accomplishment of the Objects | 59 |
| Chapter 5. Suggested applications of research results | 61 |
| Chapter 6. References | 65 |

목 차

| | |
|--------------------------------|----|
| 요약문 | iv |
| 제1장 연구개발과제의 개요 | 1 |
| 제2장 국내외 기술개발 현황 | 4 |
| 제1절 국외 기술동향 | 5 |
| 제2절 국내 기술동향 | 6 |
| 제3장 연구개발수행 내용 및 결과 | 8 |
| 제1절 해빈분석 | 9 |
| 1. 서 론 | 10 |
| 2. 재료 및 방법 | 11 |
| 3. 결과 및 토의 | 13 |
| 4. 결 론 | 17 |
| 제2절 연안지층 구조 | 40 |
| 1. 서 론 | 41 |
| 2. 재료 및 방법 | 41 |
| 3. 결과 및 토의 | 42 |
| 4. 결 론 | 46 |
| 제4장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도 | 58 |
| 제1절 연구개발 목표의 달성도 및 대외기여도 | 59 |
| 제5장 연구개발결과의 활용계획 | 61 |
| 제6장 참고문헌 | 65 |

List of Figures

| | |
|--|----|
| Fig. 3-1-1. 동해 해저지형도 | 21 |
| Fig. 3-1-2. 동해의 연구지역 | 22 |
| Fig. 3-1-3. 서해의 연구지역 | 23 |
| Fig. 3-1-4. RTK-GPS 해빈지형 측량시스템 및 조사 방법 | 23 |
| Fig. 3-1-5. 안면도 해빈 측점 및 측선 | 24 |
| Fig. 3-1-6. 3회 측정한 정점 | 24 |
| Fig. 3-1-7. 2회 측정한 정점 | 24 |
| Fig. 3-1-8. 서해 안면도 두여-삼봉해빈의 측량측선 | 25 |
| Fig. 3-1-9. 서해 두여-안면-기지포-삼봉해빈 표층퇴적물 모니터링 정점(36정점) .. | 26 |
| Fig. 3-1-10. 서해 두여-삼봉해빈 측량측선 표층퇴적물 68정점 | 26 |
| Fig. 3-1-11. 서해 기지포해빈사구 표층퇴적물 15정점 | 26 |
| Fig. 3-1-12. 서해 두여-삼봉해빈 표층퇴적물 샘플 119정점 | 27 |
| Fig. 3-1-13. 물치-정암 해빈 해안선 비교 | 28 |
| Fig. 3-1-14. 낙산-오산 해빈 해안선 비교 | 29 |
| Fig. 3-1-15. 동호 해빈 해안선 비교 | 29 |
| Fig. 3-1-16. 동해 해빈 해안선 평균 변화 | 30 |
| Fig. 3-1-17. 왼쪽부터 각각 2014년 5월, 2014년 10월에 무인항공기로 촬영한 연구지역의 정사영상 | 30 |
| Fig. 3-1-18. 지형고도를 측정한 측선 | 31 |
| Fig. 3-1-19. 단기간의 측선 변화 비교 | 31 |
| Fig. 3-1-20. 정사 영상에서 추출한 수륙경계선을 이용하여 단기 해안후퇴율 산정 · | 31 |
| Fig. 3-1-21. 항공사진연구 지역 | 32 |
| Fig. 3-1-22. 항공사진 목록 | 32 |
| Fig. 3-1-23. 기하보정이 완료된 영상들 | 32 |
| Fig. 3-1-24. 전체 영상별 수륙경계선 모음 | 32 |
| Fig. 3-1-25. 각 측선별 해빈 진퇴 변화 | 33 |
| Fig. 3-1-26. 낙산해빈과 오산해빈의 2012년 6월에서 10월사이 해안선방향으로의 해빈단면체적 변동량 | 33 |

| | |
|--|----|
| Fig. 3-1-27. 동호해빈의 2012년 6월 ~ 10월 해빈단면체적 변동량 | 34 |
| Fig. 3-1-28. 2014년 9월과 11월 서해 두여해빈 측선(단위m, 파란선 9월, 빨간선 11월) | 34 |
| Fig. 3-1-29. 2014년 9월과 11월 서해 안면해빈 측선(단위m, 파란선 9월, 빨간선 11월) | 34 |
| Fig. 3-1-30. 2014년 9월과 11월 서해 기지포해빈 측선(단위m, 파란선 9월, 빨간선 11월) | 35 |
| Fig. 3-1-31. 2014년 9월과 11월 서해 삼봉해빈 측선(단위m, 파란선 9월, 빨간선 11월) | 35 |
| Fig. 3-1-32. 서해 안면도 기지포해빈사구 측량 314정점 | 36 |
| Fig. 3-1-33. 서해 안면도 기지포해빈사구 삼차원 지형구. 측량 314정점 | 37 |
| Fig. 3-1-34. 동해 연안 표층입도 분포도 | 38 |
| Fig. 3-1-35. 서해 해빈 입도 분포도 | 39 |
| Fig. 3-1-36. 각각 (a)는 2010년 6월과 1986년 5월, (b)는 2014년 5월과 2012년 10월 사이의 변화율 | 39 |
| Fig. 3-2-1. 탄성과 탐사 항적도 | 48 |
| Fig. 3-2-2. PL07-Line 지층 단면도 | 49 |
| Fig. 3-2-3. 동해 지층탐사 측선 | 50 |
| Fig. 3-2-4. 2012년, 2013년 측선 비교 | 50 |
| Fig. 3-2-5. 동해 지층 | 50 |
| Fig. 3-2-6. 동해 양양 모래퇴적층 분포 | 51 |
| Fig. 3-2-7. 동해 울진 모래퇴적층 분포 | 51 |
| Fig. 3-2-8. 탄성과 탐사 층후도 | 52 |
| Fig. 3-2-9. 해저지형조사 항적도 | 52 |
| Fig. 3-2-10. 해저 지형도 | 53 |
| Fig. 3-2-11. 해저 지형 Section | 53 |
| Fig. 3-2-12. Section 02 | 54 |
| Fig. 3-2-13. 해저면 영상 | 54 |
| Fig. 3-2-14. 서해 안면도 연안 지구물리탐사 측선(빨간선 2013년, 파란선 2014년) | 55 |

| | |
|---|----|
| Fig. 3-2-15. 2013년 서해지층 안면 모래퇴적층 분포 | 55 |
| Fig. 3-2-16. 2014년 서해지층 안면 모래퇴적층 분포(Line07) | 56 |
| Fig. 3-2-17. 서해지층 태안 퇴적층 분포 | 56 |
| Fig. 3-2-18. 서해 태안 퇴적층 분포 | 57 |



해양환경변화 적응대책 마련을 위한 해양
geoframework(지질형태구조) 기반 연안지형 진화 연구

제1장 연구개발과제의 개요

제1장 연구개발과제의 개요

해양환경은 지금 기후변화와 함께 급격하게 변하고 있다. 특히 한반도 주변해역은 전세계적으로 가장 민감한 해역으로서 수온상승의 속도가 전세계 수온의 2배 이상으로 나타나고 있다. 따라서 태풍이나 겨울폭풍의 빈도수와 강도는 더욱더 커지고 있고 이와 함께 해양환경, 특히 연안환경은 이런 기후변화로 인하여 연안의 지형 등이 변하고 있다.

지구표면의 약 70%가 바다이며, 해양은 대기와 함께 기후변화 조절기능, 수산물이나 운항의 공간 등 인류의 삶에 깊이 관여되어 있다. 그리고 해안선으로부터 약 60km 이내인 연안에 전세계 인구의 약 40% 거주하고 있다. 또한 연안은 휴양 인구와 산업시설 등이 가장 밀집하게 분포한다.

인류는 이런 급격한 기후변화와 함께 해양환경 변화에 적응하기 위하여 가장 기본적인 연안지형 변화에 대한 기초적인 자료와 변화 모니터링의 축적이 필요하다.

이 자료를 근거로 연안과 근해안의 해양 geoframework (지질형태구조)을 복원하여 그 base frame을 구축하고자 한다.

한반도에서 기후변화와 함께 변하는 해양환경에, 특히 연안환경에 적응하기 위하여 한반도에서 서로 극명하게 다른 해양지질 특성을 갖고 있는 동해연안과 서해연안 (해빈과 인접 해저지형 등) 중 주요 해역을 선정하여, 퇴적기작과 퇴적환경을 이해하기 위한 연속적이면서 통합적인 해양 geoframework (지질형태구조)을 복원할 필요가 있다.

이 연안에 있어서 해양 geoframework (지질형태구조)는 해양지질 뿐만 아니라 해양물리와 공학, 해양생물, 해양화학 등에도 자료를 활용할 수 있다.

따라서 한반도 주변해역에서 해양 geoframework (지질형태구조) 구축을 위한 연안지형 조사를 실시하고자 한다.

한반도 동해 연안환경은 연안에서 대륙붕, 대륙사면으로 가면서 급격한 경사를 보이는 동해분지의 특성을 반영하는 해양환경의 특성을 갖고 있다. 따라서 과거의 기후와 기후 및 해양환경이 변하는 동안 다양한 고퇴적환경이 형성되어 왔고 그 고퇴적환경 속에는 과거의 기후변화 기록을 지니고 있다.

한편 한반도 서해는 조석간만의 차이가 아주 높고 완만한 경사를 가진 넓은

조간대와 대륙붕을 갖고 있으며, 황해 전체가 대륙붕으로 구성되어 있다. 따라서 세계적으로도 대표적인 조간대를 갖고 있으며, 동해와 또 다른 해저지형 구조와 함께 변화의 시그널을 담고 있다.

따라서 한반도 주변 해역에서도 이런 극명한 두 연안 해역의 특성을 시·공간적 해양 geoframework (지질형태구조) 변동성 규명에 적용하므로서, 연안 해빈과 해저지형의 변화, 즉 퇴적과 침식환경을 비교를 통하여, 한반도 주변해역의 해양환경을 이해하는데 매우 중요하다.

동해와 서해 연안환경에 있어서 해양 geoframework (지질형태구조) 특성과 시·공간적 퇴적환경 변동성은 두 극명한 해양환경의 특성 및 변화를 이해하는데 매우 중요하다.

그러나 현재까지 동해와 서해 연안을 비교 분석하여, 극명한 두 해양퇴적환경 시스템을 통합적인 연구 수행이 미비하였다.

미국, 캐나다와 유럽 (영국, 독일, 노르웨이, 스페인) 등은 새로운 탐사 장비와 분석 장비를 활용하여, 이미 2,000년대 (약 십년 전)부터 장기프로젝트로 연안퇴적환경 시스템을 통합적인 관점의 보는 해양 geoframework (지질형태구조) 특성과 시·공간적 퇴적환경 변동성 연구를 수행하고 있고 이 연구를 통해 얻어진 자료와 결과를 활용하여 연안침식, 물질순환 및 생태계, 등 다양한 해양환경 현안 문제를 해결하는 시도를 하고 있다.

본 연구의 목적은 한반도 주변해역에서 연안 해저환경의 퇴적기작 및 퇴적환경 시스템 기초특성과 시·공간적 변동성 규명을 통한 지질형태구조 모델을 제시하고자한다.



해양환경변화 적응대책 마련을 위한 해양
geoframework(지질형태구조) 기반 연안지형 진화 연구

제2장 국내외 기술개발 현황

제2장 국내외 기술개발 현황

제1절 국외 기술 동향

- (1) 유럽 국가(영국, 노르웨이, 스페인, 프랑스, 이태리)는 1999년부터 2006년까지 COSTA (Continental Slope Instability) 프로젝트를 통해 대서양 동부와 지중해의 퇴적환경 시스템을 통합적인 관점에서 퇴적물 이동, 퇴적층 형성, 해저사면 사태에 대한 연구와 해양환경에 따른 퇴적환경 시스템의 변동성 연구를 수행하여 많은 연구결과를 유명 SCI 저널의 특별호(Marine geology 등)에 발표하였다. 장기간 동안 획득된 양질의 연구 결과들은 북해 지역의 석유 및 가스 생산으로 인한 해저환경 변화를 이해하고 이로 인한 해양환경 충격을 완화시키는데 기초자료로 활용된다.
- (2) 미국은 미국지질조사소 (USGS)와 VIMS (Virginia Institute of Marine Science)을 주축으로 1994년부터 1997년까지 STRATAFORM 대형 연구 프로그램을 수행하여 미국 서부와 동부 퇴적환경의 연속적으로 퇴적물 이동 및 퇴적층 형성 과정과 퇴적층서 형성 예측에 대해 연구를 수행하였다. 이를 통해 지질형태구조 개념에 대한 기초를 만들었고, 약 10여 년 전부터 미국 동부 연안에서 해안 침식 등 해양환경 문제를 해결하는 연구 프로젝트에 중요한 개념으로 활용되고 있다.
- (3) 미국의 STRATAFORM 연구 프로그램의 영향을 받아 유럽 국가들은 영국을 중심으로 유럽연합의 연구비를 받아 2000년부터 2004년까지 EUROSTRATAFORM 연구 프로그램을 통해 유럽 해역의 연속적인 퇴적물 이동 및 퇴적층 형성과정에 대한 연구를 수행하였다. 상기 연구 프로그램을 통해 유럽 연안역 관리, 해저사면 붕괴 기인 해일 등에 대한 해양환경 관련 현안 문제를 해결하는데 기초자료로 활용되고 있다.
- (4) 미국 NSF에서는 이전 STRATAFORM project의 연장선으로서 The NSF-MARGINS Source-to-Sink (S2S) program을 주관하여 해양퇴적학적 연구를 통하여 퇴적물의 기원과 퇴적 예측에 대한 연구를 꾸준히 진행해 오고 있다. 이에 육상에서 대륙붕에 이르는 이동양상 및 상호기작을 규명하고 이를 현

생에서 일어나고 있는 다른 해양현상과의 관계를 이해하는 융복합적 연구로 연결시키는 노력을 해오고 있다.

- (5) USGS(미국 지질조사소)에서는 STRATAFORM 프로젝트 이외에 다양한 연구 프로그램을 통하여 해양 퇴적학 및 지질학적 연구를 주요 세부과제로 진행해 오고 있다. 우선 연안침식과 관련하여 여러 지역 프로그램을 통하여 연안지질과 지질형태구조에 대한 연구를 진행해 오고 있고, 해양 생태계 변화와 환경위해도 연구 (Northern Gulf of Mexico (NGOM) Ecosystem Change and Hazard Susceptibility)에 있어서도 기본적으로 해양 지질학적 연구를 기본 세부연구 항목으로 진행해 오고 있다. 이외에도 많은 해양연구 분야에 있어서 지질학적 조사를 포함한 다수의 프로젝트를 진행해 오고 있다.
- (6) 해외 해양선진국의 경우 이미 1980년대부터 지질형태구조에 대한 연구가 진행되어 왔으며 현재에는 방대한 연구결과 자료를 토대로 현생에서 일어나고 있는 해양현상과 접목시킨 원인규명 및 예측 등의 융복합적 연구로 발전시켜 지속적으로 진행해오고 있다.

제2절 국내 기술 동향

- (1) 국내의 경우, 1995 ~ 1997년에 한국해양연구원에서 수행한 ‘동해대수심’ 연구 사업으로 울릉분지평원과 한국대지에서 부분적으로 퇴적작용 및 퇴적환경변화에 관한 연구를 수행한 이후, 현재까지 약 15년 동안 해양지질학적 관점에서 해양 퇴적환경 시스템의 시·공간적 연계성 및 변동성 연구는 미비하다.
- (2) 2000년 이후, 가스하이드레이트, 생태계 변화, 등에 대한 연구가 활발하게 진행되어 왔는데 연안 지질형태구조 특성과 이에 대한 시·공간적 변동성 규명에 관한 기초연구가 이루어지지 않아서 상기의 다른 연구 분야에서 획기적인 연구 결과를 도출하기 쉽지 않은 상태이다.
- (3) 한국해양과학기술원 경우 연안재해, 기후변화 등과 관련하여 해양지질학적 관점을 포함한 융복합적 연구가 진행이 필요하다.
- (4) 연안침식과 연안재해 연구에 있어서 외국 선진국의 경우 공학적 접근에 앞서 해양지질학적 이해를 최우선시 하고 이를 공학에 접합시키는 방법으로 프로그

램을 진행하고 있으나, 국내에서는 해양지질학적 요소를 포함한 연안재해 연구는 미비하다.



해양환경변화 적응대책 마련을 위한 해양
geoframework(지질형태구조) 기반 연안지형 진화 연구

제3장 연구개발수행 내용 및 결과



해양환경변화 적응대책 마련을 위한 해양
geoframework(지질형태구조) 기반 연안지형 진화 연구

제1절 해빈변화

제1절 해빈변화

1. 서론

해빈은 육상의 강이나 하천으로부터 바다로 유입되는 퇴적물 또는 해안 침식에 의해서 생긴 퇴적물이 파랑과 연안류에 의해서 해안으로 이동하여 퇴적되기도 하고, 해수면 하강시 쌓였던 잔류퇴적물들이 파랑과 조류에 의해서 연안으로 이동되어 쌓이기도 한다. 해빈의 퇴적물 중 주로 모래로 이루어진 곳을 사빈(모래 해빈, sand beach), 자갈이 주를 이루는 곳을 역빈(gravel beach), 그리고 니질 퇴적물로 이루어진 곳을 이빈(muddy beach)라고 구분한다(Fig. 3-1-1).

퇴적물 입도 크기로 구별되는 해빈의 형태와 크기는 파도, 조석, 퇴적물 구성성분과 분포 등에 의해서 다양하게 변한다. 해빈의 지형은 그 지형의 기반이 되는 형태와 대륙붕, 대륙사면으로 연결되는 연근해의 지형구조를 바탕으로 퇴적물의 특성, 파랑과 파고의 형태 등과 관련이 있다고 본다.

해빈의 상부경계는 사구가 있는 곳까지 폭풍이나 태풍이 미친 최고 해수면까지로 본다. 해빈의 하부경계는 조하대 아래로 그 경계를 정하기 어려우나 파도가 더 이상 영향을 미치지 못하는 범위까지로 볼 수 있다. 이 지점을 대략 파장의 삼분의 1 정도의 수심이나 파고의 10배 정도 되는 수심으로 나타난다.

한국은 동해와 서해 그리고 남해의 해안의 형태가 다르므로 그 해빈의 특성도 매우 다르게 나타난다. 동해는 급격한 경사를 이루는 대륙붕과 대륙사면을 인접하고 퇴적물도 사질퇴적물이 대부분이다. 동해는 서해에 비하여 큰 강 등이 거의 없고 하천들도 유로가 짧고 대륙붕과 대륙사면의 경사가 급하며 굽은 모래퇴적물이 연안을 따라 잘 발달되어 있다. 그리고 서해는 조석간만의 차이가 심하며 조간대가 넓게 펼쳐져 있는 해안으로 해빈 특성을 보인다. 우리나라는 해수면 하강과 상승작용으로 인하여 잔류모래퇴적물이 서해에 넓게 분포하고 한편 서해는 해수면 하강시에 강과 하천으로 공급된 퇴적물들이 해수면 상승시 잔류 모래퇴적물로 존재하지만 지금의 해안선까지 그 모래퇴적물이 충분하게 공급되기보다는 세립퇴적물 등이 많이 해빈에 퇴적되고 그 일부 모래퇴적물이 작은 규모의 해빈으로 발달되어 있다. 남해는 리아스식 해안에서 중간 중간에 포켓형 해빈이 발달하고 역빈도 발달한 곳도 있다.

본 연구에서는 우선 지난 3년 동안 동해와 서해 해빈 중 자연적으로 잘 보존되고 해빈이 잘 발달 곳을 선정하였다. 동해는 1차년도 동해중부 속초에 양양까지 물치, 정암, 낙산, 오산, 동호해빈을 선정하여 조사한 후 다시 2차년도는 낙산, 오산과 동호해빈을 집중적으로 조사하였다. 서해는 2차년도부터 포함하여 동해와 비교연구로 선정되었고 서해 중 서해 중부 안면도의 해빈 중 두여, 안면, 기지포 및 삼봉 해빈을 선정하여 3차년도까지 연구하였다.

2. 재료 및 방법

연구지역으로 동해 중부 해빈과 서해 중부 안면도 해빈으로 선정되었다. 동해 중부 는 속초에서 양양까지 물치, 정암, 낙산, 오산 동호해빈이다(Fig. 3-1-2). 서해는 중부 태안 안면도 연안해역을 선정하였다(Fig. 3-1-3). 서해 중부 해빈은 두여, 안면, 기지포, 삼봉해빈을 조사하였다. 연구방법으로 RTK(Fig. 3-1-4)와 퇴적률판을 사용하여 해빈의 지형을 측량하였고, 해빈의 퇴적물을 채취하여 퇴적물 분포를 파악하였으며, 해빈의 퇴적물 분포를 이해하기 위하여 해빈의 앞 바다의 연근해 표층 퇴적물 분포 또한 채취 하여 입도 분석하였다.

가. 해빈 측량

(1) 동해 중부 해빈

동해 중부 해빈은 2012년 6월 17일에서 6월 20일까지, 2012년 10월 20일에서 10월 24일, 2013년 6월 25일에서 7월 2일 해빈 측량조사를 수행하였다. 동해 중부 해빈 중 1차년도는 5개 해빈을 선정하여 측량하였고, 2차년도는 그 중 북측의 물치와 정암해빈 은 제외하고 낙산, 오산 및 동호해빈을 측량하였다.

(2) 서해 중부 해빈

서해 안면도 해빈 (두여, 안면, 기지포, 삼봉해빈) 2013년 3월에 퇴적률판 설치하였다 (Fig. 3-1-5). 평균 약 2달에 1회(2013년 4월 초, 2013년 5월, 2013년 7월 각 1회 버니어

캘리퍼스도 지면으로부터의 깊이를 3번 측정하여 평균값을 나타내었다(Fig. 3-1-6~3-1-7). 2014년 9월과 11월에 RTK-GPS를 이용하여 두여해빈, 안면해빈, 기지포해빈, 삼봉해빈 해빈 측량조사를 수행하였다(Fig. 3-1-8). 두여해빈, 안면해빈, 기지포해빈, 삼봉해빈 해빈단면 측량조사를 수행하였다. 서해 기지포해빈의 사구를 314정점 측량하였다.

나. 표층퇴적물

(1) 동해

2013년 양양군 인근해역의 36정점의 표층퇴적물을 채취하여 표층입도를 분석하였다.

(2) 서해

2013년 3월과 5월에 2013년 3월 두여-안면-기지포-삼봉 해빈의 표층 퇴적물 모니터링 36정점에서 샘플채취를 하여 퇴적물입자의 경향을 분석하였다.

2014년 10월에 2013년에 이어 두여-삼봉해빈 표층퇴적물 모니터링 36정점에서 샘플채취하였다(Fig. 3-1-9). 그외 두여-삼봉해빈 측량측선에서 표층퇴적물 68정점 샘플채취하였다(Fig. 3-1-10). 기지포해빈사구에서 표층퇴적물 15정점 샘플채취하였다(Fig. 3-1-11). 서해 두여-삼봉해빈에서 표층퇴적물 샘플을 총 119정점을 채취하였다(Fig. 3-1-12).

다. 항공사진 분석

(1) 동해

낙산-오산 해빈의 1972년, 1991년, 1997년, 2005년의 총 4개년도의 항공사진을 비교하여(Fig. 3-1-13) 해안선의 시계열 변화와 변화율을 계산하였다.

동호 해빈의 1972년, 1980년, 1997년, 2009년의 총 4개년도의 항공사진을 비교하여

(Fig. 3-1-14) 해안선의 시계열 변화와 변화율을 계산하였다.

물치-정암 해빈의 1972년, 1980년, 1989년, 1991년, 1997년, 2009년, 2010년의 총 7개 년도의 항공사진을 비교하여 해안선의 시계열 변화 양상을 분석하였다(Fig. 3-1-15~3-1-16).

(2) 서해

한국해양과학기술원 해양위성센터에서 보유하고 있는 회전익 무인항공기를 이용하여 단기 해안선 변화를 분석하기 위하여 2014년 5월과 2014년 10월에 두여, 안면, 기지포, 삼봉 해빈에서 동일조위에 촬영을 실시하였다(Fig. 3-1-17). 연구지역은 서해 태안군 안면읍 일대 두여, 안면, 기지포, 삼봉 해빈으로 설정하였다. 2014년 5월에는 40개의 정점에서 지형고도를 측량하였고, 10월에는 동일한 위치에서 측정함과 동시에 9개의 정점에서 추가로 지형고도를 측량하였다(Fig. 3-1-18). 5월과 10월의 값으로 단기간의 측선 변화 비교(Fig. 3-1-19)하고 단기 해안후퇴율을 분석하였다(Fig. 3-1-20).

서해 두여-삼봉 해빈의 모든 항공사진(Fig. 3-1-21~3-1-22)은 기하보정 한 후(Fig. 3-1-23) 각 영상의 촬영시각에 맞는 방포향 기준 조위값으로 보정하여 분석에 사용하였다. 각 연도별로 수륙경계선을 취득한 후(Fig. 3-1-24) 조위 값이 유사한 시기의 경계선들을 분석하였다.

3. 결과 및 토의

가. 해빈분석

(1) 동해

2012년 해빈측량에서 낙산해빈 45측선, 오산해빈 45측선 조사, 2013년에는 2012년 측선 중 주요 측선 선정하여 낙산해빈 14측선, 오산해빈 15측선 측량하였다(Fig. 3-1-25).

낙산해빈과 오산해빈은 2012년 6월에서 2012년 10월 사이(Fig. 3-1-25)에는 해안선

이 전진하였으나 일년 후인 2013년 6월에는 (Fig. 3-1-25)에는 해안선 후퇴하였다. 오산해빈은 12년 6월부터 2013년 6월사이 일년간 큰 변화는 없다. 그러나 남대천 부근에서의 변화가 나타나고 남쪽 부분에서는 꾸준히 해안선이 전진하였다. 낙산해빈과 오산해빈 해빈단면체적 변동량을 계산한(Fig. 3-1-26), 낙산해빈은 총 8,932 m³ 정도 침식되었고 오산해빈은 총 8,083 m³ 정도 침식되었다(Fig. 3-1-26).

동호해빈은 2012년에는 62측선의 측량, 2013년에는 62측선 중 주요한 21측선을 선정하여 측량하였다. 2012년 6월부터 2013년 6월, 일년간 전체적으로 전진하는 경향을 보이지만 동호 해빈 북쪽(Fig. 3-1-25)는 해안선이 후퇴하는 경향을 보인다. 해안선을 따라 해빈단면체적 변동량은 약 4,392 m³ 감소하였다(Fig. 3-1-27).

물치해빈의 길이는 약 1.0 km, 정암해빈은 약 0.6 km 이며, 정암해빈은 자갈로 이루어진다. 해빈 폭은 물치의 경우 5.28~115.14 m로 평균 약 36.55 m이며, 정암은 26.62~53.57 m로 평균 약 42.92 m 이다.

(2) 서해

서해 안면도 해빈 (두여, 안면, 기지포, 삼봉해빈) 2013년 3월에 퇴적률판 설치하였다(Fig. 3-1-5). 평균 약 2달에 1회(2013년 4월 초, 2013년 5월, 2013년 7월 각 1회) 버니어 캘리퍼스로 지면으로부터의 깊이를 3번 측정하여 평균값을 나타내었다(Fig. 3-1-6). 해빈 전반적으로 뚜렷한 경향을 보이지 않는다. 2번 측정한 정점들의 경우 비교분석이 어렵다(Fig. 3-1-7).

2014년 9월과 11월에 RTK-GPS를 이용하여 두여해빈, 안면해빈, 기지포해빈, 삼봉해빈 해빈 측량조사를 수행하였다(Fig. 3-1-8). 두여해빈, 안면해빈, 기지포해빈, 삼봉해빈에 총 스무 라인의 해빈단면 측량조사를 수행하여 해빈단면 측량 결과를 나타냈다(Fig. 3-1-28~3-1-31). 서해 기지포해빈의 사구를 314정점 측량하여 기지포해빈사구 삼차원 지형구를 만들었다(Fig. 3-1-32~3-1-33).

나. 표층퇴적물

(1) 동해

2013년 양양군 인근해역의 36정점의 표층퇴적물을 채취하여 표층입도를 분석하였다. 평균 입도는 1 ~ 6 ϕ 의 범위에 분포하였다. muddy sand가 연구해역 중 가장 많이 분포하였다(Fig. 3-1-34 상단). 2012년 6월과 10월 기간 동안 연구지역 전체 해빈에서 침식이 일어났다. 같은 해빈에서도 해안선을 따라 침·퇴적 양상이 다르게 나타나고 있으며, 해빈단면지형도 조사 시기에 따라 다른 형태를 갖는 것으로 나타났다.

(2) 서해

2013년 3월과 5월에 2013년 3월 두여-안면-기지포-삼봉 해빈의 표층 퇴적물 모니터링 36정점에서 샘플채취를 하여 퇴적물입자의 경향을 분석하였다. 평균입도 범위는 2013년 3월에는 1.6 ~ 2.1 ϕ , 5월에는 1.6 ~ 1.8 ϕ 로 나타난다. 2013년 3월에서 2013년 5월이 되면서 퇴적물 입자가 전반적으로 조립해진다(Fig. 3-1-35).

다. 항공사진 분석

(1) 동해

낙산-오산 해빈의 1972년, 1991년, 1997년, 2005년의 총 4개년도의 항공사진을 비교하여(Fig. 3-1-16) 해안선의 시계열 변화와 변화율을 계산하였다. 4개년도 모두 남대천 주변에서 가장 큰 지형적 변화를 보인다. 남대천을 중심으로 낙산해빈과 오산해빈의 해안선 변화가 다르게 나타났다. 특히 오산해빈에서 낙산 해빈에 비해 2~3배 이상 큰 해안선의 변화가 일어난다. 1972년에서 2005년까지의 해안선은 육지쪽으로 평균 약 9.70 m 후퇴하였고 약 0.29 m/yr의 비율로 후퇴한 것으로 나타난다. 년도에 따라 해안선의 진퇴가 반복된다.

동호 해빈의 1972년, 1980년, 1997년, 2009년의 총 4개년도의 항공사진을 비교하여(Fig. 3-1-16) 해안선의 시계열 변화와 변화율을 계산하였다. 1972년에서 1980년 사이에 해안선이 바다쪽으로 전진하였다가 1980년 이후부터 1997년까지는 거의 해안선의 위치 변화가 없다. 이 후 2009년까지 평균 약 24.61 m 정도 해안선이 육지쪽으로 후퇴한다. 1972년부터 2009년까지 해안선은 약 11.47 m (-0.31 m/yr) 정도 후퇴하였다. 상운천과 광정천, 두 개의 하천이 있었으나 낙산해빈 오산해빈의 남대천과는 다르게 실

제로 해빈 지형 변동에 큰 영향을 끼치지 못한 것으로 나타난다. 항공사진 분석결과 현 해안선이 1972년에 비해 전반적으로 후퇴한 것으로 나타나나, 1972년에서 2012년 40년간 해안선은 전진과 후퇴를 반복한다.

물치-정암 해빈의 1972년, 1980년, 1989년, 1991년, 1997년, 2009년, 2010년의 총 7개 년도의 항공사진을 비교하여 해안선의 시계열 변화 양상을 분석하였다(Fig. 3-1-16). 1972년부터 1991년까지는 해안선이 육지쪽으로 후퇴하였으며, 1997년부터 2009년 사이에는 전진, 그 후 2009년과 2010년 사이에는 다시 육지쪽으로 후퇴한다. 해안을 따라 해안선 변화양상이 불규칙하고 시기에 따른 다르게 나타난다. 장기적으로 볼 때 1972년부터 2010년까지 해안선이 평균 약 9.11 m 육지쪽으로 후퇴하였다(약 -0.24 m/yr).

(2) 서해

한국해양과학기술원 해양위성센터에서 보유하고 있는 회전익 무인항공기를 이용하여 단기 해안선 변화를 분석하기 위하여 2014년 5월과 2014년 10월에 두어, 안면, 기지포, 삼봉 해빈에서 동일조위에 촬영을 실시하였다(Fig. 3-1-17). 5월에는 40개의 정점에서 지형고도를 측량하였고, 10월에는 동일한 위치에서 측정함과 동시에 9개의 정점에서 추가로 지형고도를 측량하였다(Fig. 3-1-18). 5월에는 측선 거리상으로 200~270m 사이에 언덕처럼 고도가 높았으나, 10월에는 오히려 고도가 줄어든다. 반면 더 앞쪽의 100~150m 사이에는 5월에 비해 고도가 높아진다(Fig. 3-1-19). 5월과 10월에 획득한 정사영상에서 수륙경계선을 추출하였다. 추출한 수륙경계선에서 100m 간격으로 transect를 설정하여 두 시기의 수륙경계선의 편차를 구하였다(Fig. 3-1-20). transect들을 평균한 결과 5달 동안 수륙경계선이 전체적으로 약 13.92m 전진한 것으로 계산된다. 다만 이 전진률은 해빈 전체에서 증가한 것이 아니라 안면 해빈(AM)과 기지포 해빈(GJP) 사이에 있는 창정교 주변의 해빈에서 주로 일어난 것으로 판단된다. 북서쪽의 삼봉해빈(SB)과 남서쪽의 두여해빈(DY) 가장자리에서도 높은 전진률을 보인다.

서해 두여-삼봉 해빈의 모든 항공사진(Fig. 3-1-21~3-1-22)은 기하보정 한 후(Fig. 3-1-23) 분석하였다. 각 연도별로 수륙경계선을 취득한 후(Fig. 3-1-24) 조위 값이 유사한 시기의 경계선들을 분석하였다. 무인항공기로 취득한 수륙경계선과 같이 100m 간격으로 transect를 생성하여 전진 및 후퇴 정도를

파악하였다. 2010년에는 1986년에 비하여 수륙경계선이 약 65.8m 정도 후퇴한 것으로 나타난다(Fig. 3-1-36의 (a)). 창정교 주변이 최대 122m까지 후퇴하는 경향을 보이며 해빈 전체에 걸쳐 수륙경계선이 후퇴하였다. 연간 후퇴율은 약 -2.7m로 나타난다. 조위는 오히려 1986년 쪽이 더 높다. 2014년 5월과 2012년 10월 사이에는 약 45.4m 정도 후퇴한 것으로 나타난다(Fig. 3-1-36의 (b)). 다만 이것은 해빈의 경사도가 낮은 조하대 쪽의 수륙경계선이고, 두 시기의 조차가 약 20cm 정도 나기 때문에 실제 후퇴율은 이보다 적을 것으로 보인다.

4. 결 론

1. 동해의 대표적인 해빈인 낙산, 오산, 동호해빈과 서해의 대표적인 해빈인 안면도의 두여, 안면, 기지포 및 삼봉 해빈을 조사하였다.
2. 두 해역의 해빈은 파랑, 조석간만의 차, 퇴적물 유입과 연근해 대륙붕 경사의 차이 등으로 퇴적물의 구성과 지형형태가 완전히 다른 것으로 나타났다.
3. 동해는 항공사진, RTK 및 표층퇴적물 분석 등을 통하여 해빈의 침식과 퇴적의 역사를 파악하였으며, 서해도 항공사진과 무인항공기, 퇴적물관과 RTK 및 해빈 표층퇴적물을 분석하여 두 해역을 비교하였다.
4. 동해의 2012년과 2013년 해빈측량에서 낙산해빈은 2012년 6월에서 10월사이의 해빈측량에서는 해안선이 전진하였지만 2013년 6월에는 일년간 전체적으로 해안선이 후퇴하였다. 오산해빈은 2012년 6월부터 2013년 6월사이 일년간 큰 변화가 없었다. 단 남대천 부근에서는 약간의 변화를 보였다. 동호해빈은 2012년 6월부터 2013년 6월까지 전체적으로 전진하는 경향을 보이지만 동호해빈 북쪽은 해안선이 후퇴하는 경향을 보인다.
5. 일년간 낙산해빈과 오산해빈의 해빈 단면체적 변동량을 계산한 결과, 낙산해빈은 약 8,932 m³ 감소하였고, 오산해빈은 약 8,083 m³ 침식되었다. 그리고 동해 중부 해빈 연구중 가장 남쪽에 위치하고 가장 긴 해빈인 동해해빈의 해빈 단면체적 변동량은 4,992 m³ 감소하였다.
6. 동해 중부 해빈의 퇴적물 특성과 분포는 모래질 퇴적물이므로 연안 표층퇴적물 분석을 통하여 그 특성을 이해하였다. 연안 표층퇴적물 36정점에서 평균입도는 1 ~ 6 Ø의 범위로 분포하며 니질 모래가 가장 많이 분포한다.

7. 동해 낙산-오산 해빈의 1972년, 1991년, 1997년, 2005년의 항공사진을 비교하여 해안선의 시계열 변화와 변화율을 계산하였다. 모두 남대천 주변에서 가장 큰 지형적 변화를 보이며, 남대천을 중심으로 낙산해빈과 오산해빈의 해안선 변화가 다르게 나타나며, 특히 오산해빈에서 낙산 해빈에 비해 2~3배 이상 큰 해안선의 변화가 일어난다.
8. 동해의 항공사진에서 1972년에서 2005년까지의 해안선은 육지쪽으로 평균 약 9.7 m 후퇴하였고 0.29 m/yr의 해안선 후퇴를 보이며, 연도에 따라서 해안선의 전진과 후퇴가 반복되는 양상이다.
9. 동호 해빈의 경우, 1972년, 1980년, 1997년, 2009년의 항공사진을 비교하여 해안선의 시계열 변화와 변화율을 계산하였다. 항공사진 1972년에서 1980년 사이에 8년동안 해안선이 바다쪽으로 전진하였다가, 1980년 이후부터 1997년까지는 거의 해안선의 위치 변화가 없다. 그러나 1997년에서 2009년까지 13년동안 평균 약 24.61 m 해안선이 육지쪽으로 후퇴하였다. 따라서 1972년부터 2009년까지 37년간 동호 해빈의 해안선은 약 11.47 m 후퇴하였고, 연 약 31 cm씩 후퇴하였다. 이는 해안선이 최근에 좀 더 침식되는 양상과 관련이 되는지 향2009년 이후의 항공사진과 비교할 필요가 있다. 1972년부터 1997년까지 바다로 전진 또는 변동이 거의 없다가 1997년을 기점으로 2009년 사이 급격한 해안선 후퇴는 그 원인을 찾아볼 필요가 있다.
10. 동호해빈은 상운천과 광정천, 두 개의 하천이 있었으나 낙산해빈 오산해빈의 남대천과는 다르게 실제로 해빈 지형 변동에 큰 영향을 미치지 못하여, 현 해안선이 1972년에 비해 전반적으로 후퇴한 것으로 나타나나, 1972년에서 2012년의 40년간 해안선은 전진과 후퇴를 반복하는 형태를 보이고 있다.
11. 동해 해빈연구 중 북쪽인 속초 근처의 물치-정암 해빈의 항공사진 분석은 총 7개로 그 연도는 1972년, 1980년, 1989년, 1991년, 1997년, 2009년, 2010년이다. 1972년부터 1991년까지는 해안선이 육지쪽으로 후퇴하였으며, 1997년부터 2009년 사이에는 전진, 그 후 2009년과 2010년 사이에는 다시 육지쪽으로 후퇴한다. 해안을 따라 해안선 변화 양상이 불규칙하고 시기에 따른 다르게 나타난다. 장기적으로 볼 때 1972년부터 2010년까지 해안선이 평균 약 9.11 m 육지쪽으로 후퇴하며 침식되는 양상을 보인다.
12. 서해 안면도의 두여, 안면, 기지포 및 삼봉해빈은 2013년 3월에 퇴적률판을 설치하여 평균 두달에 한번씩 버니어 캘리퍼스로 지면으로 깊이를 3번씩 측정한 평균값을 비교하였다. 이 해빈들은 전체적으로 큰 변화를 보이지 않았다. 퇴적률판은 2013년 여름철로 들면서 해빈의 해수욕장 사용으로 인하여 퇴적률판에

부착된 쇠막대기의 해빈노출로 인한 사람들의 안전여부로 모두 수거하여 더 이상 퇴적물관 사용은 어려움에 봉착하였다.

13. 서해중부 안면도 해빈의 측량은 다시 RTK-GPS로 조사를 2014년 9월과 11월에 하였다. 이 두달의 기간동안 안면해빈과 기지포, 삼봉해빈의 일부 측량선의 중간 부분에서 약간의 침식을 보이는 곳과 퇴적을 보이는 곳이 나타난다.

14. 기지포 해빈의 상부 경계면의 사구 아래에서 RTK-GPS로 북서방향 약 3 m, 동남방향 약 2 m의 폭으로 314정점으로 측량을 한 결과 9월과 11월 측량하여, 삼차원으로 복원한 결과 사구와 해빈경계면과의 높이 차이는 약 6 m이며, 사구와 해빈이 만나는 경계부분에서 약 1 m 길이는 약 두달간 큰 변동이 없으며, 그 바다쪽으로 가면서 약 1 m 거리는 약 15 ~ 30 cm 침식되고 다시 안정된 변동이 없다가 그 다음 약 50 cm는 약 30cm까지 퇴적이 되고 다시 변동이 없고 약간의 퇴적을 보인다.

15. 서해 안면도 연안의 표층퇴적물 분포는 평균 입도는 2 ~ 7 ϕ 의 범위이며, 연구해역 전반적으로 니질 모래로 구성되어 있다.

16. 서해 안면도의 두여-안면-기지포-삼봉 해빈의 표층 퇴적물 평균입도 범위는 2013년 3월에는 1.6 ~ 2.1 ϕ , 5월에는 1.6 ~ 1.8 ϕ 로 큰 차이가 없으며, 2013년 3월에서 2013년 5월이 되면서 퇴적물 입자가 전반적으로 조립해지는 경향을 보인다.

17. 한국해양과학기술원 해양위성센터에서 보유하고 있는 회전익 무인항공기를 이용하여 단기 해안선 변화를 분석하기 위하여 2014년 5월과 2014년 10월에 두여, 안면, 기지포, 삼봉 해빈에서 동일조위에 촬영을 실시하였다. 2014년 5월과 10월에 지형고도를 측량한 결과, 5월에는 측선 거리상으로 200~270m 사이에 언덕처럼 고도가 높았으나, 10월에는 오히려 고도가 줄어든다. 반면 더 앞쪽의 100~150m 사이에는 5월에 비해 고도가 높아진다.

18. 2014년 5월과 10월에 획득한 정사영상에서 추출한 수륙경계선에서 100m 간격으로 transect를 설정하여 두 시기의 수륙경계선의 편차를 구하였다. transect들을 평균한 결과 5달 동안 수륙경계선이 전체적으로 약 13.92m 전진한 것으로 계산된다. 이 전진률은 안면도 연구해역의 해빈 전체에서 증가한 것이 아니라 안면해빈과 기지포해빈 사이에 있는 작은 하천 (창정교 주변) 해빈에서 주로 일어나는 국부적인 해빈의 특성으로 판단된다. 기지포해빈 북쪽에 있는 삼봉해빈과 기지포해빈에서 남쪽에 있는 두여해빈의 끝은 해안단구로서

가장자리에서도 높은 전진률을 보인다.

19. 서해 안면도의 두여, 안면, 기지포 및 삼봉해빈의 모든 항공사진은 기하보정 한 후 분석하였다. 각 연도별로 수륙경계선을 취득한 후, 조위 값이 유사한 시기의 경계선들을 분석하였다. 무인항공기로 취득한 수륙경계선과 같이 100m 간격으로 transect를 생성하여 전진 및 후퇴 정도를 파악하였다. 2010년에는 1986년에 비하여 수륙경계선이 약 65.8m 정도 후퇴한 것으로 나타난다. 창정교 주변이 최대 122m까지 후퇴하는 경향을 보이며 해빈 전체에 걸쳐 수륙경계선이 후퇴하였다.

20. 연간 후퇴율은 약 -2.7m로 나타나며, 조위는 오히려 1986년 쪽이 더 높다. 2014년 5월과 2012년 10월 사이에는 약 45.4m 정도 후퇴한 것으로 나타나는데, 이것은 해빈의 경사도가 낮은 조하대 쪽의 수륙경계선이고, 두 시기의 조차가 약 20cm 정도 나기 때문에 실제 후퇴율은 이보다 적을 것으로 판단된다.

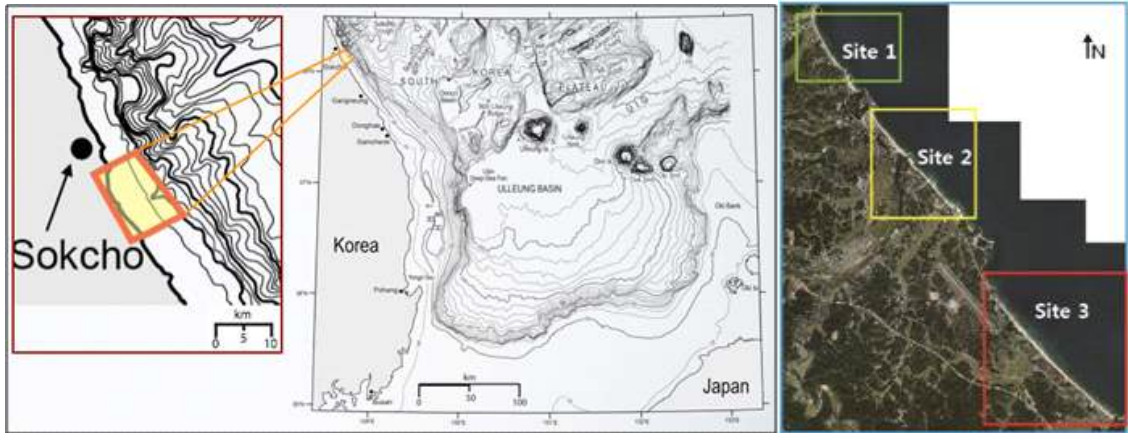


Fig. 3-1-1. 동해 해저지형도

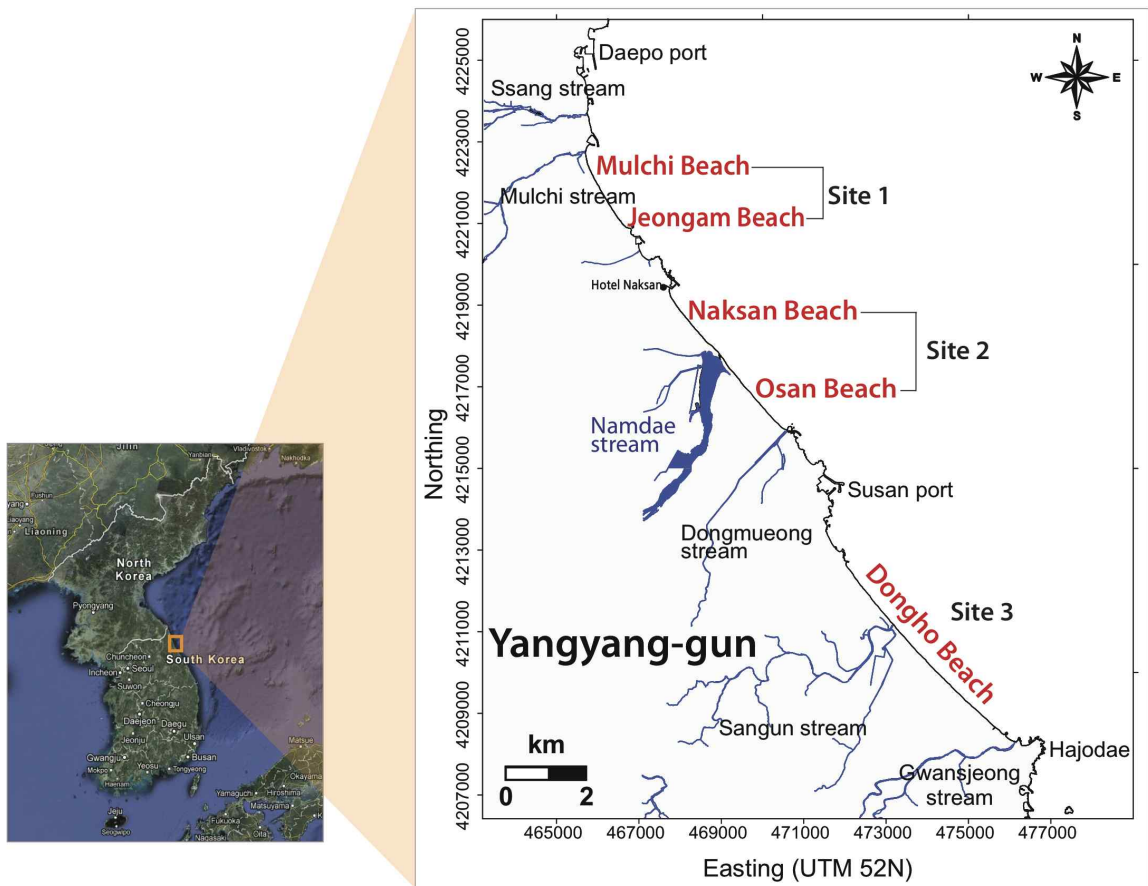
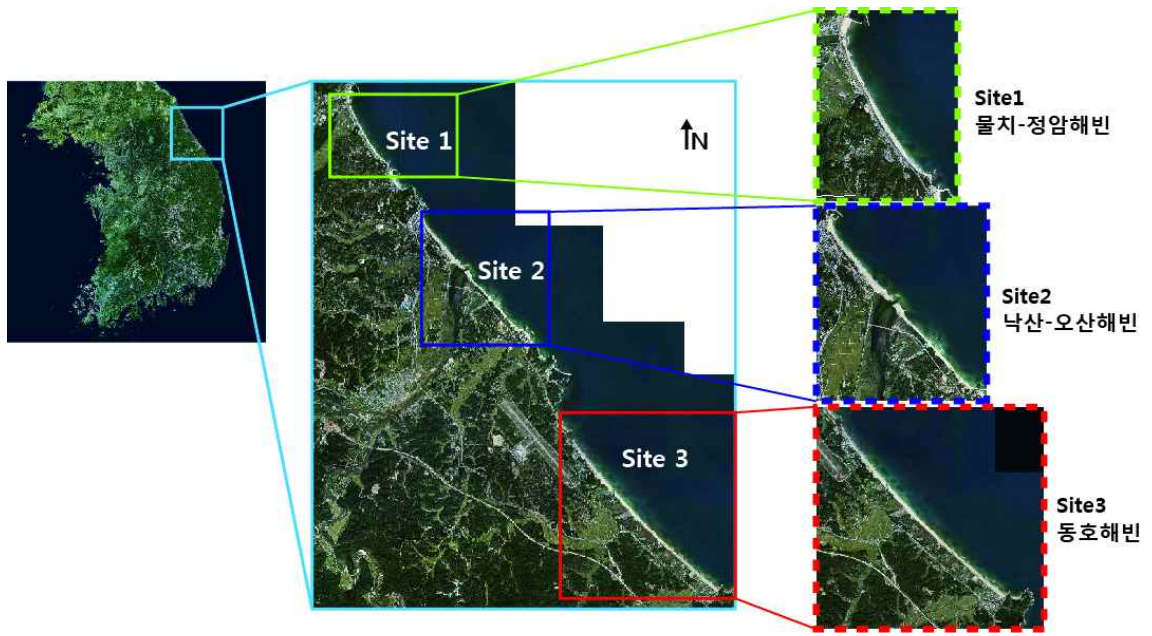


Fig. 3-1-2. 동해의 연구지역



Fig. 3-1-3. 서해의 연구지역

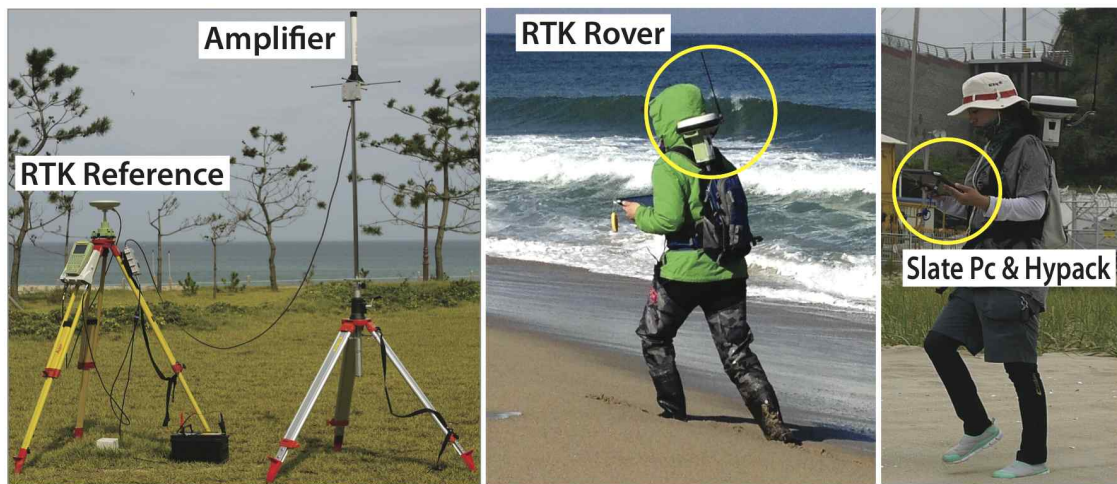


Fig. 3-1-4. RTK-GPS 해빈지형 측량시스템 및 조사 방법



Fig. 3-1-5. 안면도 해빈 측점 및 측선

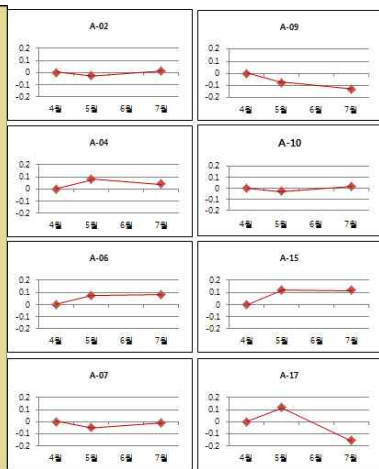


Fig. 3-1-6. 3회 측정된 정점

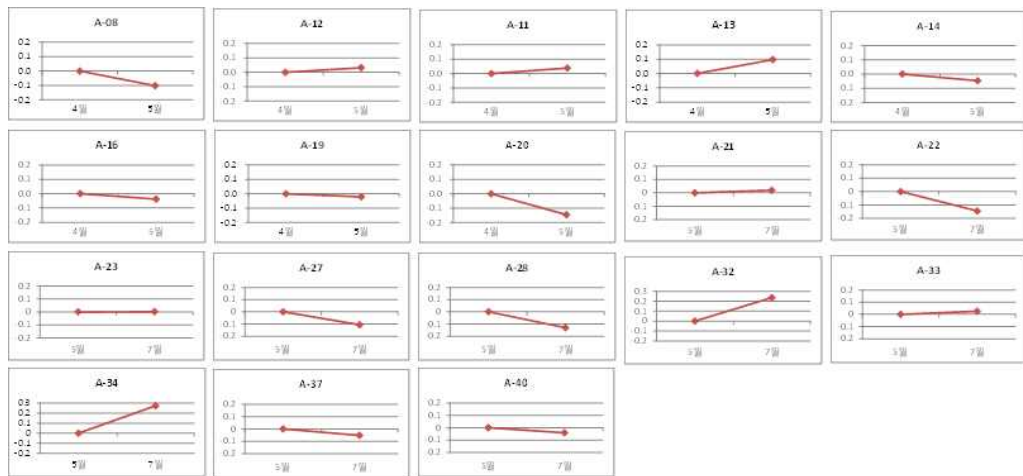


Fig. 3-1-7. 2회 측정된 정점

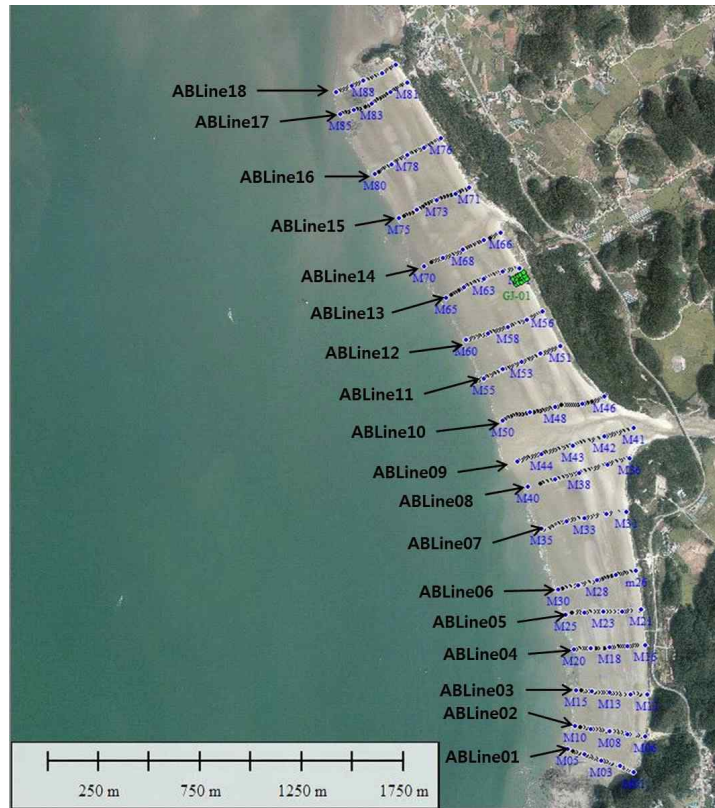


Fig. 3-1-8. 서해 안면도 두여-삼봉해빈의 측량측선



Fig. 3-1-9. 서해 두여-안면-기지포-삼봉해빈
표층퇴적물 모니터링 정점 (36정점)



Fig. 3-1-10. 서해 두여-삼봉해빈
측량측선 표층퇴적물 68정점



Fig. 3-1-11. 서해 기지포해빈사구 표층퇴적물 15정점



Fig. 3-1-12. 서해 두여-삼봉해빈
표층퇴적물 샘플 119정점

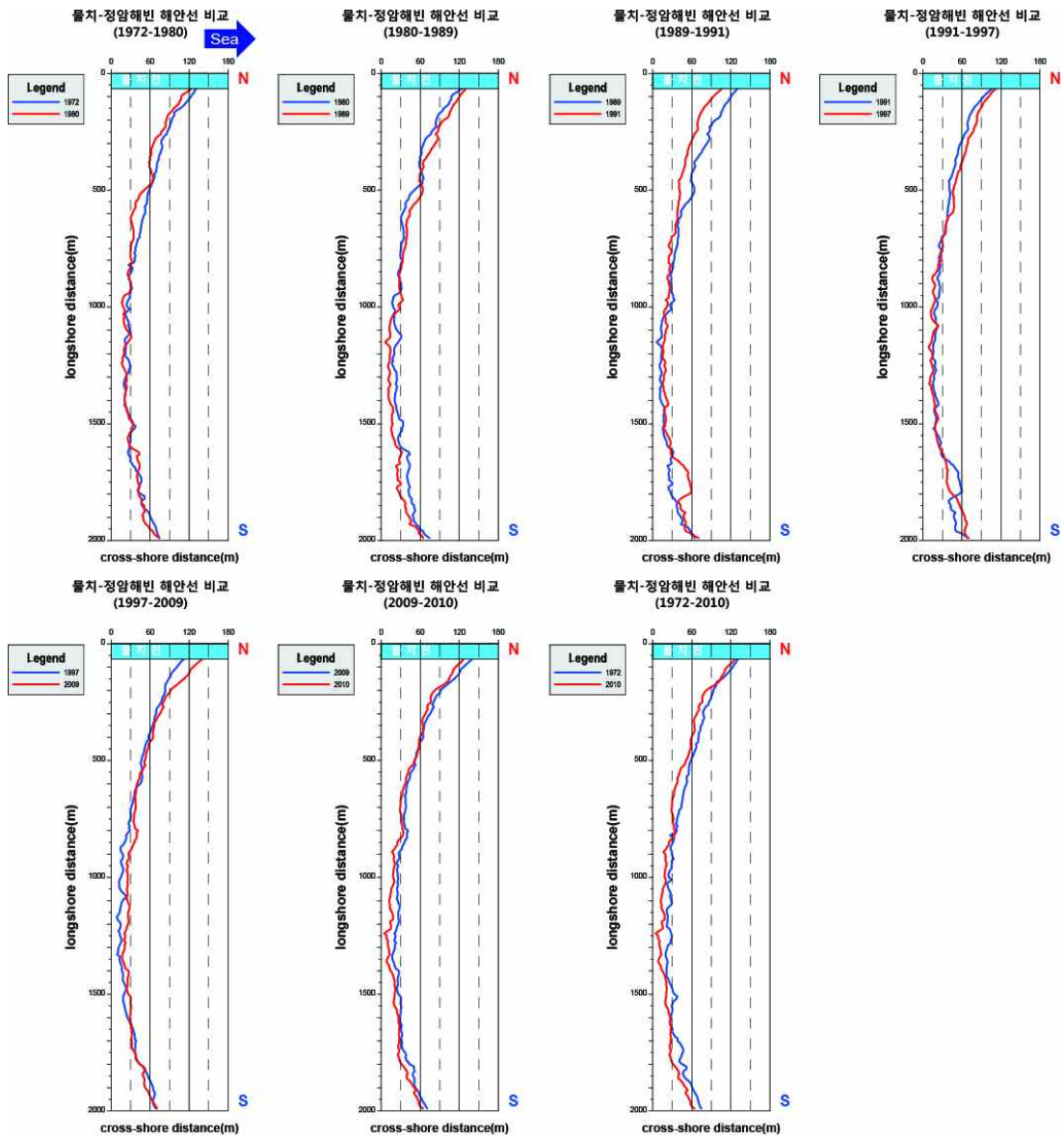


Fig. 3-1-13. 물치-정암 해빈 해안선 비교

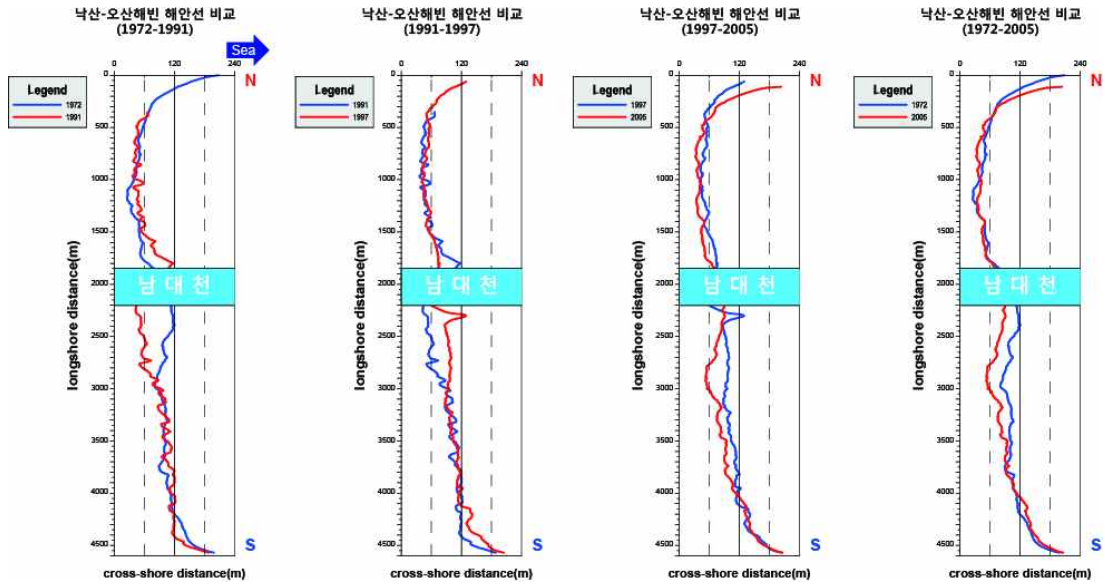


Fig. 3-1-14. 낙산-오산 해변 해안선 비교

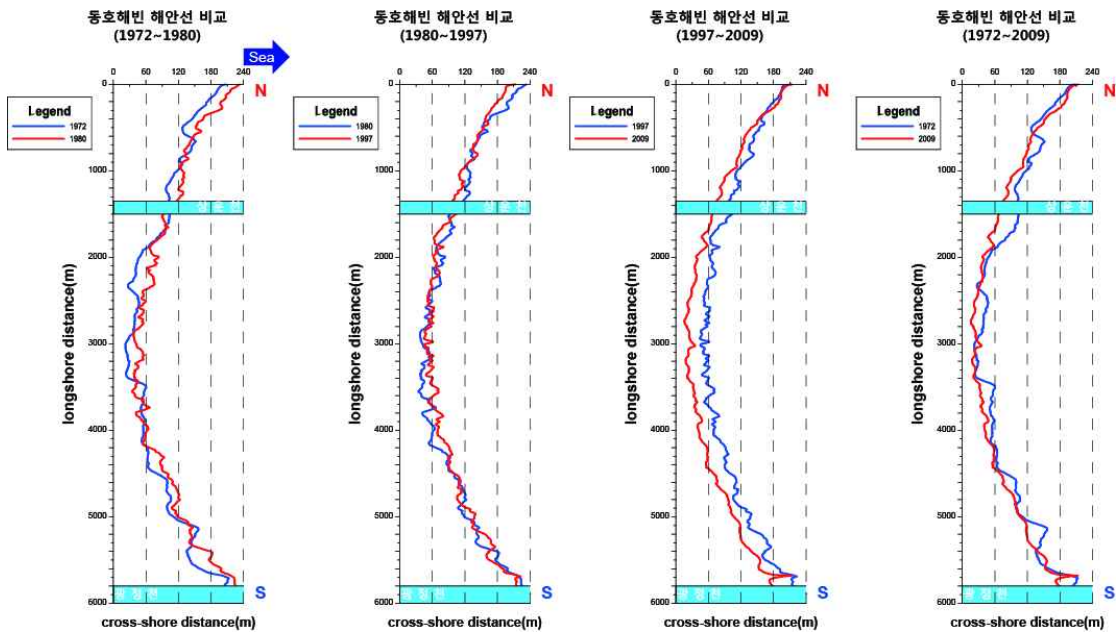


Fig. 3-1-15. 동호 해변 해안선 비교

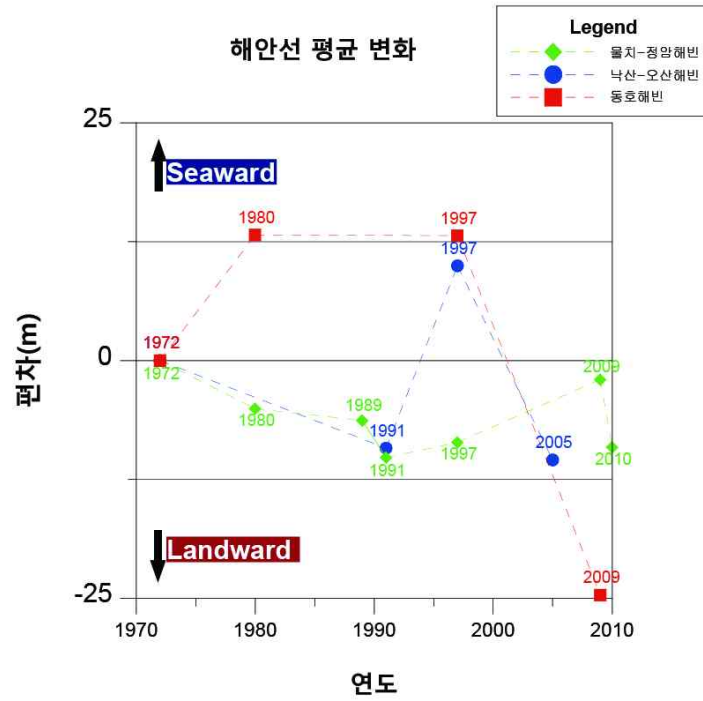


Fig. 3-1-16. 동해 해빈 해안선 평균 변화



Fig. 3-1-17. 왼쪽부터 각각 2014년 5월, 2014년 10월에 무인항공기로 촬영한 연구지역의 정사영상

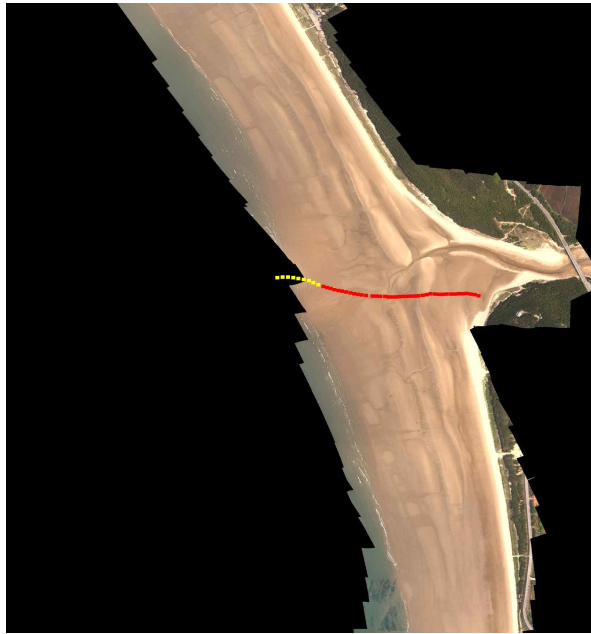


Fig. 3-1-18. 지형고도를 측량한 측선

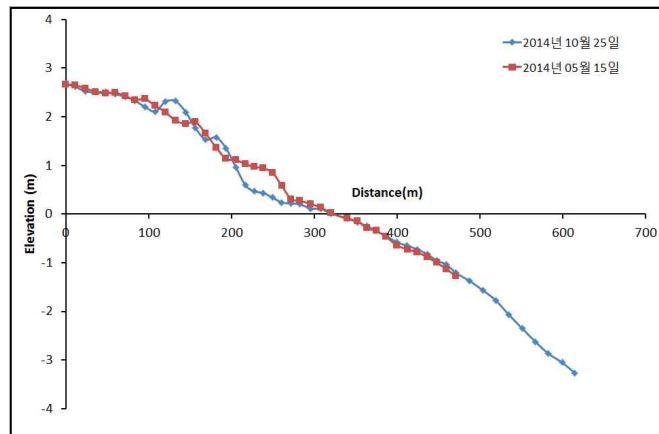


Fig. 3-1-19. 단기간의 측선 변화 비교

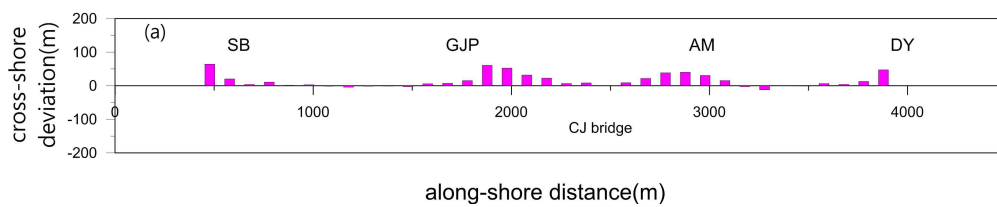


Fig. 3-1-20. 정사 영상에서 추출한 수륙경계선을 이용하여 단기 해안후퇴율 산정



Fig. 3-1-21. 항공사진연구 지역

| 사진 번호 | 날짜 | 시간 |
|--------------------|------------|-------|
| 198500000300540002 | 1986.5.21 | |
| 198500000300540003 | 1986.5.21 | 12:50 |
| 198500000300550001 | 1986.5.21 | |
| 198500000300550002 | 1986.5.21 | |
| 199100000500220002 | 1991.06.21 | 13:20 |
| 199800001000160006 | 1998.05.05 | 10:49 |
| 199800001000170002 | 1998.10.03 | 11:46 |
| 200712001400070009 | 2007.11.25 | 14:19 |
| 200712001400080002 | 2007.11.25 | |
| 201005301CN0380004 | 2010.06.05 | 09:49 |
| 201005301CN0380005 | 2010.06.05 | |
| 201204405C01290014 | 2012.6.3 | |
| 201204405C01290015 | 2012.6.3 | 13:44 |
| 201204405C01290016 | 2012.6.3 | |
| 201204405C01300014 | 2012.10.1 | |
| 201204405C01300015 | 2012.10.1 | 09:34 |
| 201204405C01300016 | 2012.10.1 | |

Fig. 3-1-22. 항공사진 목록

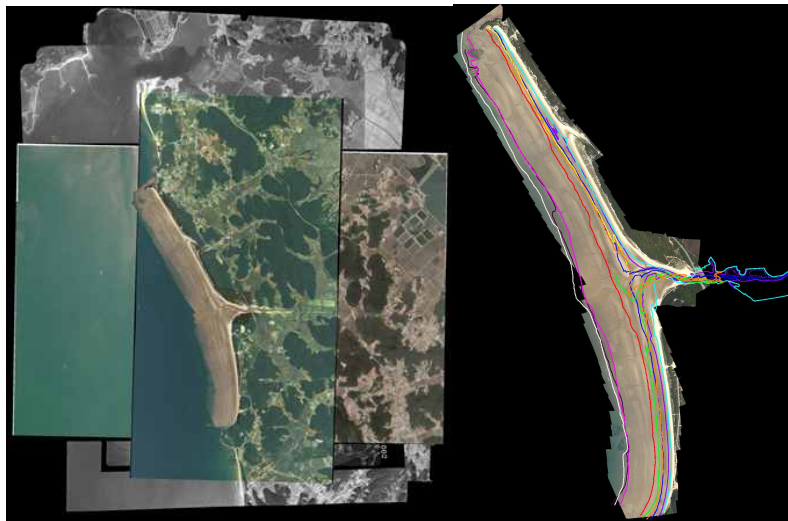


Fig. 3-1-23. 기하보정이 완료된 영상들

Fig. 3-1-24. 전체 영상별 수륙경계선 모음

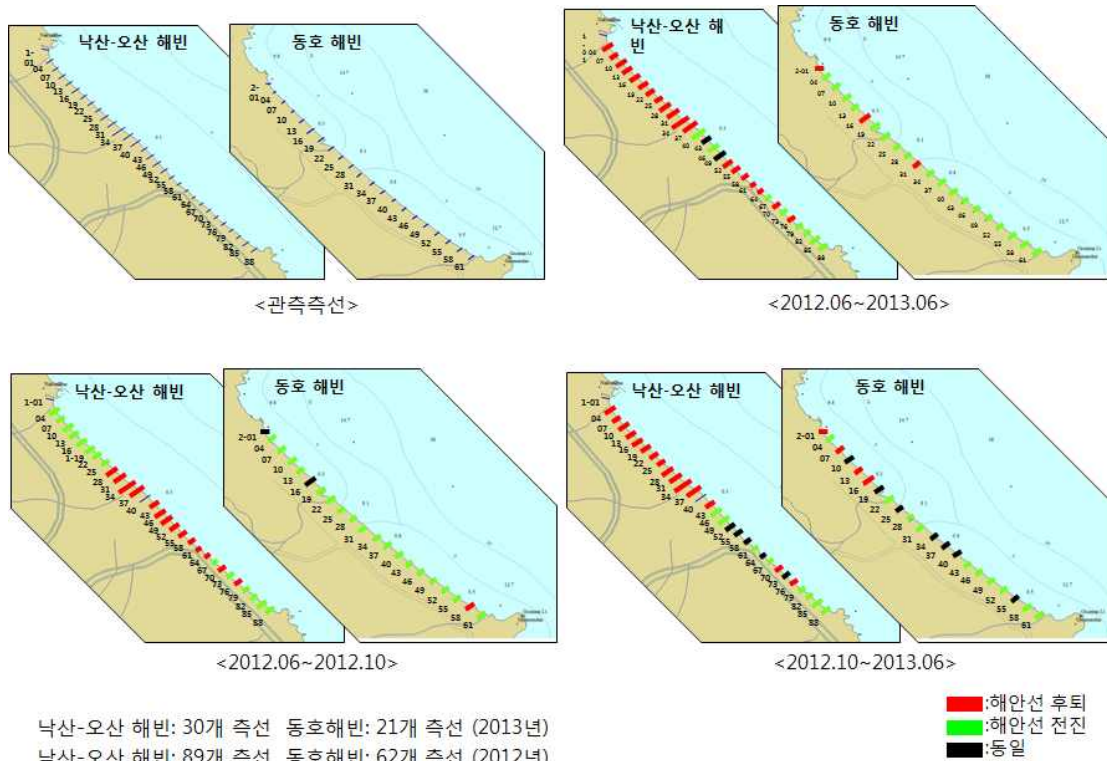


Fig. 3-1-25. 각 측선별 해변 진퇴 변화

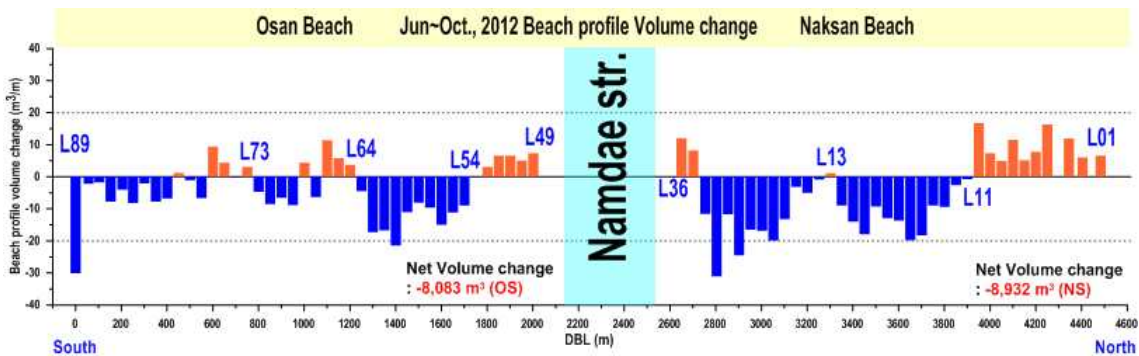


Fig. 3-1-26. 낙산해빈과 오산해빈의 2012년 6월에서 10월사이 해안선방향으로의 해변단면체적 변동량

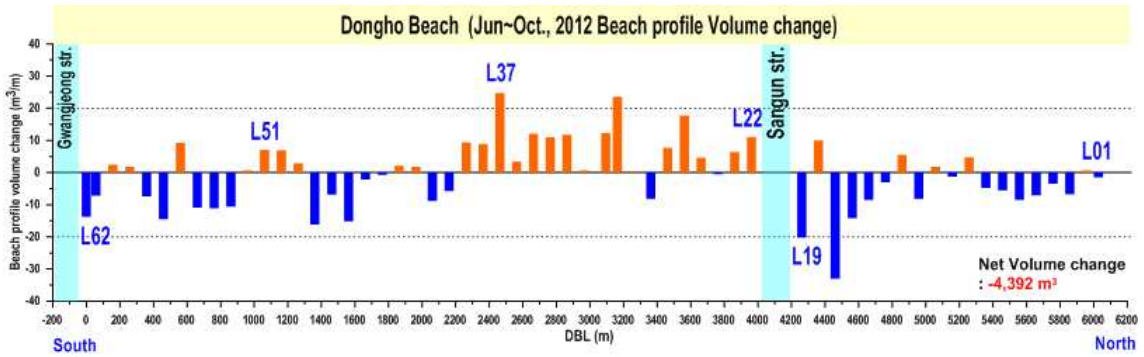


Fig. 3-1-27. 동호해빈의 2012년 6월~10월 해빈단면체적 변동량

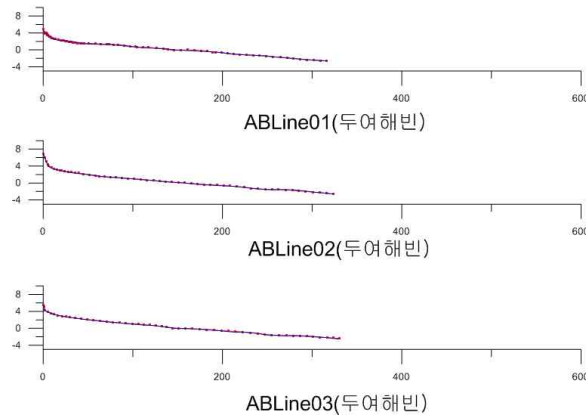


Fig. 3-1-28. 2014년 9월과 11월 서해 두여해빈 측선(단위m, 파란선 9월, 빨간선 11월)

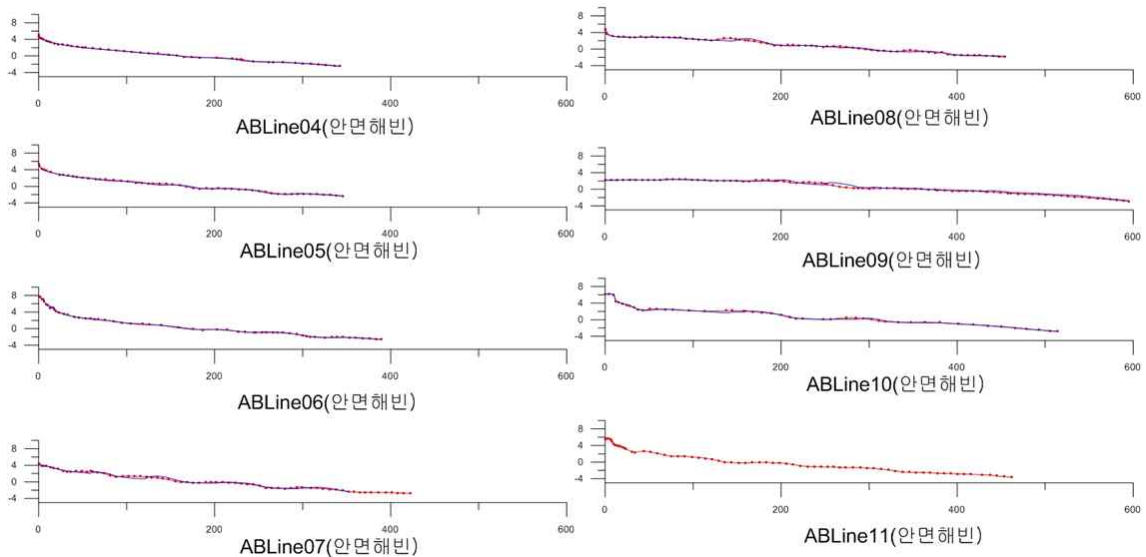


Fig. 3-1-29. 2014년 9월과 11월 서해 안면해빈 측선(단위m, 파란선 9월, 빨간선 11월)

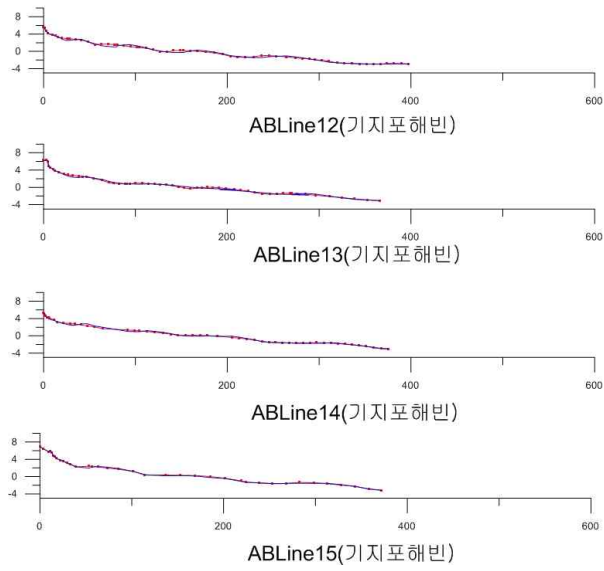


Fig. 3-1-30. 2014년 9월과 11월 서해
기리포해빈 측선(단위m, 파란선 9월,
빨간선 11월)

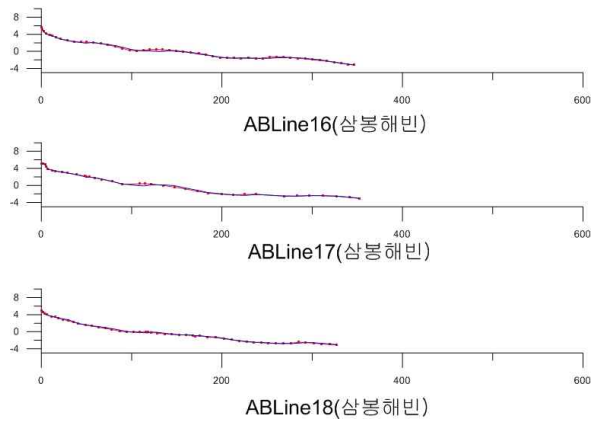
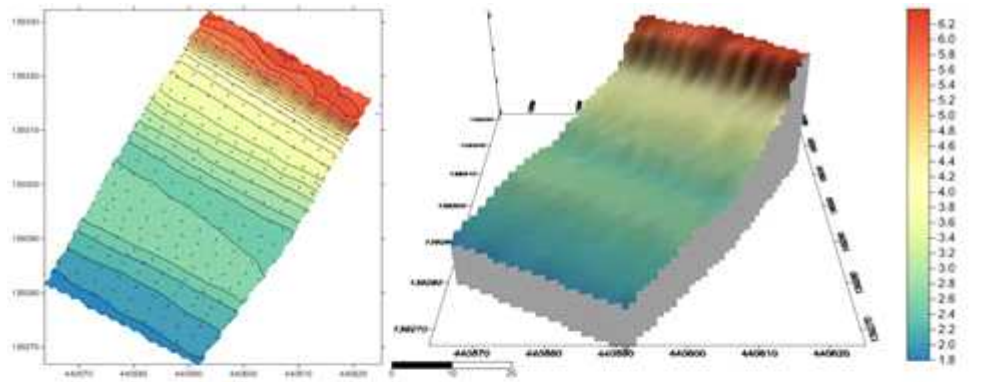


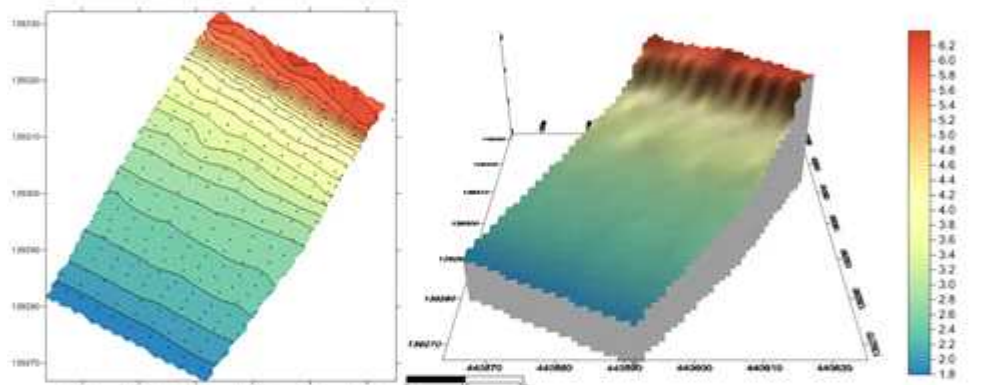
Fig. 3-1-31. 2014년 9월과 11월 서해
삼봉해빈 측선(단위m, 파란선 9월,
빨간선 11월)



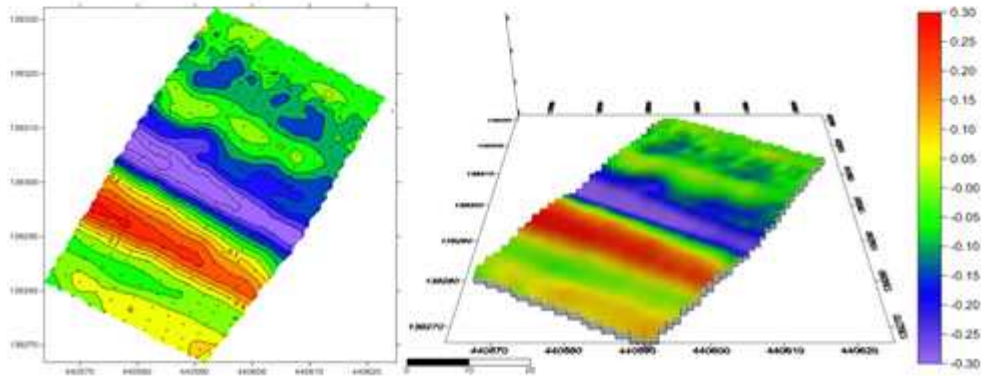
Fig. 3-1-32. 서해 안면도 기지포해빈사구 측량 314정점



2014년 9월 (단위m)



2014년 11월 (단위m)



2014년 9월에서 11월 변화율 (단위m)

Fig. 3-1-33. 서해 안면도 기지포해빈사구 삼차원 지형구. 측량 314점

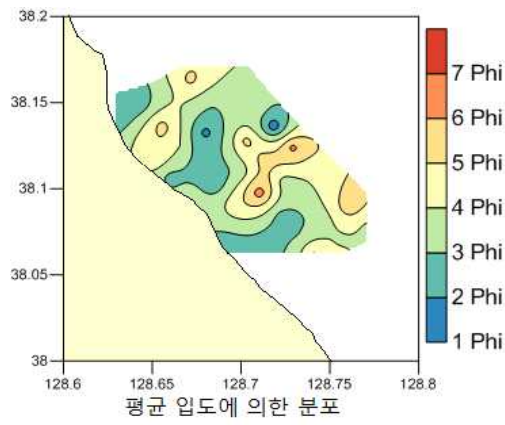
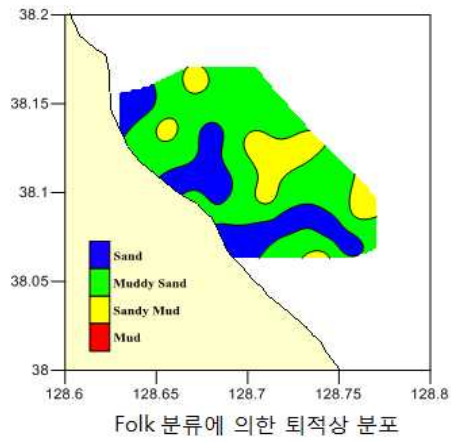


Fig. 3-1-34. 동해 연안 표층입도 분포도

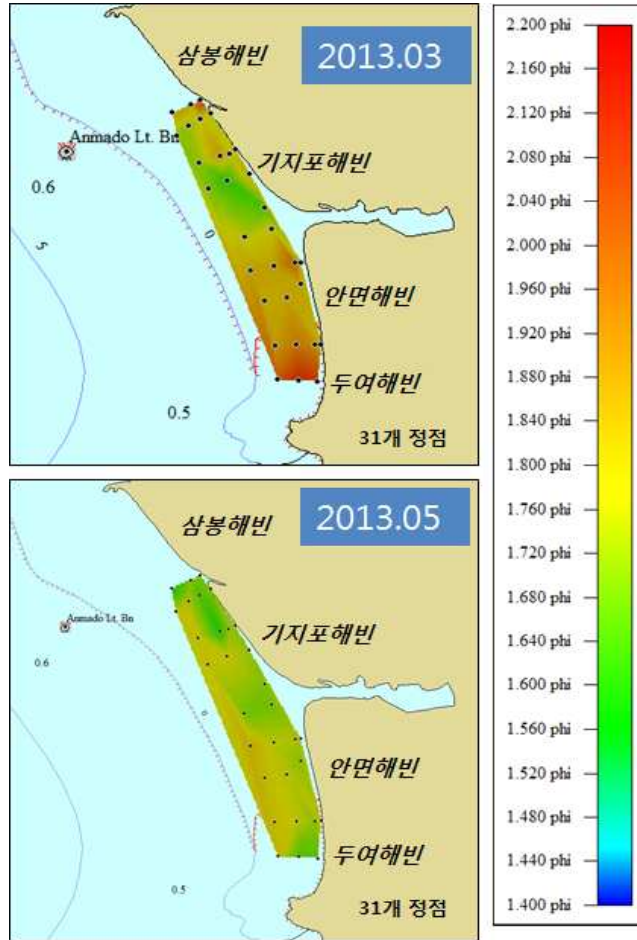


Fig. 3-1-35. 서해 해빈 입도 분포도

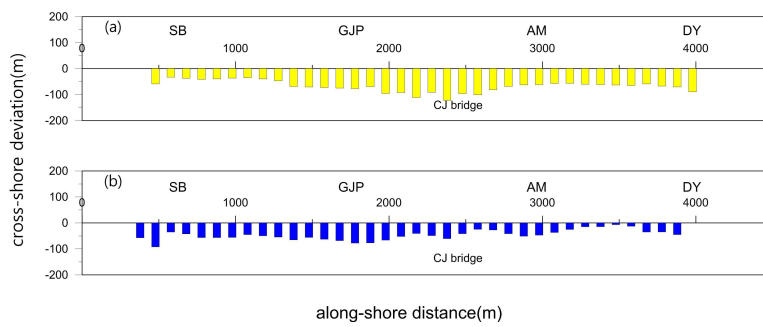


Fig. 3-1-36. 각각 (a)는 2010년 6월과 1986년 5월, (b)는 2014년 5월과 2012년 10월 사이의 변화율



해양환경변화 적응대책 마련을 위한 해양
geoframework(지질형태구조) 기반 연안지형 진화 연구

제2절 연안지층 구조

제2절 연안지층 구조

1. 서론

해양에서 해저 지형 및 구조를 파악하기 위해 시도하는 지구물리 탐사 방법에는 다양한 종류가 있는데, 그 중 탄성과 반사법이 보편적으로 이용되고 있다 (Keary and Brooks, 1991). 이 방법은 해저에 음파를 발생시켜 되돌아오는 시간 및 반사파의 형태를 분석하는 것으로서, 해저면 하부의 각 지층이 갖는 고유한 음향 임피던스가 다르게 나타나므로 지질구조나 매질에 대한 정확한 정보를 얻을 수 있다는 장점이 있다. 이러한 탄성과 탐사에 있어 탐사심도와 해상도는 음원에서 발사되는 음파의 주파수와 강도에 의해 결정되며, 탐사목적에 따라 음파의 주파수 및 세기 등을 고려해 음원을 결정해야 한다. 고해상도 탄성과 단면에 영상화 된 음파의 유형과 지역적인 분포는 퇴적과 침식 과정을 해석하는데 중요한 기초가 된다. (Damuth, 1975; Damuth and Hayes, 1977). 2012년도에서 2013년에는 동해중부 속초에서 양양 연안해역에서 Sparker System을 이용한 천부지층 탐사가 수행 되었다. 그리고 2013년에서 2014년에는 서해중부 안면도 연안해역에서 같은 장비로 천부지층 탐사가 수행 되었다.

본 연구는 동해와 서해 연안의 지층구조를 이해하므로서 연안퇴적환경 시스템을 이해하기 위하여 중천부 탄성과 자료 분석을 수행하고 지층구조를 분석하고자 하는 것이 그 목적이므로 이 자료를 통하여 해양환경변화 적응대책 마련을 위한 해양 geoframework(지질형태구조) 기반 연안지형 진화 연구를 수행하는 과학적 자료를 제공하고자 한다.

2. 재료 및 방법

가. 탄성과 자료 취득

Sparker 탄성과 장비는 전기적 방전으로 음원을 발생시키는 장비로서 탐사시에는 1,300 J의 음원을 사용하였고, 해저 지층으로부터 반사되어 오는 음파를 수신하기 위하여 12 개의 수신자 (element)가 일렬로 연결되어 있는 수중 스트리머 (hydro-streamer)를 이용하였다. 현장조사 시 Sparker는 2초에 한 번, Chirp sonar는 1초에 네 번의 ping rate 로 자료를 획득하였으며, 자료의 정확한 위치정보를 얻기 위해 조사선박의 선위는 Global Positioning System

(GPS)을 사용하였다.

(1) 동해

동해 연안지층 구조 파악을 위하여 속초-양양 연안해역을 2012년 06월 08일 ~ 2012년 06월 19일에 탄성과 탐사를 수행하고 2012년 10월 14일 ~ 2012년 10월 28일에 걸쳐 해저지형 조사를 하였다. 2013년은 6월25~7월 2일 동안 약 94 line-km, 13 line을 sparker로 탄성과 탐사를 실시하였다. 연구지역의 지질형태구조 모델 구축을 위하여 Sparker를 이용한 중·천부 탄성과 탐사 및 다중빔음향측심기(멀티빔)를 이용한 연근해 해저지형조사를 수행하였다.

(2) 서해

서해 연안지층 구조 파악을 위하여 서해 태안 안면도 연안해역을 2013년 4월에는 약 44 line-km의 측선 지층탐사 수행하였고, 2014년 10월에는 약 54 line-km의 측선 지층탐사 수행하였다(Fig. 3-2-14). 추가적으로 channel의 분포와 모래층의 두께를 분석하였다.

나. 자료처리

현장조사에서 획득된 디지털 자료는 XTF (Chirp SBP)와 SEG-Y (Sparker system) 포맷으로, 이 중 Chirp SBP 자료는 획득 당시 내부 프로그램을 통해 SEG-Y 포맷으로의 변환작업을 수행하였으며, 이들 자료는 여러 가지 탄성과자료 S/W를 통해 탄성과지질단면도의 제작이 가능하나 본 연구에서는 주파수 대역 필터 (band-pass filter)와 AGC (Auto Gain Control) 필터를 거쳐 Delph Seismic과 KINGDOM Suit (V. 8.6)프로그램을 통해 고해상도 탄성과 단면을 구현하였다.

3. 결과 및 토의

해상에서의 음파를 이용한 퇴적층 탐사의 경우 투과력과 해상도는 서로 배타적인 경우가

많다. 음파의 투과력을 높이기 위해서는 airgun, sparker 등의 고출력, 저주파 음원을 사용하는데, 이러한 저주파 음원은 해상도가 좋지 않다는 단점을 가지고 있다. 따라서 고주파 음원, 즉 Chirp 방식의 음파 신호를 함께 사용하여 해상도를 보완할 수 있도록 하기 위해 Chirp 과 Sparker 음원을 동시에 발생시켜 반사되는 탄성과 자료를 획득하였다. 해상 탄성과 탐사 중 3.5 kHz SBP 및 Chirp sonar SBP가 투과하지 못하는 중천부 및 심부의 퇴적구조를 파악하기 위해 Sparker 탐사가 주로 이용되는데, Sparker 탐사는 주파수 대역폭이 저주파이므로 탐사 시 Chirp sonar SBP 탐사와 큰 간섭을 일으키지 않는다는 장점이 있어 현장에서의 두 장비는 혼용이 비교적 용이한 편이다.

가. 동해

(1) 연안 지구물리 탐사

동해 중부 연안해역에서 부터 수심 약 200 m(약 10 km 외해)까지 지구물리탐사를 실시하였다(Fig. 3-2-1). 탄성과 탐사 구역은 약 1.2 km 간격으로 연안을 따라 평행하게 8개 라인, 약 2.0 km 간격으로 연안에서 외해쪽으로 10개 라인을 수행하였으며, 총 269 line-km에 대한 탄성과 탐사를 실시하였다. 해저지형조사 구역은 남대천에서 동명천 연안해역을 따라 평행하게 10 m~50 m 간격으로 측선을 설계 하였으며, 총 371 line-km에 대하여 탐사를 진행하였다.

연안과 평행하게 조사한 PL07 라인의 해저지층 단면도를 후처리한 후, 표층 퇴적층의 두께를 음속 1500 m/s을 적용하여 계산하였다(Fig. 3-2-2). 전체적으로 퇴적층이 분포 되어 있으나, 해저기반암(Acoustic Basement)이 해저면 위로 노출된 표층퇴적물 부존 구간도 나타나고 있다. PL07 라인의 퇴적층의 두께를 산정한 결과 최고 11.54 m, 평균적으로 3.01 m 이며, 남대천 부근 연안의 해역에서 약 2 km 정도 걸쳐 상대적으로 두꺼운 퇴적층이 분포한다. PL07 라인과 달리 남대천 연안의 남쪽에 위치한 수산항 남서 해역에서는 해저기반암(Acoustic Basement)이 해저면 위로 노출이 우세하게 나타난다. PL04 라인의 퇴적층의 두께를 산정한 결과 최고 35.83m, 평균적으로 5.40 m 이며, 남대천 연안의 해역에서 약 4 km 범위의 두꺼운 퇴적층이 분포한다.

연안과 수직인 측선인 CL03 Line은 연안해역(해안선에서 약 2.3 km 까지)에 퇴적층이 분포 하다가 내대륙붕(inner shelf)에서 기반암의 노출이 우세하게 나타난다. 이후

외대륙붕 지역에서 두꺼운 퇴적층이 다시 나타난다. 대륙붕 끝단에서부터 대륙사면, 대륙대의 퇴적층은 좀 더 심층적인 현장탐사가 필요하며, 대륙붕까지의 퇴적층 두께를 산정한 결과 최고 30.63 m로 나타났으며, 평균적으로 8.73 m 퇴적층 두께를 보인다.

CL05 Line은 연안해역(해안선에서 약 1.0 km 까지)에 퇴적층이 분포 되어 있으며, 대륙사면에서 다시 퇴적층이 나타난다. 연안 퇴적층 두께를 산정한 결과 최고 6.40 m, 평균적으로 0.76 m 이다.

CL07 Line은 연안해역(해안선에서 약 4.5 km 까지)에 퇴적층이 분포 되어 있으며, 대륙사면에서 다시 퇴적층이 나타난다. 연안 퇴적층에서 대륙붕 끝단까지 두께를 산정한 결과 최고 9.08 m, 평균적으로 2.40 m 이다.

2012년에 269 line-km를 진행했으며 보다 정밀한 지층구조 분석을 위하여 2013년에 같은 지역에서 주요한 축선을 정하여 2013년 6월, 94 line-km 지층탐사 수행하였다(Fig. 3-2-3~5). 2차년도 지층탐사를 통해 channel의 정확한 위치 분석하였다. 해빈 모래의 분포도를 파악하여 현재 해빈 모래 한계선 산정하였다(Fig. 3-2-6, 7).

(2) 탄성과 탐사 구역 층후도

탄성과 탐사로 얻은 총 18개의 지층 단면도를 이용하여 층후도를 생성하였다. 탐사 라인의 간격이 1~2 km 이기 때문에 보정하는 과정에서 에러 데이터를 포함하고 있지만, 전반적인 층후(퇴적층 두께)분포 양상을 분석할 수 있다. 연안을 따라 퇴적층이 분포 되어 있으며 남대천 연안해역에서 두꺼운 퇴적층이 발달하였다.

(3) 해저지형조사

강원도 양양 남대천 연안해역에서부터 수심 약 50 m (약 3.5 km 외해)까지 지구물리 탐사를 실시하였다. 해저지층 단면도를 분석한 결과, 남대천 연안해역의 퇴적층이 발달한 것을 기초로 하여 남대천 주변 연안 해저지형조사를 실시하였다(Fig. 3-2-9). 수심이 비워져 있는 구역은 어장이 있어서 조사를 하지 못하였다. 연안을 따라 약 6 km, 외해 쪽으로 약 3 km 구역을 선정하여 조사하였다. 남대천의 연안에서부터 외해쪽으로 퇴적층이 발달 되어 있으며, 북서쪽과 남동쪽으로 암반구역이 존재하였다(Fig. 3-2-10).

Section 01은 남대천 연안해역으로 퇴적층이 넓게 분포되어 있으며, 중간 중간 인공 어초가 있다. Section 02와 Section 04는 암반 구역이며 기반암 노출로 인하여 해저지형이 복잡하다. Section 03은 남대천의 수직방향으로 외해쪽으로 퇴적층이 발달되어 있으며, 중앙에 암반이 있다(Fig. 3-2-11).

Section 01은 수심이 완만하고 외해쪽으로 약 40 m 까지 점점 깊어지는 구역이다. 탄성과 탐사 PL07 라인에서 보면 퇴적층이 넓게 분포 되어 있으며, 최고 약 11.21 m, 평균적으로 약 5.46 m의 층후(퇴적층 두께)가 나타난다.

Section 02는 암반이 넓게 분포 되어 있으며, 폭이 약 1.5 km 정도이다(Fig. 3-2-12). 암반 중앙 부분에 골이 형성되어 있으며, 깊이 약 2 m, 폭이 약 100 m, 길이가 약 1.2 km 정도이다. 탄성과 탐사 PL06 라인에서 보면 퇴적층은 나타나지 않으며, 지층 단면도에서도 중앙 부분에 골이 형성되는 것을 확인 할 수 있다.

Section 03은 북쪽의 암반과 남쪽의 암반 사이의 퇴적층이 분포되어 있는 구역이며, 중앙에 폭이 약 0.3 km, 길이가 1.4 km의 암반이 있다. 탄성과 탐사 PL06 라인에서 보면 중앙의 암반을 중심으로 북서쪽과 남서쪽으로 퇴적층이 있으며, 최고 약 6.81 m, 평균적으로 3.59 m 층후가 나타난다.

Section 04는 해저지형조사 구역에서 가장 넓은 암반이 분포되어 있으며, 폭이 약 3.0 km, 길이가 약 3.0 km 정도이다. 암반 서쪽 부분에 퇴적층이 형성된 부분 있으며, 폭이 약 200 m 정도이다. 탄성과 탐사 PL06 라인은 퇴적층을 사선으로 지나갔기 때문에 약 600 m 정도 퇴적층이 나타났으며, 암반의 폭이 약 3.0 km 이기 때문에 퇴적층의 분포 면적은 상대적으로 적지만, 최고 약 12.86 m, 평균적으로 8.08 m 정도 층후가 나타난다.

(4) 해저면 영상조사

해저지형 조사시 Side Scan Sonar 옵션을 이용하여 해저면 영상을 취득 하였다(Fig. 3-2-13). 암반 구역과 퇴적층 구역을 분류하고, 저질 분포를 확인하기 위해서 자료를 취득 하였으나, 해저지형조사에 이용한 멀티빔(다중음향 측심기)의 빔 수가 80개 밖에 되지 않기 때문에 해상도 낮게 나타났다. 하지만, 추후 연구에서 추가적인 후처리과정을 통하여 해저면 영상자료를 이용한 표층퇴적물의 분포 특성을 파악하고자 하였다.

나. 황해

서해 연안지층 구조 파악을 위하여 서해 태안 안면도 연안해역 지층탐사를 수행하였다. 2013년 4월에는 약 44 line-km의 측선 지층탐사 수행하였고 2014년 10월에는 약 54 line-km의 측선 지층탐사 수행하였다(Fig. 3-2-14). 연구지역 내 해역에 전반적으로 표층에 얇은 모래퇴적층이 넓게 분포한다(Fig. 3-2-15~3-2-16). 추가적으로 channel의 분포와 모래층의 두께를 분석하였다(Fig. 3-2-17~3-2-18).

4. 결 론

1. 동해 중부 연안해역에서부터 수심 약 200 m(약 10 km 외해)까지 지구물리탐사를 실시하였다. 탄성과 탐사 구역은 약 1.2 km 간격으로 연안을 따라 평행하게 8개 라인, 약 2.0 km 간격으로 연안에서 외해쪽으로 10개 라인을 수행하였으며, 총 269 line-km에 대한 탄성과 탐사를 실시하였다. 해저지형조사 구역은 남대천에서 동명천 연안해역을 따라 평행하게 10 m~50 m 간격으로 측선을 설계 하였으며, 총 371 line-km에 대하여 탐사를 진행하였다.
2. 동해 연안과 평행하게 조사한 라인의 해저지층 단면도를 후처리한 후, 표층 퇴적층의 두께를 음속 1500 m/s을 적용하여 계산하였을 때, 전체적으로 퇴적층이 분포 되어 있으나, 해저기반암이 해저면 위로 노출된 표층퇴적물 부존 구간도 나타나고 있다. 이 평행라인의 퇴적층의 두께를 산정한 결과 최고 약 11.54 m, 평균 약 3.01 m 이며, 남대천 부근 연안의 해역에서 약 2 km 정도 걸쳐 상대적으로 두꺼운 퇴적층이 분포한다.
3. 남대천 연안의 남쪽에 위치한 수산항 남서 해역에서는 해저기반암이 해저면 위로 노출이 우세하게 나타나며, 퇴적층의 두께는 약 35.83m, 평균 약 5.40 m 이며, 남대천 연안의 해역에서 약 4 km 범위의 두꺼운 퇴적층이 분포한다.
4. 동해 연안과 수직인 측선으로 연안해역에 퇴적층이 분포 하다가 내대륙붕에서 기반암의 노출이 우세하게 나타난다. 이후 외대륙붕 지역에서 두꺼운 퇴적층이 다시 나타나며, 대륙붕까지의 퇴적층 두께를 산정한 결과 최고 약 30.63 m로 나타났으며, 평균 약 8.73 m 퇴적층 두께를 보인다.
5. 연안해역(해안선에서 약 1.0 km 까지)에 퇴적층이 분포 되어 있으며, 대륙사면에서 다시 퇴적층이 나타난다. 퇴적층 두께는 최고 약 6.40 m, 평균 약 0.76 m 이다.
6. 해안선에서 약 4.5 km 까지의 연안해역 라인에는 퇴적층이 분포 되어 있으며, 대륙

사면에서 다시 퇴적층이 나타난다. 연안 퇴적층에서 대륙붕 끝단까지 두께를 산정한 결과 최고 약 9.08 m, 평균 약 2.40 m 이다.

7. 2012년에 269 line-km를 탐사하였고 보다 정밀한 지층구조 분석을 위하여 2013년에 같은 해역에서 주요한 축선을 정하여 2013년 6월에 약 94 line-km 지층탐사 수행하였다. 2차년도 지층탐사를 포함하여 분석한 중천부 탐사에서 하천의 바다쪽 연장 수로의 정확한 위치와 지류를 파악하였다. 또한 지층탐사를 통하여 모래층의 두께와 현생 해빈의 연장선으로 모래층의 분포도를 파악하여, 현재 해빈 모래가 바다쪽으로 어느정도 연장되어 있는지 그 경계선을 파악하였다. 한계선 산정하였다.

8. 탄성과 탐사로 얻은 총 18개의 지층 단면도를 이용하여 층후도를 생성하였다. 탐사 라인의 간격이 1~2 km 이기 때문에 보정하는 과정에서 에러 데이터를 포함하고 있지만, 전반적인 층후(퇴적층 두께)분포 양상을 분석할 수 있다. 연안을 따라 퇴적층이 분포 되어 있으며 남대천 연안해역에서 두꺼운 퇴적층이 발달하였다.

9. 강원도 양양 남대천 연안해역에서부터 수심 약 50 m (약 3.5 km 외해)까지 지구물리 탐사를 실시하였다. 해저지층 단면도를 분석한 결과, 남대천 연안해역의 퇴적층이 발달한 것을 기초로 하여 남대천 주변 연안 해저지형조사를 실시하였다. 수심이 비워져 있는 구역은 어장이 있어서 조사를 하지 못하였다. 연안을 따라 약 6 km, 외해쪽으로 약 3 km 구역을 선정하여 조사하였다. 남대천의 연안에서부터 외해쪽으로 퇴적층이 발달 되어 있으며, 북서쪽과 남동쪽으로 암반구역이 존재하였다.

10. 서해 연안지층 구조 파악을 위하여 서해 태안 안면도 연안해역 지층탐사를 수행하였다. 2013년 4월에는 약 44 line-km의 축선 지층탐사 수행하였고, 2014년 10월에는 약 54 line-km의 축선 지층탐사 수행하였다. 연구해역 내 해역에 전반적으로 표층에 얇은 모래퇴적층이 넓게 분포한다.

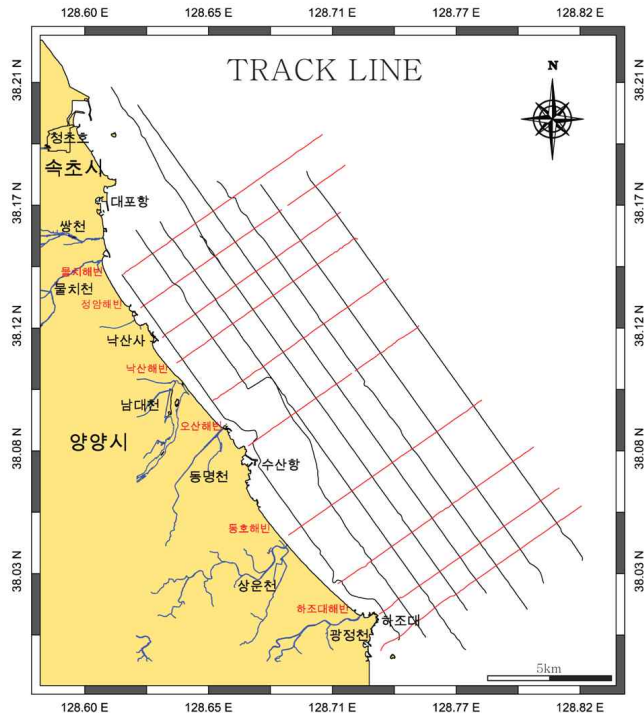


Fig. 3-2-1. 탄성과 탐사 항적도

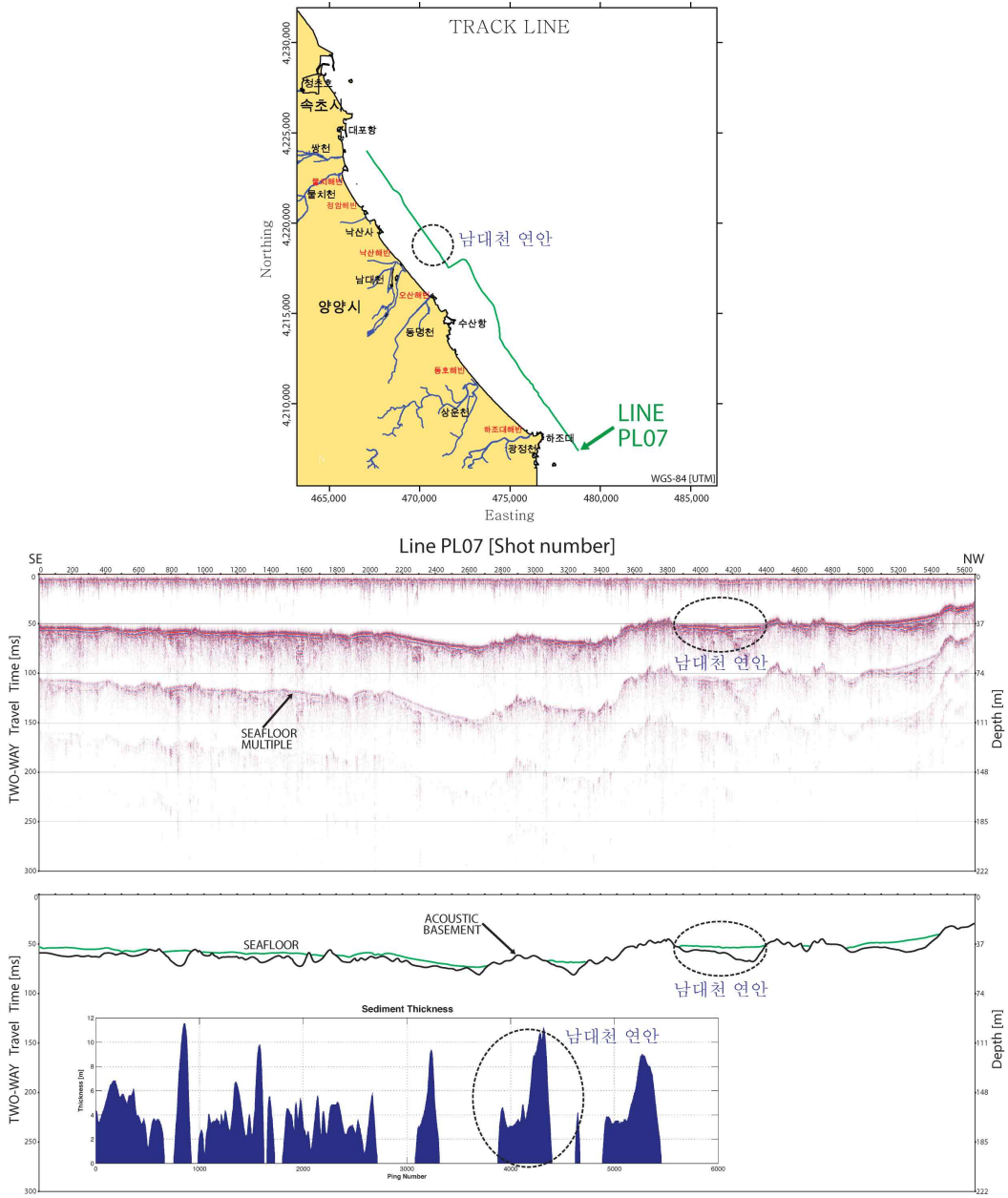


Fig. 3-2-2. PL07-Line 지층 단면도

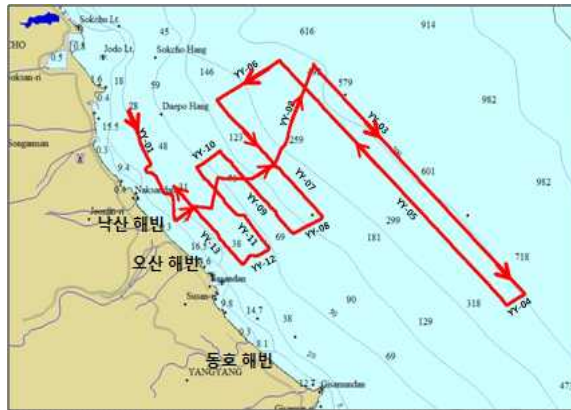


Fig. 3-2-3. 동해 지층탐사 측선

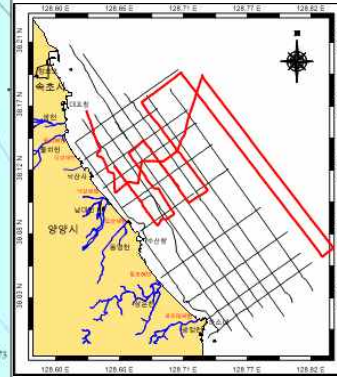


Fig. 3-2-4. 2012년, 2013년 측선 비교

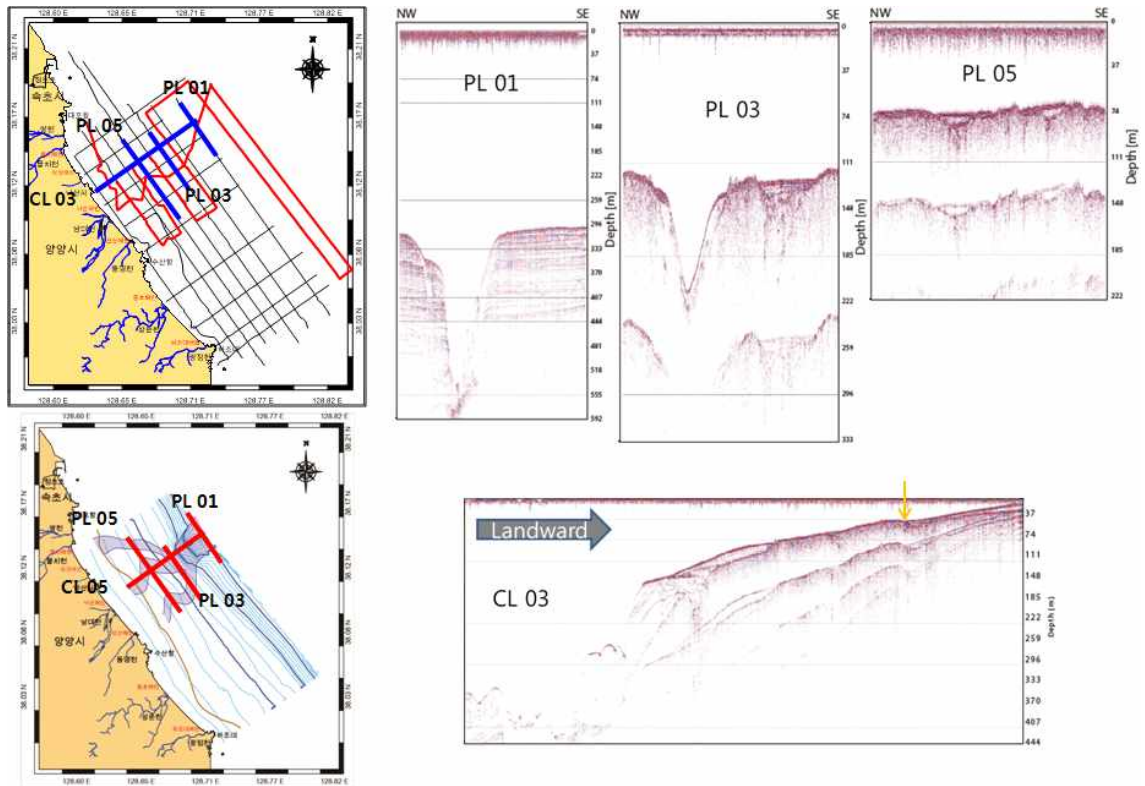


Fig. 3-2-5. 동해 지층

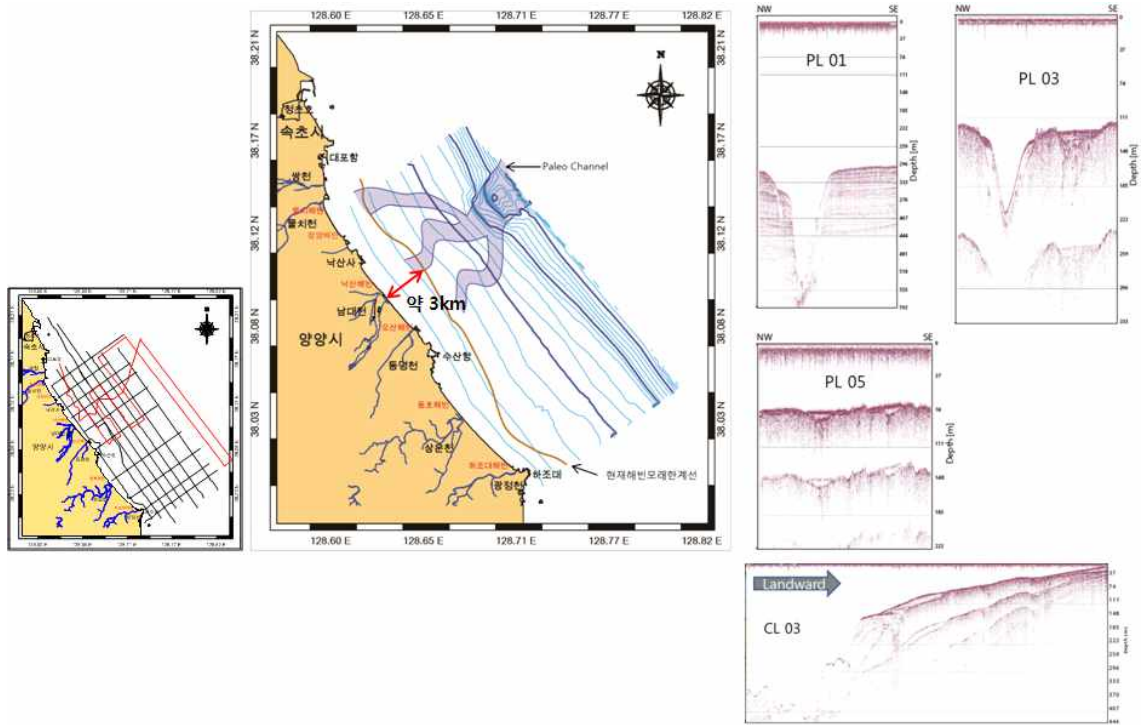


Fig. 3-2-6. 동해 양양 모래퇴적층 분포

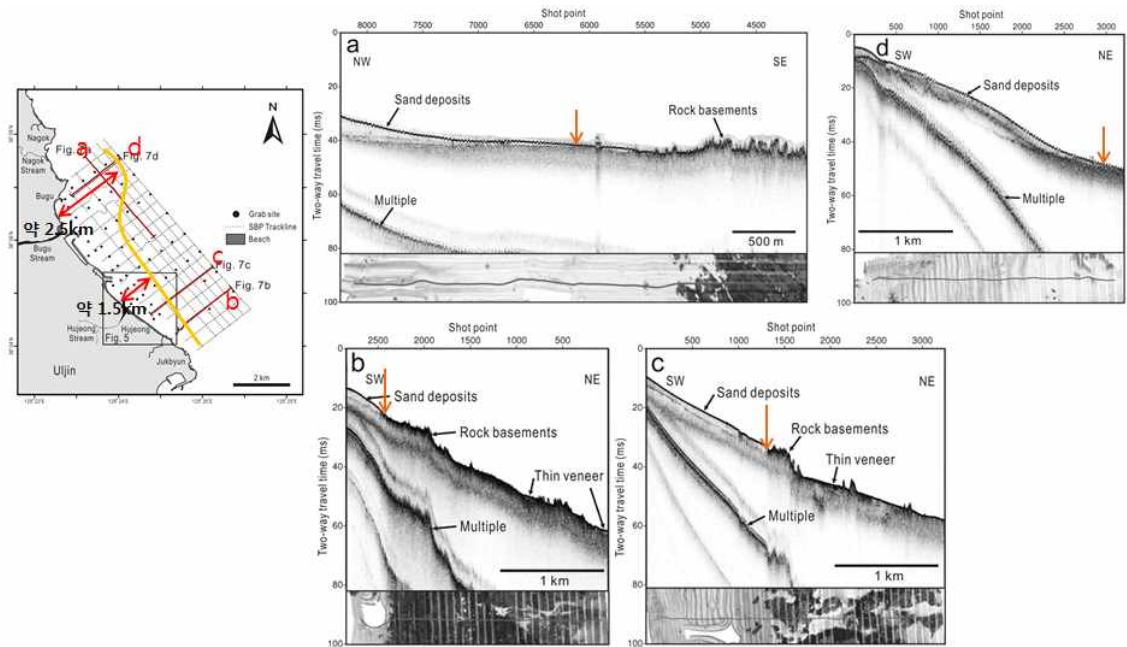


Fig. 3-2-7. 동해 울진 모래퇴적층 분포

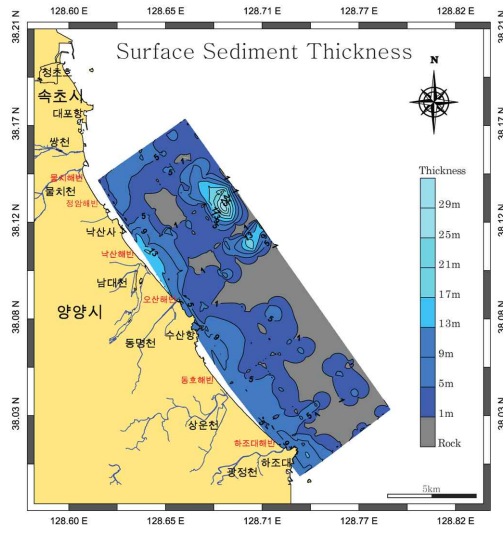


Fig. 3-2-8. 탄성과 탐사 층후도

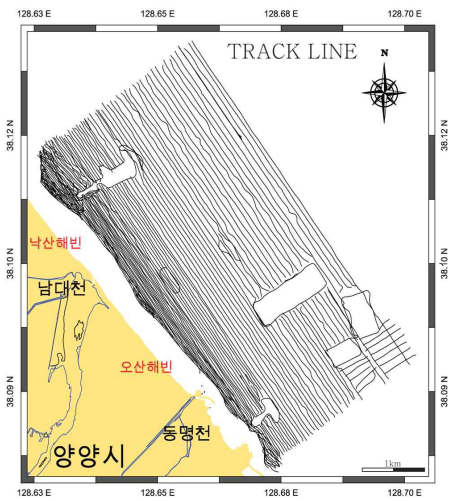


Fig. 3-2-9. 해저지형조사 항적도

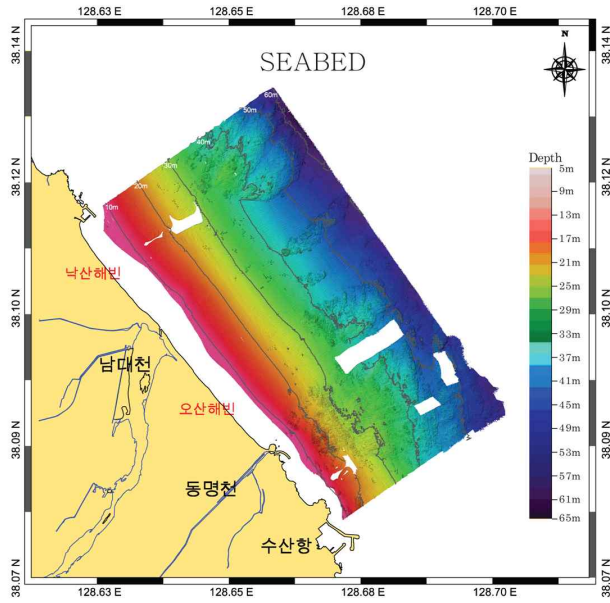


Fig. 3-2-10. 해저 지형도

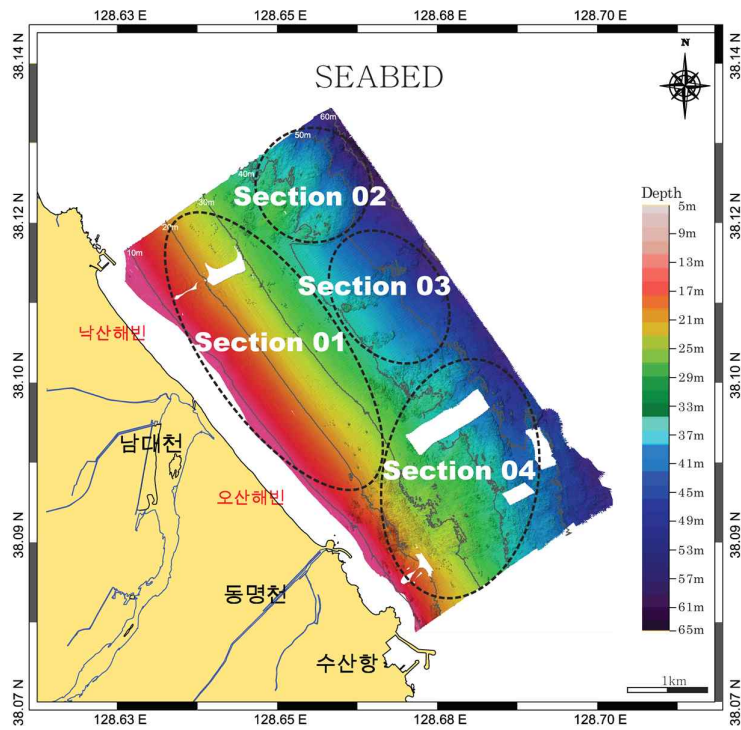


Fig. 3-2-11. 해저 지형 Section

<Section 02>

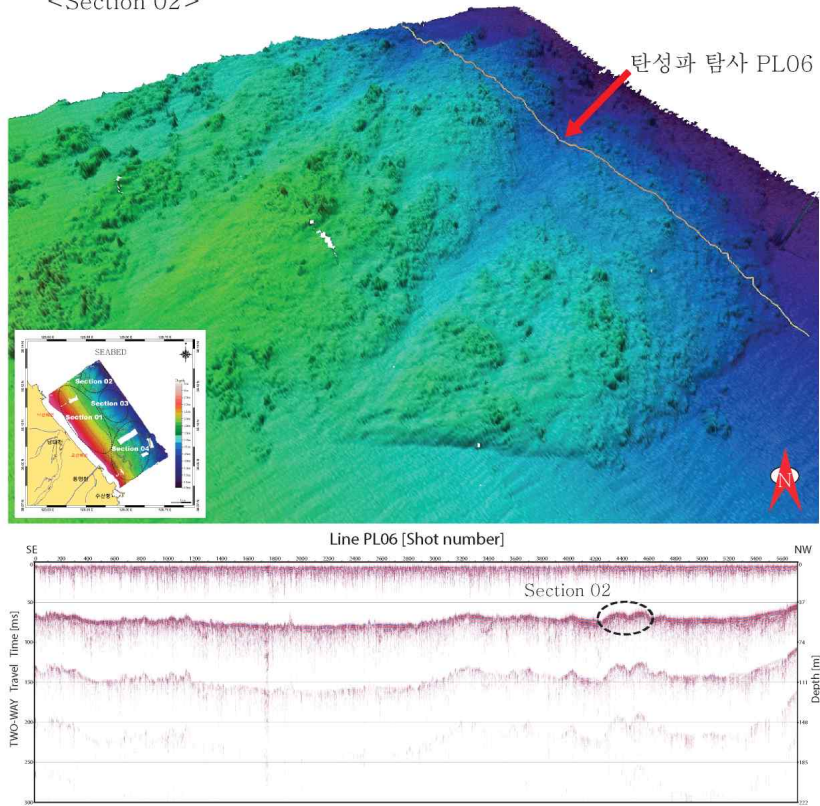


Fig. 3-2-12. Section 02

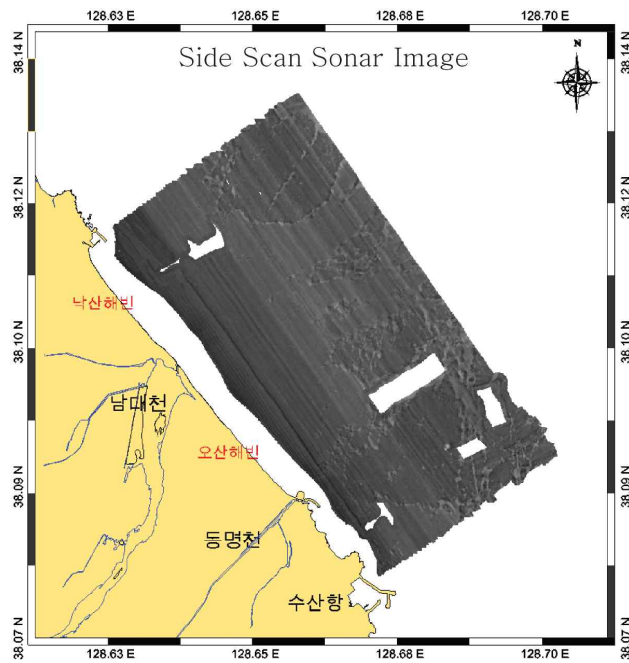


Fig. 3-2-13. 해저면 영상

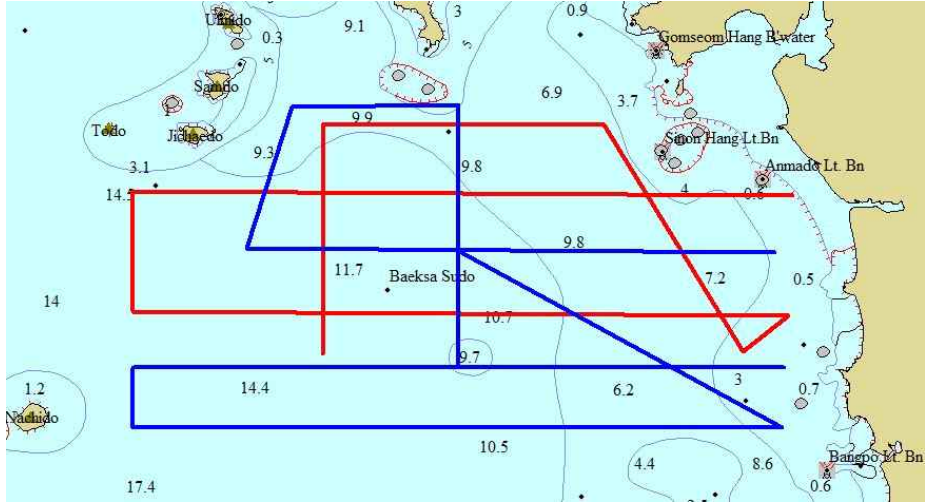


Fig. 3-2-14. 서해 안면도 연안 지구물리탐사 축선 (빨간선 2013년, 파란선 2014년)

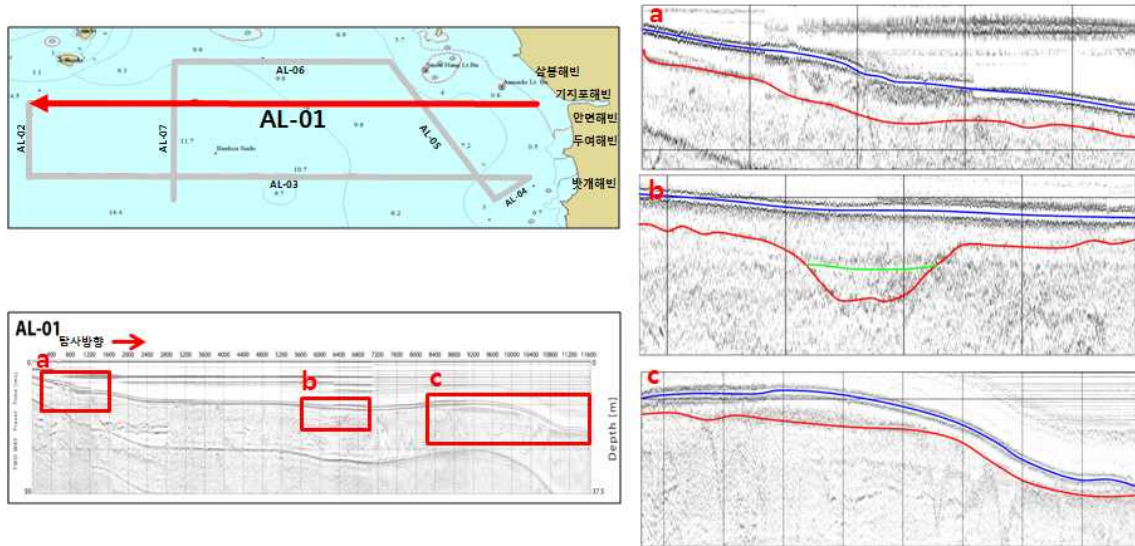


Fig. 3-2-15. 2013년 서해지층 안면 모래퇴적층 분포

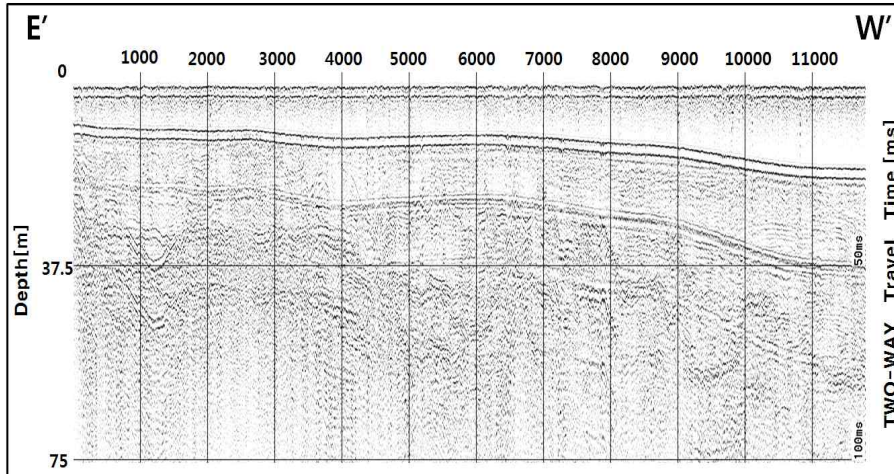
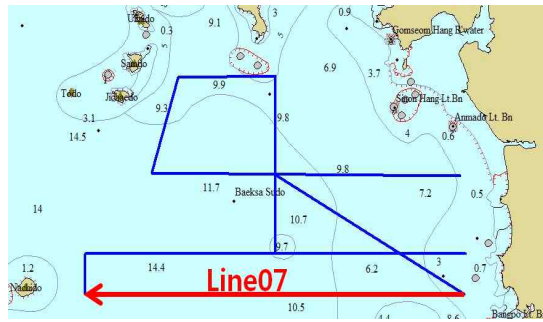


Fig. 3-2-16. 2014년 서해지층 안면 모래퇴적층 분포(Line07)

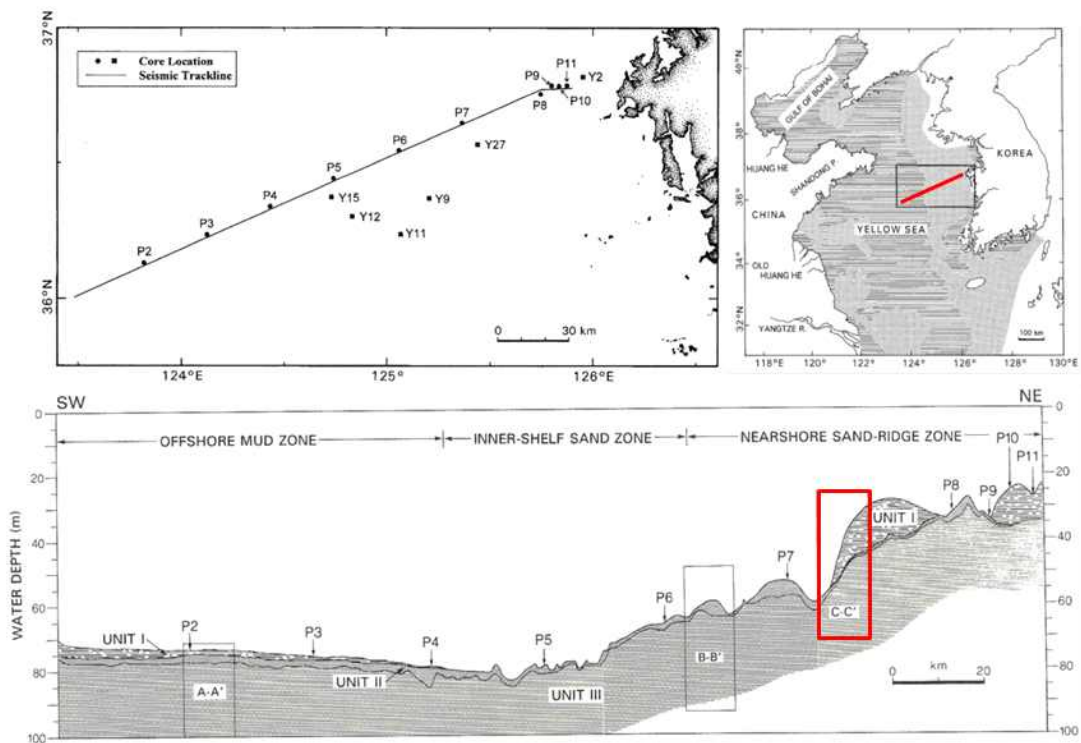
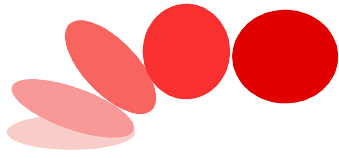


Fig. 3-2-17. 서해지층 태안 퇴적층 분포



Fig. 7.—High-resolution seismic section (C-C') from the middle part of nearshore sand-ridge zone (for location, see Figure 4) and its interpretation. Unit I comprises a seaward-migrating sand ridge with downlapping internal reflectors, whereas Unit II is acoustically transparent and thin, consistently draping the somewhat flat surface of Unit III. Within Unit III, an angular unconformity at the top and locally deformed reflections can be seen.

Fig. 3-2-18. 서해 태안 퇴적층 분포



해양환경변화 적응대책 마련을 위한 해양
geoframework(지질형태구조) 기반 연안지형 진화 연구

제4장 연구개발목표 달성도 및 대외기여도

제4장 연구개발목표 달성도 및 대외기여도

제1절 연구개발 목표의 달성도 및 대외기여도

| 총 연구기간내 년차별 연구내용 대비 달성율(%) | | | | | |
|----------------------------|--|-----------|----------|-----------------|----------------------|
| 년차 | 연구성과 | 진척율 | | 성취도 (정상, 부진) | 특기사항 (우수성 및 부진사유) |
| | | 년차별 계획 대비 | 총연구기간 대비 | | |
| 1차년 (2012) | ○ 기존자료 분석 - 시계열 항공사진 디지털이징을 통한 장기 해안선 변동 분석 | 100 | 100 | 정상 | |
| | ○ 해빈지형변동 모니터링 - 해빈 지형변동 정밀 모니터링 | 100 | 100 | | |
| | ○ 표층퇴적물 특성 변동 조사 - 해빈퇴적물 채취 및 분석 | 100 | 100 | | |
| | ○ 지질형태구조 연구 - 연구지역 연안 및 대륙붕 지질형태구조 기초 중·천부 탄성파조사 | 100 | 50 | | |
| | ○ 지형 및 표층 bedform 연구 - 연안지형 정밀 다중빔수심음향측심 조사 | 100 | 100 | | |
| 2차년 (2013) | ○ 동해/서해 연안 지형 및 지층조사 ○ 동해 중부 연안 1차년도 해저 지층자료와 2차년도 해저 지층 자료 종합 | 100 | 100 | 정상 | |
| | ○ 연안의 해빈 퇴적역학 파악 ○ 서해 중부 연안 해저지층 자료 획득 및 분석 | 100 | 100 | | |
| | ○ 동해와 서해의 연안 퇴적환경 비교 ○ 해빈지형 변동 모니터링 및 시계열 자료 확보 ○ 동해와 서해 중부 해빈 퇴적물 채취 및 입도분석 | 100 | 100 | | |
| | ○ 동해와 서해 중부 연안 퇴적물 채취 및 분석 ○ 동해와 서해의 연안퇴적학적 초기모델 제시 ○ 동해와 서해 지질형태구조 초기모델 비교 및 제안 | 100 | 60 | | |
| | ○ 연안 퇴적환경 지질형태구조 조사 및 분석 | 100 | 50 | | |
| 3차년 (2014) | ○ 표층퇴적물 특성 조사 | 100 | 60 | 정상 | |
| | ○ 연안 지층 특성 조사 | 100 | 60 | | |
| | ○ 연안 퇴적환경 변화 비교분석 | 100 | 60 | | |
| | ○ 항공사진 및 무인항공기를 활용한 해안선 변화 분석 | 100 | 50 | | |
| | ○ 동해와 서해 지질형태구조 초기모델 수립 | 100 | 50 | | |
| | | 100 | 50 | | |



해양환경변화 적응대책 마련을 위한 해양
geoframework(지질형태구조) 기반 연안지형 진화 연구

제5장 연구개발결과의 활용계획

제5장 연구개발결과의 활용계획

| 해양환경 보전 및 개발 기술 내용 | 본 사업 결과 활용 | 비고 |
|-----------------------|---|----|
| 해양기후 변화예측 | 고해양환경 복원 연구를 통한 과거 기후변화 양상 제시 | |
| 연안침식, 항해수로 매물 | 지질형태구조에 의한 연안해저 지형 변동 관계 제시 | |
| 자연재해 | 사면 안정성 평가 자료 | |
| 해양자원 | 연근해 바다모래 분포 및 보존량 자료 | |
| 연안개발 환경영향 평가 | 지질형태구조 관련 해안지형 변형형태 상관관계 자료 | |
| 해양생태계 | benthic habitat mapping을 위한 기본 geologic benthic map 제공 | |
| 심해해저자원 | 대륙붕, 대륙사면 및 심해분지 퇴적물 특성 자료 | |
| 해안선 변화 관측 | 인위적인 해안선 변화에 직접적인 영향을 받는 해빈과 잘 보존되어 있는 해빈과의 퇴적 비교를 통한 변화 파악 | |

○ 기술적 측면

- 동해 중부 및 서해 중부 연안퇴적환경에서의 퇴적물 공급, 이동 그리고 재퇴적, 해저 지형, 퇴적구조의 특성과 변동성에 관한 유기·통합적 이해 기반을 마련함으로써,
 - 동해 중부와 서해 중부 연안 해저 지형의 지질학적 기원 파악
 - 두 해역의 연안 지질구조 안정성 진단 기술 확보
 - 정확한 연안지질구조 자료 제공을 통한 연안재해 예보 개발기술에 활용
 - 연안침식 연구에 활용

- 해저자원 조사 및 개발 기술 향상 및 극대화

등의 다양한 융복합적 해양과학기술 개발에 기여할 수 있다.

- 시간해상도가 높은 정밀 침식/퇴적 주제도 작성 및 고해상도 영상자료를 이용한 국내 연안개발에 따른 연안 환경 변화 규명한다.

○ 경제 산업적 측면

- 한반도 주변해역은 다양한 해양환경으로 구성되어 있기 때문에 해양자원 관련 연구 분야에서 관심이 매우 높다. 최근 석유, 천연가스, 가스하이드레이트 등 자원 탐사 활동이 활발하게 이루어지고 있으며, 향후 에너지 자원 개발 및 생산 활동이 수행될 전망이다. 따라서, 한국 동해와 서해 연안의 지질형태구조 특성에 대한 이해는 에너지 자원 개발 및 생산에 기초 개념을 제공하는 동시에, 이로 인한 해양환경 파괴 및 자연재해에 대한 예측과 저감 방안을 수립하는 필수 기초 자료로 활용한다.
- 연안 지질형태구조 특성과 이의 시·공간적 변동성은 장기적인 연안 모래퇴적물의 공급, 이동 및 퇴적에 대한 기초 자료를 제공함으로써, 현재 국가적 현안 문제인 연안 침식 문제를 해결할 수 있는 중요한 근거를 마련할 수 있다. 또한 이를 바탕으로 효율적인 연안침식 대응방안을 제시하여 연안침식을 막기 위해 소요되는 막대한 경제비용을 줄일 수 있다.
- 연안 지질형태구조 특성과 시·공간적 변동성 연구를 통한 해양환경 특성 및 변화양상의 이해는 향후 연안퇴적환경 변화에 따른 생태계, 물질순환, 해수순환, 해양기인 자연재해를 예측하고 저감하는 연구기술 개발에 필수적인 기초자료로 활용됨으로써 효율적인 국가의 중장기 경제 및 사회 정책 결정을 통한 국가비용 절감에 큰 기여를 할 수 있다.
- 국내 해양의 해저지질 조사 연구를 통하여 획득한 해양지질학적 이해는 국내 해저자원 뿐만 아니라 해외 해저자원 개발 시 신속한 투자결정과 조사비용 축소 등의 경제적인 기여를 할 수 있다.
- 토목에 필요한 해저 모래자원 분포에 대한 보다 정량적 자료 축적이 가능하여 무분별한 자원 채취를 미연에 방지함으로써 이에 들어가는 막대한 채취 및 환경보존 비용을 절감할 수 있다.

- 해저통신전력 및 해저케이블 설치 등의 해저에 국가기간시설 설치 시 해저지반 안정성에 대한 정확한 정보를 제고함으로써 사회적 그리고 경제적 비용 절감 가능하다.
- 정밀도가 높은 연안 주제도 작성을 통해 연안의 효율적인 관리 및 복원 방안 수립 지원이 가능하다.



해양환경변화 적응대책 마련을 위한 해양
geoframework(지질형태구조) 기반 연안지형 진화 연구

제6장 참고문헌

제6장 참고문헌

- Abafoni, J.D., Arabi, A.S., Funtua, I.I., 2014. Luminescence chronology of the Bama Beach Ridge, Chad Basin, north eastern Nigeria. *Quaternary International* Volume 338, 4 August 2014, Pages 42-50.
- Amyot, J., Grant, J., 2015. Environmental Function Analysis: A decision support tool for integrated sandy beach planning. *Ocean and Coastal Management* Volume 102, Issue PA, December 01, 2014, Pages 317-327.
- Balouin, Y., Rey-Valette, H., Picand, P.-A., 2014. Automatic assessment and analysis of beach attendance using video images at the Lido of Sete beach, France. *Ocean and Coastal Management* Volume 102, Issue PA, December 01, 2014, Pages 114-122.
- Bezuidenhout, K., Nel, R., Hauser, L., 2014. Demographic history, marker variability and genetic differentiation in sandy beach fauna: What is the meaning of low FST's? *Estuarine, Coastal and Shelf Science* Volume 150, Issue PA, October 05, 2014, Pages 120-124.
- Billy, J., Robin, N., Hein, C.J., Certain, R., FitzGerald, D.M., 2014. Internal architecture of mixed sand-and-gravel beach ridges: Miquelon-Langlade Barrier, NW Atlantic. *Marine Geology* Volume 357, 1 November 2014, Pages 53-71
- Burger, J., Niles, L., 2014. Effects on five species of shorebirds of experimental closure of a beach in New Jersey: Implications for severe storms and sea-level rise. *Journal of Toxicology and Environmental Health - Part A: Current Issues* Volume 77, Issue 18, 17 September 2014, Pages 1102-1113.
- Cooke, B.C., Goodwin, I.D., Bishop, M.J., 2014. Small-scale spatial structuring of interstitial invertebrates on three embayed beaches, Sydney, Australia. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* Volume 150, Issue PA, October 05, 2014, Pages 92-101.
- De Vries, S., Arens, S.M., de Schipper, M.A., Ranasinghe, R., 2014. Aeolian sediment transport on a beach with a varying sediment supply. *Aeolian Research* Volume 15, December 01, 2014, Pages 235-244.
- Dinesh Kumar, P.K., Manimurali, R., Babu, M.T., Sudheesh, K., Vethamony, P., Naveen Kumar, K.R., 2014. What drives nearshore sediment transport controls on the depletion of beach placers at Manavalakurichi, Southwest Coast of India? *Physical Geography* Volume 35, Issue 5, 3 September 2014, Pages 411-428.

- Dissanayake, P., Brown, J., Karunaratna, H., 2014. Modelling storm-induced beach/dune evolution: Sefton coast, Liverpool Bay, UK. *Marine Geology* Volume 357, November 01, 2014, Pages 225-242
- Falcy, M.R., Danielson, B.J., 2014. Post-hurricane recovery and long-term viability of the Alabama beach mouse. *Biological Conservation* Volume 178, August 08, 2014, Pages 28-36.
- Goff, J., Sugawara, D., 2014. Seismic-driving of sand beach ridge formation in northern Honshu, Japan? *Marine Geology* Volume 358, December 01, 2014, Pages 138-149.
- Harris, L., Nel, R., Holness, S., Sink, K., Schoeman, D., 2014. Setting conservation targets for sandy beach ecosystems. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* Volume 150, Issue PA, October 05, 2014, Pages 45-57.
- Heaney, C.D., Exum, N.G., Dufour, A.P., Brenner, K.P., Haugland, R.A., Chern, E., Schwab, K.J., Love, D.C., Serre, M.L., Noble, R., Wade, T.J., 2014. Water quality, weather and environmental factors associated with fecal indicator organism density in beach sand at two recreational marine beaches. *Science of the Total Environment* Volume 497, November 01, 2014, Pages 440-447.
- Hubbard, D.M., Dugan, J.E., Schooler, N.K., Viola, S.M., 2014. Local extirpations and regional declines of endemic upper beach invertebrates in southern California. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* Volume 150, Issue PA, October 05, 2014, Pages 67-75.
- Hughes, M.G., Aagaard, T., Baldock, T.E., Power, H.E., 2014. Spectral signatures for swash on reflective, intermediate and dissipative beaches. *Marine Geology* Volume 355, 1 September 2014, Pages 88-97.
- Karambas, T.V., Samaras, A.G., 2014. Soft shore protection methods: The use of advanced numerical models in the evaluation of beach nourishment. *Ocean Engineering* Volume 92, 1 December 2014, Pages 129-136.
- Kotwicki, L., Deidun, A., Grzelak, K., Gianni, F., 2014. A preliminary comparative assessment of the meiofaunal communities of Maltese pocket sandy beaches. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* Volume 150, Issue PA, October 05, 2014, Pages 111-119.
- Kuriyama, Y., Takahashi, K., Yanagishima, S., Tomita, T., 2014. Beach profile change at Hasaki, Japan, caused by 5-m-high tsunami due to the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake. *Marine Geology* Volume 355, 1 September 2014, Pages 234-243.
- Lee, J., Robinson, C., Couture, R.-M., 2014. Effect of groundwater-lake

- interactions on arsenic enrichment in freshwater beach aquifers. *Environmental Science and Technology* Volume 48, Issue 17, 2 September 2014, Pages 10174–10181
- Lindhorst, S., Schutter, I., 2014. Polar gravel beach–ridge systems: Sedimentary architecture, genesis, and implications for climate reconstructions (South Shetland Islands/Western Antarctic Peninsula). *Geomorphology* Volume 221, 15 September 2014, Pages 187–203.
- Manning, L.M., Peterson, C.H., Bishop, M.J., 2014. Dominant macrobenthic populations experience sustained impacts from annual disposal of fine sediments on sandy beaches. *Marine Ecology Progress Series* Volume 508, 4 August 2014, Pages 1–15.
- Marsters, T.H., Kennedy, D.M., 2014. Beach development on an uplifted coral atoll: Niue, south west Pacific. *Geomorphology* Volume 222, 1 October 2014, Pages 82–91.
- Masselink, G., Austin, M., Scott, T., Poate, T., Russell, P., 2014. Role of wave forcing, storms and NAO in outer bar dynamics on a high–energy, macro–tidal beach. *Geomorphology* Volume 226, 1 December 2014, Pages 76–93.
- McCarroll, R.J., Brander, R.W., Turner, I.L., Power, H.E., Mortlock, T.R., 2014. Lagrangian observations of circulation on an embayed beach with headland rip currents. *Marine Geology* Volume 355, 1 September 2014, Pages 173–188.
- Molina, M., Hunter, S., Cyterski, M., Peed, L.A., Kelty, C.A., Sivaganesan, M., Mooney, T., Prieto, L., Shanks, O.C., 2014. Factors affecting the presence of human–associated and fecal indicator real–time quantitative PCR genetic markers in urban–impacted recreational beaches. *Water Research* Volume 64, 1 November 2014, Pages 196–208.
- Nel, R., Campbell, E.E., Harris, L., Hauser, L., Schoeman, D.S., McLachlan, A., du Preez, D.R., Bezuidenhout, K., Schlacher, T.A., 2014. The status of sandy beach science: Past trends, progress, and possible futures. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* Volume 150, Issue PA, October 05, 2014, Pages 1–10.
- Odebrecht, C., Du Preez, D.R., Abreu, P.C., Campbell, E.E., 2014. Surf zone diatoms: A review of the drivers, patterns and role in sandy beaches food chains. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* Volume 150, Issue PA, October 05, 2014, Pages 24–35.
- Orr, K.K., Wilding, T.A., Horstmeyer, L., Weigl, S., Heymans, J.J., 2014.

- Detached macroalgae: Its importance to inshore sandy beach fauna. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* Volume 150, Issue PA, October 05, 2014, Pages 125–135
- Petracco, M., Camargo, R.M., Tardelli, D.T., Turra, A., 2014. Population biology of the gastropod *Olivella minuta* (Gastropoda, Olividae) on two sheltered beaches in southeastern Brazil. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* Volume 150, Issue PA, October 05, 2014, Pages 149–156.
- Pulfrich, A., Branch, G.M., 2014. Using diamond-mined sediment discharges to test the paradigms of sandy-beach ecology. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* Volume 150, Issue PA, October 05, 2014, Pages 165–178.
- Rodil, I.F., Compton, T.J., Lastra, M., 2014. Geographic variation in sandy beach macrofauna community and functional traits. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* Volume 150, Issue PA, October 05, 2014, Pages 102–110.
- Scapini, F., 2014. Behaviour of mobile macrofauna is a key factor in beach ecology as response to rapid environmental changes. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* Volume 150, Issue PA, October 05, 2014, Pages 36–44.
- Schlacher, T.A., Schoeman, D.S., Jones, A.R., Dugan, J.E., Hubbard, D.M., Defeo, O., Peterson, C.H., Weston, M.A., Maslo, B., Olds, A.D., Scapini, F., Nel, R., Harris, L.R., Lucrezi, S., Lastra, M., Huijbers, C.M., Connolly, R.M., 2014. Metrics to assess ecological condition, change, and impacts in sandy beach ecosystems. *Journal of Environmental Management* Volume 144, 1 November 2014, Pages 322–335.
- Schooler, N.K., Dugan, J.E., Hubbard, D.M., 2014. Detecting change in intertidal species richness on sandy beaches: Calibrating across sampling designs. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* Volume 150, Issue PA, October 05, 2014, Pages 58–66.
- Turra, A., Petracco, M., Amaral, A.Z., Denadai, M.R., 2014. Temporal variation in life-history traits of the clam *Tivela mactroides* (Bivalvia: Veneridae): Density-dependent processes in sandy beaches. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* Volume 150, Issue PA, October 05, 2014, Pages 157–164.
- Xu, K., Sanger, D., Riekerk, G., Crowe, S., Van Dolah, R.F., Wren, P.A., Ma, Y., 2014. Seabed texture and composition changes offshore of Port Royal Sound, South Carolina before and after the dredging for beach nourishment. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* Volume 149, 5 August 2014, Pages 57–67.
- Yau, V.M., Schiff, K.C., Arnold, B.F., Griffith, J.F., Gruber, J.S., Wright, C.C., Wade, T.J., Burns, S., Hayes, J.M., McGee, C., Gold, M., Cao, Y., Boehm,

- A.B., Weisberg, S.B., Colford Jr., J.M., 2014. Effect of submarine groundwater discharge on bacterial indicators and swimmer health at Avalon Beach, CA, USA. *Water Research* Volume 59, 1 August 2014, Pages 23-36.
- 강대균, 2003. 충청남도 해안에 발달한 해빈과 해안사구. *한국지구과학회지* 제24권 제6호 (2003. 10) pp.568-577.
- 강동균, 2011. 주기적 지형 측량을 통한 해빈과 해안사구의 지형 변화 : 충남 보령시 소항사구를 사례로. *대구가톨릭대학교 학위논문(석사)*.
- 김권수, 유하상, 박형수, 김강민, 2013. 해운대 해빈에서 특정 외력하의 표사이동 특성. *한국항해항만학회지* 제37권 제6호 통권 제182호 (2013년 8월) pp.663-671.
- 김규한, 박창근, 한상대, 편종근, 1997. 해빈내의 흐름장 해석을 위한 침투류 모형. *한국해안·해양공학회지* 9,3('97.9) pp.125-131.
- 김남형, 2003. 해빈공원의 계획, 1. 어항 통권 제64호 (2003. 9) pp.71-76.
- 김남형, 문지원. 2007. 인공리프에 의한 해빈의 침식해석. *대한토목학회논문집* 제27권 제4호 (2007. 7) pp.455-460.
- 김백운, 박용안, 오임상, 김부근, 최경식, 1998. 사진측정법을 이용한 해빈단면의 추정. *바다:한국해양학회지* 3,4 pp.228-233.
- 김백운, 윤공현, 이창경, 2013. 항공사진을 이용한 방포항 인근 해빈의 장기간 해안선 변화 분석. *대한원격탐사학회지* 제29권 제5호 (2013년 10월) pp.477-486.
- 김백운, 이상룡, 김부근, 2011. 낙동강 하구 신자도 해빈 퇴적물 입도의 시간적인 변화. *한국해안·해양공학회논문집* 제23권 제4호 (2011. 8) pp.304-312.
- 김부근, 김백운, 이상룡, 2009. 낙동강 하구역 진우도 해빈의 춘추계 표층퇴적물 조직변수의 변화. *한국해안·해양공학회논문집* 제21권 제6호 (2009. 12) pp.444-452.
- 김성기, 2006. 해빈유실 방지대책에 관한 연구:경남 거제시 와현해수욕장에 대한 사례연구(海濱流失防止對策에 관한 研究:慶南巨濟市臥峴海水浴場에 對한 事例研究). *경남대학교 학위논문(석사)*.
- 김영중, 2004. 동해안 나아 해빈에서 나타나는 폭풍에 의한 해빈 퇴적물 변화. *전남대학교 학위논문(석사)*.
- 김장수, 장동호, 2011. 항공사진과 기준목 측정자료를 이용한 안면도 바람아래 해빈의 시계열 변화 분석. *한국지형학회지* 제18권 제2호 (2011년 6월) pp.39-51.
- 김진경, 우경식, 강순석, 2003. 제주도 우도의 홍조단괴 해빈 퇴적물의 특징과 형성조건 : 예비연구 결과. *바다:한국해양학회지* 제8권 제4호 (2003. 11) pp.401-410.

- 김찬웅, 2012. 해빈의 단면 변화에 관한 연구 : 백사장 해수욕장을 사례로. 서울대학교 학위논문(석사).
- 김현진, 2015. UAV를 이용한 해빈측량과 해빈류관측. 전남대학교 학위논문(석사).
- 김희재, 안효재, 김강민, 이중우, 2014. 이상과랑하에서의 해빈변화특성 해석. 한국항해항만학회 2014년도 춘계학술대회 학술발표자료.
- 노형수, 육관수, 황학빈, 이태원, 2009. 태안 해빈 천해 어류 종조성의 계절 변화. 바다:한국해양학회지 제14권 제3호 (2009년 8월) pp.145-154.
- 류상욱, 김주용, 장진호, 조영길, 신상은, 은고요나, 2006. 조간대성 해빈 퇴적물의 이동양상에 관한 연구 I. 한국 남해안의 득량만. 한국지구과학회지27(2) 221-235.
- 류상욱, 장진호, 조주환, 문병찬, 2004. 한반도 서해남부 입자도 해빈 퇴적작용의 계절적 변화. 바다:한국해양학회지 제9권 제3호 (2004. 8) pp.83-92.
- 문서정, 이병걸, 변지선, 2014. 제주도 연안역 해빈의 변화 특성에 관한 연구. 한국지형공간정보학회 학술대회 학술발표자료.
- 박용안, 최경식, 김수정, 2000. 동해안 해빈(노봉 해빈) 환경의 OverwashMark 퇴적물의 조직 특성. 제4기학회지 제14권 제1호 통권 제14호 (2000. 6) pp.1-5.
- 박일흠, 이종섭, 1995. 과·흐름 공존장에서 해빈단면변형모형. 대한토목학회논문집15,4('95.7) pp.885-898.
- 소광석, 2010. 고창군 동호 해빈 표층 퇴적물의 계절 변화. Jour. Korean Earth Science Society 학술발표자료
- 소광석, 양우현, 강솔잎, 권이균, 2010. 고창군 동호 해빈 표층 퇴적물의 계절 변화. 한국지구과학회지 제31권 제7호 (2010년 12월) pp.708-719.
- 소광석, 양우현, 이병주, 2012. 고창군 명사십리 해빈 표층 퇴적물의 사계절 변화. 과학교육논총 37권 pp.73-83.
- 소광석, 양우현, 최신이, 권이균, 2012. 고창군 광승리 해빈 표층 퇴적물의 계절 변화. 한국지구과학회지 제33권 제6호 (2012년 10월) pp.497-509.
- 신대섭, 2011. 지상 라이다를 이용한 단기간 해빈 지형 변화 연구 : 경북 포항시 북구 화진리 해빈을 대상으로. 대구가톨릭대학교 학위논문(석사).
- 신대섭, 서종철, 2011. 지상 라이다를 이용한 단기간 해빈과 해안사구의 지형변화 연구. 한국지형학회지 제18권 제4호 (2011년 12월) pp.283-296.
- 신영호, 서종철, 2014. 신두 해양생태계보호구역 해빈과 조하대의 퇴적물 특성. 대한지리학회지49(6) 812-832.
- 안중호, 2010. 월류형 잠제에 의한 해빈 침식방지 대책에 관한 연구. 한라대학교 학위논문(석사).
- 오재경, 정선미, 조용구, 2007. 연안 개발에 의한 동해 해빈 퇴적물의 입자 조직 특성의 변화. 한국지구과학회지 제28권 제7호 (2007년 12월) pp.914-924.

- 윤정수, 김태정, 2011. 제주도 서부 하모와 협재 해변 퇴적물의 계절 변화. 한국지구과학회지 제32권 제3호 (2011년 6월) pp.265-275.
- 윤정수, 박용성, 김태정, 박상운, 2008. 제주도 이호·함덕 해변퇴적물의 계절적 변화에 관한 연구. 자원환경지질 제41권 제2호 통권189호 (2008년 4월) pp.243-252.
- 윤한삼, 제영준, 김헌태, 이인철, 2012. 진우도 해변에서의 비사 퇴적특성에 관한 연구 : 현장 및 실내실험. 해양환경안전학회 학술발표회 학술발표자료.
- 윤한삼, 제영준, 유창일, 2010. 비사포집기를 이용한 진우도 해변의 준계 모래거동 현장조사. 해양환경안전학회 학술발표회 학술발표자료.
- 윤한삼, 제영준, 유창일, 2011. 해양파랑 내습에 따른 식생대 전선 변화 : 진우도 해변을 중심으로. 해양환경안전학회 학술발표회 학술발표자료.
- 이연규, 신현옥, 이종섭, 박일흠, 최정민, 2005. 태풍에 의한 해변 퇴적물 조성 및 지형 변화(동해, 나아해빈). 한국해양환경공학회지 제8권 제3호 (2005. 8) pp.122-133.
- 이우동, 허동수, 박종배, 안성욱, 2009. 해변경사에 따른 잠재 개구부의 3차원적인 흐름특성에 관한 연구. 한국해안·해양공학회지 제23권 제1호 통권 제86호 (2009년 2월) pp.7-15.
- 이원영, 성호현, 2013. 혼합해빈의 퇴적물 분포 특성과 미지형 경관변화 : 태안해안국립공원 과도리 해변을 중심으로. 한국지형학회지 제20권 제4호 (2013년 12월) pp.1-13.
- 이정렬, 김인호, 2006. 강원도 해수욕장의 유영폭 및 해변단면 축척계수 조사 분석. 한국해안·해양공학회지 제18권 제3호 (2006. 9) pp.241-250.
- 이형석, 김인호, 2009. 해변 모형 구현을 위한 지상용 레이저 스캐너와 RTK-GPS의 자료 획득. 한국지리정보학회지 제12권 제1호 통권42호 (2009년 3월) pp.54-63.
- 지옥미, 우경식, 1995. 제주도 해변퇴적물의 구성성분. 바다:한국해양학회지30,5('95.10) pp.480-492.
- 채승철, 2014. 포항 조사리 해변의 지형 특성과 형성 과정. 경북대학교 학위논문(석사)
- 채승철, 이광률, 2014. 포항 조사리 해변의 형성 과정과 계절적 변화. 한국지형학회지 제21권 제1호 (2014년 3월) pp.121-131.
- 채장원, 염기대, 1985. 수치모델을 이용한 만리포 해변변화 연구(數値모델을 利用한 萬里浦海濱變化研究). Ocean and Polar Research 7,1('85.6) pp.57-64.
- 천세현, 안경모, 2008. 해변 종단면 변형의 수치모의. 한국해안·해양공학회논문집 제20권 제1호 (2008. 2) pp.101-109.
- 천세현, 안경모, 서경덕, 2013. 범용 평판 스캐너를 이용한 해변 모래의 입도분석. 한국해안·해양공학회논문집 제25권 제5호 (2013. 10) pp.301-310.

- 한민, 2013. 울산 강동 자갈 해변의 단면 변화 및 퇴적상. 서울대학교 학위논문(석사).
- 허동수, 이우동, 전호성, 2010. 투수층 매설에 의한 해변안정화에 관한 연구. 대한토목학회논문집 제30권 제3호 (2010년 5월) pp.325-335.
- 홍현정, 2006. GIS 기법을 활용한 해운대 해저·해빈지형의 3차원 변화 탐지 및 분석. 부경대학교 학위논문(석사)
- 홍현정, 최철웅, 한경수, 전성우, 2006. RS·GIS 기법을 활용한 해운대 해저·해빈지형의 3차원 입체변화 탐지 및 분석. 대한원격탐사학회지 제22권 제4호 (2006. 8) pp.243-253.
- 홍현정, 최철웅, 한경수, 전성우, 2006. RS·GIS 기법을 활용한 해운대 해저·해빈지형의 3차원 입체변화 탐지 및 분석. 대한원격탐사학회 춘계학술대회 논문집 학술발표자료.

주 의

1. 이 보고서는 한국해양과학기술원에서 수행한 기본연구사업의 연구결과보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 한국해양과학기술원에서 수행한 기본연구사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안됩니다.