

<div data-bbox="252 1182 488 1301" data-label="Text"> <p>주 의 (편집순서8)</p> </div> <div data-bbox="244 1312 483 1348" data-label="Text"> <p>(16 포인트 고딕체)</p> </div> <div data-bbox="336 1400 392 1552" data-label="Text"> <p>↑ 7cm ↓</p> </div>	<div data-bbox="497 342 587 436" data-label="Text"> <p>보고서 발간 번호</p> </div> <div data-bbox="497 461 587 640" data-label="Text"> <p>BSPE 9918D - 10680 - 5</p> </div> <div data-bbox="523 808 564 1339" data-label="Text"> <p>동 해 사 빈 의 지 형 역 학 적 특 성 연 구</p> </div> <div data-bbox="523 1480 564 1749" data-label="Text"> <p>한 국 해 양 과 학 기 술 원</p> </div>	<div data-bbox="1026 342 1321 418" data-label="Text"> <p>보고서발간번호 BSPE9918D-10680-5</p> </div> <div data-bbox="707 631 1257 750" data-label="Section-Header"> <p>동해 사빈의 지형역학적 특성 연구</p> </div> <div data-bbox="592 806 1380 902" data-label="Text"> <p>Studies on Morphodynamics of Sands in East Sea</p> </div> <div data-bbox="853 1164 1107 1211" data-label="Text"> <p>2015. 02. 28</p> </div> <div data-bbox="663 1588 1302 1641" data-label="Text"> <p>한 국 해 양 과 학 기 술 원</p> </div>
--	---	--

제 출 문

한국해양과학기술원장 귀하

본 보고서를 “ 동해 사빈의 지형역학적 특성 연구 ”과제의 최종보고서로 제출합니다.

2015. 02. 28

총괄연구책임자 : 이 회 준

참 여 연 구 원 : 진 재 울
유 제 선
김 선 정
도 종 대
도 기 덕
김 선 신
김 창 환
김 현 욱
김 민 석
김 태 균
김 혜 진

요 약 문

I. 제 목

동해 사빈의 지형역학적 특성 연구

II. 연구개발의 목적 및 필요성

- ① 포말대(swash zone) 수리·퇴적현상과 포말대와 쇄파대 관련현상의 연계성 규명
- ② 파랑 비선형효과에 의한 향안표사(onsshore sand drift) 및 연안사주 거동을 규명
- ③ 현상기반(process-based) 연안지형역학 수치모형을 개발함.

III. 연구개발의 내용 및 범위

- ① 사빈 포말대·쇄파대 정밀 시스템 구축
- ② 동해안 포말대 시험관측 수행
- ③ 동해안 표본해안 사주변화 분석

IV. 연구개발결과

- ① 정밀 관측 시스템 국산시제품 제작 (Air-borne Altimeter Array)
- ② Altimeter array를 활용한 포말대 판류 두께 및 유속과 지형표고변화량 관측
- ③ 사빈 포말대 수리특성이 지형변동량에 미치는 영향에 대한 분석

V. 연구개발결과의 활용계획

- ① 현장적용 방안 (계획): 우리나라 해안 중 모래로 이루어진 표본 해안 선정, 연안 정밀 관측과 레이더 및 CCTV를 활용한 장기 관측 예정. 향후 연구의 검증과 기본 자료 구축 목적으로 현장 계획 수립 예정
- ② 미래 원천기술 확보: 정밀관측 시스템과 레이더나 CCTV를 활용한 원격 관측 기술이 본 연구를 통해 기대되는 미래원천기술임. 원격 및 정밀 관측 자료 확보를 통해 추후 연구의 기본 자료 및 검증 자료로써 활용될 수 있음.

S U M M A R Y 및 KEYWORDS

The major aim of this research is to reinforce countermeasures to coastal hazards and disasters through sustainable coastal management where understanding morphodynamics of beach sands play an important role. In order to accomplish this, ① investigate the dynamics and sedimentations of swash zone and relationship between swash zone and surf zone, ② investigate onshore sand drift by wave non-linearity effect and behavior of offshore sand bar and through these understandings, ③ develop process-based coastal morphodynamic model.

(KEYWORDS : 향안표사, 포말대, 쇄파대, 연안지형역학, 침퇴적,
onshore sand drift, swash zone, surf zone, coastal morphodynamics,
erosion and sedimentation)

C O N T E N T S

Chapter 1. Introduction-----	1
Chapter 2. Domestic and international research status-----	8
Chapter 3. Results and discussion-----	11
Chapter 4. Achievements of the research-----	21
Chapter 5. Application plan-----	22
Chapter 6. References-----	23

목 차

제 1 장 서론	1
제 2 장 국내외 기술개발 현황	8
제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과	11
제 4장 연구개발목표 달성도 및 대외기여도	21
제 5 장 연구개발결과의 활용계획	22
제 6 장 참고문헌	23

제 1 장 서 론

1. 연구내용

가. 연구개발 목적

본 연구는 연안재해대응 국가역량을 강화하고 지속가능한 연안발전토대 마련에 필수적인 모래해안의 지형역학적 특성을 파악·예측하기 위하여 최근 국제동향을 반영하여

- ① 포말대(swash zone) 수리·퇴적현상과 포말대와 쇠파대 관련현상의 연계성 규명
- ② 파랑 비선형효과에 의한 향안표사(onsshore sand drift) 및 연안사주 거동을 규명
- ③ 현상기반(process-based) 연안지형역학 수치모형을 개발

나. 연구개발 필요성

○ 기술적 측면

가. 연안침식 통합관리체계와 과학기술의 역할

- 1992년 리우선언 이후 지속가능한 연안발전을 위한 '연안통합관리'의 중요성이 강조되었으며 '90년대 중반 이후 해양선진국들은 이를 위한 법제도를 정비하기 시작하였음. 그러나 통합관리는 법제도 정비만으로는 불가능하며, 다양한 이해당사자 간의 의견수렴과 합리적인 관리정책의 수립·이행을 위해서는 과학적인 지식·정보가 뒷받침되어야 함(그림 1).

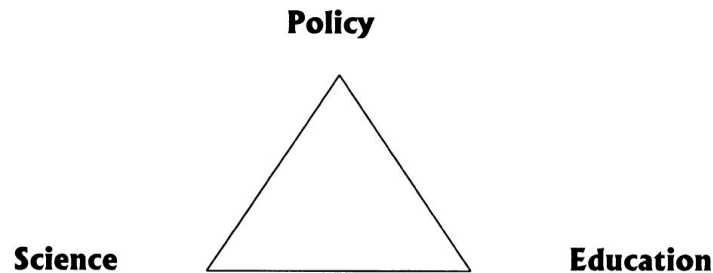


그림 1. 연안통합관리의 일반적 골격

- 연안침식은 효과적인 통합관리가 시행되지 않을 때 발생하는, 가시적 및 실질적 피해규모가 가장 큰 악영향 중 하나이며, 환경 및 경제적 피해뿐 아니라 지역공동체의 갈등을 비롯한 사회적 문제를 유발함.

- 따라서 연안침식 현안에 합리적으로 대처하고 기후변화에 의한 연안재해를 효율·효과적으로 대응하기 위해서는 대상해안의 수리·퇴적현상에 대한 심도 있는 지식과 정보 확보가 필수적이며, 이에 기초하여 다양한 이해당사자가 수용하는 관리정책을 수립하여야 함.

- 우리나라의 경우, 「연안관리법」에 의거하는 10년 단위 ‘연안통합관리계획’의 실효성이 크게 부족하고, 침식관리 관련업무가 다양한 부처에 분산되어 있으므로 체계적인 국가해안선관리를 위해서는 연안침식통합관리가 당면과제이며, 그 필요성에 대한 인식의 확산은 심도 있는 관련지식·정보 생산을 위한 R&D가 지속될 때 가능함.

나. 연안침식 연구의 새로운 패러다임

- 비록 선진국이 70년대 후반부터 관련 R&D 사업을 활발히 수행하였으나 현상을 단순화시킨 수리실험과 그 결과를 이용하는 수치실험에 의존함에 따라 대형 폭풍파에 의한 해안선 후퇴 및 폭풍파 통과 후 복원을 신뢰성 있게 예측할 수 없었음.

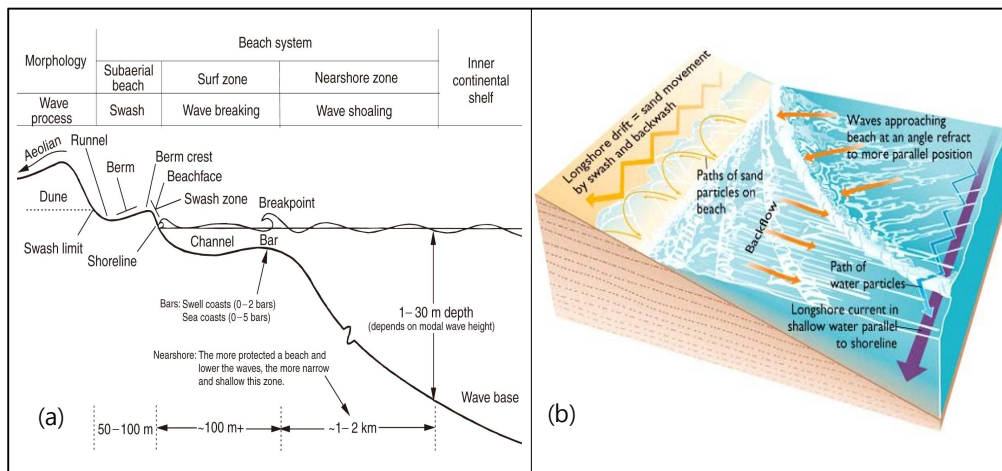


그림2. 파랑우세 모래해안 (a)해빈단면 및 파랑변형 개념도 (b)수리·표사현상 모식도

- 이러한 예측 한계는 노출과 침수가 반복되는 포말대(그림 2) 관련현상과 근빈(nearshore 그림 2)에서의 파랑 비선형효과에 의한 향안표사에 대한 이해도가 부족했기 때문임. 이와 같이 수리·퇴적현상 예측신뢰도 부족에 따른 침식·침수피해가 심해지자 선진국은 2000년대 초부터 관련현상 정밀규명을 위한 본격적인 연구를 시작하였음.
- 그러나 관측의 어려움 등으로 인해 선진국 연구는 아직도 진행 중이며, 특히 해안 침식은 국지적 특성에 크게 지배됨에도 국내에서는 아직 포말대 연구가 수행된 바 없는 등 연안침식대응을 위한 기초역량이 매우 부실한 실정이므로 관련연구 지원이 시급함.

○ 경제·산업적 측면

가. 연안침식대응 시행착오 방지

- 침식해안 수리·퇴적현상 이해가 불충분하면 지형변화 예측결과의 신뢰성 여부를 판단할 수 없으며, 이는 궁극적으로 대책 과대설계 혹은 설계오류로 귀결될 가능성이 높음.

- 그림 3은 장사항 건설에 따른 침식대책이 시행된 속초시 영랑동 사례로서 설계당시 시공비는 272억원이었으나 예상치 못한 침식으로 추가한 TTP 호안 등으로 인해 실제로는 480억원이 투자되었으며, 공사비 증액에도 불구하고 침식을 해결하지 못하여 79억원이 추가로 투입될 예정이나 그 성공여부가 불투명한 실정임.
- 거의 동일한 사례가 경북 울진군 죽변면 봉평해안에서 발생 중이며, 사전조사 없이 경남 통영시가 유사한 설계로 요구한 사업이 제2차 연안정비계획에 반영되었음(그림 4).
- 이러한 대규모 사업 시행착오 방지를 위해서는 충분한 사전조사 의무화 등의 제도 개선이 필요하지만 대상해안의 수리·퇴적현상 정밀분석역량이 뒷받침되지 않으면 제도개선은 무의미하며 시행착오 답습에 따른 경제적 손실은 계속될 것임.



그림 3. 연안침식대응 시행착오 사례 : 속초시 연안정비사업(2001~2012)



그림 4. 경남 통영시 연안정비사업 조감도 (사업비 394억원 반영)

나. 지역경제 활성화

- 지자체 재정자립도가 낮음에 따라 백사장 침식이 연안지자체 경제에 미치는 영향이 적지 않음. 예를 들어 해운대와 경포대 해수욕장의 소비자 편익은 각각 110,900 및 119,690원/인/일이며, 침식에 의한 해변폭 감소율보다 그에 따른 편익 감소율이 높음. 해변폭 10% 감소에 소비자편익 연간 감소액은 해운대가 5,916억원, 경포대가 462억원임(표 1).
- 따라서 해수욕장 변화의 과학적 규명과 예측 신뢰도 확보는 해당 연안지자체 경제 활성화에 필수적임.

표 1. 해운대, 경포대 해수욕장 침식에 의한 피해비용

해수욕장	해빈폭 감소(%)	편익 감소액(원/인/일)
해운대	10	32,493
	30	64,986
경포대	10	35,069
	30	70,138

다. 기후변화 적응역량 강화

- 외양과 내륙에서 발생하는 기후변화영향이 연안으로 전파됨과 함께 연안역 자체에서의 기후변화영향으로 인해 연안은 기후변화 3중고를 피할 수 없으며, 그 대표적인 현상이 해안침식임(그림 5).
- 특히 우리나라의 해수면 상승률은 세계 평균치보다 높으므로 점진적인 해수면상승에 의한 해안선 후퇴와 해수면상승과 초대형 태풍 중첩 시의 연안침식·침수재해 전망 신뢰도를 높이는 것은 한반도 연안의 지속가능한 발전에 필수적이며, 이를 위해서는 외력인자뿐 아니라 반응인자, 즉 연안역 퇴적물이동과 지형변동 예측 신뢰도 확보가 선결과제임.

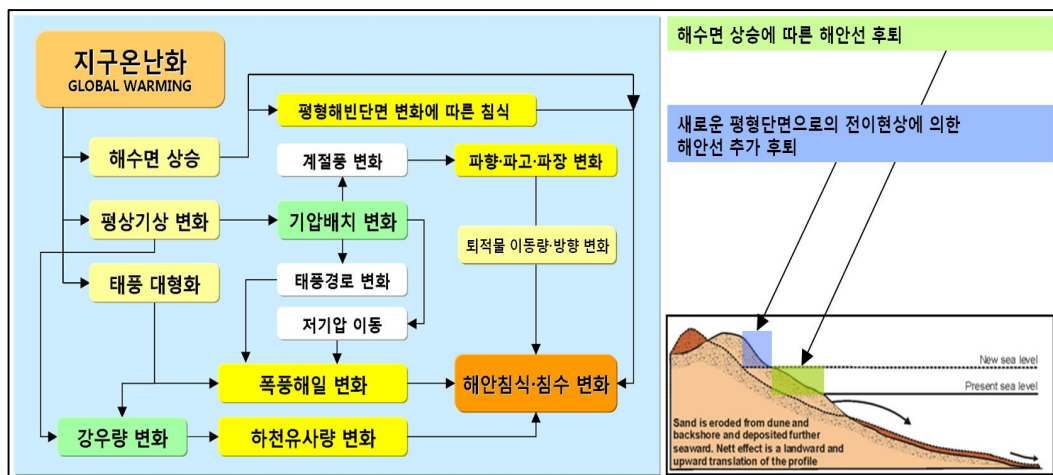


그림 5. 지구온난화로부터 해안침식·침수까지의 제 현상경로

- 사회·문화적 측면
- 가. 사회적 측면

- 해안침식은 국토유실과 다양한 경제적 손실뿐 아니라 주민 이주와 새로운 직업훈련 등의 사회적 문제를 발생시키기도 하며, 중앙·지방정부 혹은 공기업 개발사업이 원인인 경우는 대정부 신뢰도가 저하될 뿐 아니라 피해보상소송 및 개발사업 수혜주민과의 갈등이 발생하기도 함.

나. 문화적 측면

- 지속적인 도로망 확충과 웰빙문화 확산으로 인해 에너지 재충전 및 힐링공간으로서의 해안 역할이 점증함에 따라 연안지자체들은 다양한 축제와 함께 해변산책로와 오토캠핑장 등의 해안친수시설을 확충하고 있음.
- 보다 많은 내방객 유치를 위해서는 일차적으로 모래해안을 안전하고 쾌적하게 유지하여야 하며, 침식에 의해 해변의 사면경사가 증가하는 해안은 외면당할 것임. 적정 해변폭 확보 또는 해안문화재 보호를 위해 양빈, 지오투브 또는 저천단시설 등 친환경 고효율 공법을 적용할 수도 있으나 이를 위해서는 해당 해안의 수리·퇴적현상 이해가 필수적임.

○ 연구소 고유기능 발전과의 연관성

가. 해양과학기술 및 해양산업 발전에 필요한 원천 연구, 응용 및 실용화 연구

- 연안은 내륙과 외양간의 물질교환이 끊임없는 일어나는 동적환경이며, 그 기능과 가치가 내륙이나 외양에 비해 월등한 인류의 풍요로운 삶의 터전임.
- 이러한 연안이 무분별한 개발이 야기하는 침식에 의해 그 가치가 저하되고 있으며, 기후변화에 의한 피해가 우려되는 5대 분야 중 지리적 권역으로는 유일하게 연안 포함됨.
- 해양강국을 지향하고 있으나 정작 20m 이내 천해역에 대한 연구는 상대적으로 소홀했음.

나. 해양과학기술 정책·제도 연구

- 그림 1에서 알 수 있는 바와 같이 지속가능한 연안발전을 위한 연안통합관리의 핵심인 연안침식 통합관리 정책은 다양한 이해당사자들이 수용할 수 있는 객관적이고도 과학적인 정보를 확보할 때 비로소 실효성을 기대할 수 있으며, 본 연구는 이에 필요한 기반지식과 정보를 제공할 것임.

다. 양 분야 우수 전문인력 양성 및 대국민 서비스

- 그림 1은 또한 교육이 과학기술과 정책수립·이행과 연계되어야만 통합관리의 기본틀이 완성됨을 의미하며, 교육은 수준별 3단계로 구분하는 것이 바람직함.
- 최상위 단계는 본 과제의 부분별 연구주제를 박사학위 주제에 연계시켜 우수 전문

인력을 양성하는 교육으로서 우리 과기원 UST 및 기타 관련대학 대학원생을 대상으로 함.

- 중간단계 교육은 연안침식관련 조사·설계용역회사 기술자를 대상으로 하며, 용역수행실무 차원에서의 필수적인 지식을 본 연구 최종년도에 수립할 가이드북 혹은 교육 프로그램을 통해 전수함. 우리나라 해안침식대책 설계요류 대부분이 용역담당자의 지식부족에 기인하므로 중간단계 교육이 매우 중요함.
- 마지막 단계는 관련현상에 대한 비전문 관리자 및 일반시민의 이해의 폭을 넓히기 위한 교육으로서 연안수리·퇴적현상에 대한 자연과학 및 공학적 지식을 개괄적으로 전파함.
- 본 연구는 최상위 및 중간단계 교육에 중점을 두며, 비전문 관리자와 일반인을 위해서는 사업종료 후 '해양과학총서'를 발간할 예정임.

라. 해양관련 기기·장비기술개발과 검·교정

- 연안지형역학 연구가 2000년대 후반에서야 본격적으로 활성화되기 시작한 것은 관측이 어렵기 때문이며, 본 연구의 성공여부도 사실상 필수장비 확보여부에 크게 좌우될 것임.
- 본 연구에서 현상파악에 필수적이거나 선박 접근이 어려운 수심 0~3m 정도의 극천해역 수심을 측량할 수 있는 측심로봇과, 표사계 전체의 해안선~사주 영역의 수심을 단시간에 측량할 수 있는 무인항공기 측심 프로그램을 개발함과 아울러 여건이 허락하면 국외 관련기관과의 공동연구를 통하여 포말대 모래이동률 측정기를 개발할 예정임.
- 지형역학관련 장비개발은 우리 과기원의 연구역량을 향상시킬 것이며, 기술이전을 통해 관련 중소기업의 국제경쟁력을 강화시킬 것임.

마. 국내외 대학, 연구기관, 산업체 등과 수탁·위탁·공동연구 및 기술제휴

- 연안침식은 다양한 부처에서 관리하고 있으며, 지역거점대학의 현안이므로 다양한 형태의 공동연구가 가능할 것으로 예상됨. 공동연구 및 기기개발을 위한 위탁연구와 기술제휴는 2차년도부터 본격화할 예정임.

다. 기대효과

○ 기술적 측면

가. 기술의 확산 효과

- 본 연구결과를 통해 연안 공학, 해양 물리 분야 등 연안 재해에 관련된 현상의 과학적 이해를 돕고 이를 통하여 지속가능한 연안회복탄력성 유지·개선에 필수적인 원천기술을 제공할 것으로 기대됨.

나. 국제경쟁력 향상 효과

- 국내의 경우 지형역학적인 분야와 같은 기초연구에 대한 현상 이해도 부족으로 인해 해외 선진 연구를 따라갈 수밖에 없는 실정인데 본 연구를 통해 관련현상의 이해를 높이고 나아가 학문적 국제경쟁력을 높일 수 있는 계기가 될 것으로 기대됨.

○ 경제·산업적 측면

- 본 연구 성과에 대한 결과는 국가 정책 수립 시 기초자료, 지자체 실무자료, 교육 및 연구기관에는 교육자료 및 검증 자료로 활용될 수 있음.
- 본 연구의 사업화와 연구 성과 기술에 대한 이전을 통해 연안 정비 관련 국가사업 효율 증가로 인한 절감 효과를 기대할 수 있음.

○ 사회·문화적 측면

- 선진 기술 개발로 해외 기술에 의존하지 않는 국내 설계를 통한 설계비 경감 및 국제 경쟁력 강화.
- 본 연구를 통한 연안 정비관련 국가사업 효율의 증가로 인해 효율적으로 연안을 관리하여 추가적으로 안전하고 친수성 있는 연안을 제공하여 연안 관련 해양 레크레이션 및 해양 관련 사업 활성화 등에 기여.

○ 연구소 고유기능 발전과의 연관성

- 본 연구는 파랑이 해저면을 감지하기 시작하는 약 20m 수심부터 사빈 육지경계에 이르는 영역 수리·퇴적현상과 지형역학에 대한 집중연구로서 해양 중 인간과 가장 밀접한 관계를 맺고 있는 연안역의 지속가능한 발전을 위해 필수적인 기반지식과 정보를 제공할 것임.
- 또한 본 연구는 정밀한 현장·수리실험을 통해 얻은 정보를 활용하여 예측신뢰도가 현 수준보다 월등한 수치모형을 개발할 예정이며, 이는 효율·효과적인 국가해안선 관리에 크게 기여할 것임.

제 2 장 국내외 기술개발 현황

가. 국내외 연구동향

[선진국 동향]

- 현재까지의 연안수리·퇴적현상 규명 및 예측기술 진화과정을 3단계로 구분할 수 있으며, 제1세대는 비슷한 시기에 수행된 R&D 사업인 일본의 NERC(Nearshore Environment Research Center, 1976~1982)와 미국의 NSTS(Nearshore Sediment Transport Study, 1977~1982)의 종료시기인 1982년까지(그림 8), 제2세대는 1983년부터 미국 육군공병단이 2004년에 착수한 새로운 국가 R&D MORPHOS(그림 9)가 주목할 만한 성과를 얻은 2009년까지, 그리고 2010년부터 현재까지를 제3세대로 간주할 수 있음.
- 세계적으로 연안공학기술 수요가 높았던 제2세대 동안 수치모형실험을 토대로 다양한 모래이동률 산정식과 해안선 및 단면변화 경험모델이 제안되어 연안개발 및 보전사업에 활용되었으나 포말대를 포함한 현상학적 연구는 부족하였음.

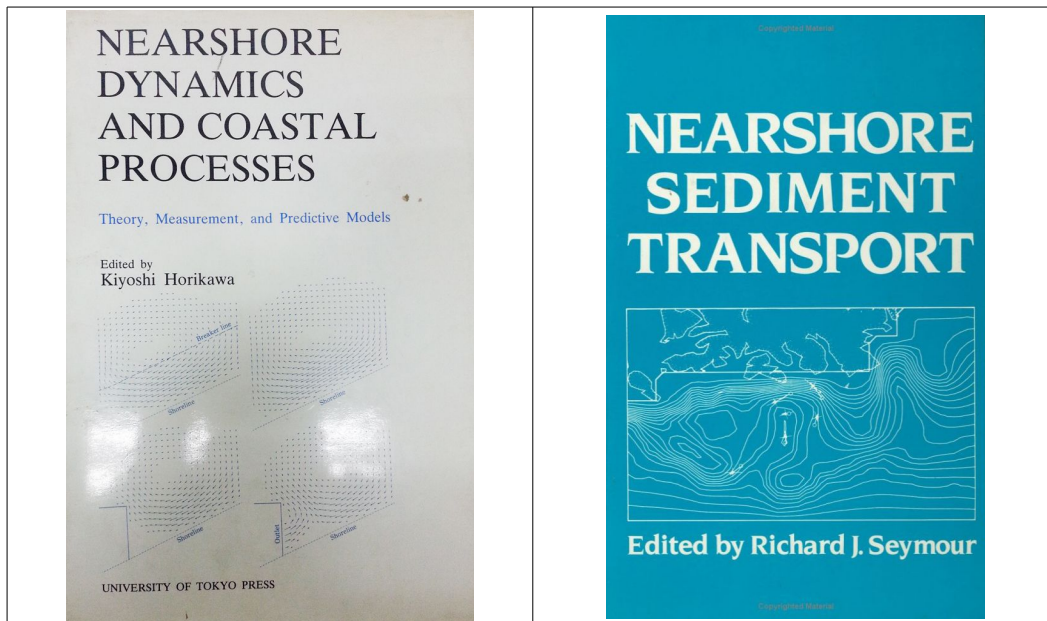


그림 8. 일본 NERC(좌) 및 미국 NSTS(우) 연구성과.

- 2004년 8월과 9월 4개 대형 허리케인의 연속상륙으로 막대한 피해를 입은 미국은 경험식에 의존하는 2세대 수치모형실험 결과에 따라 계획을 수립했던 연안방호사업을 전면 재검토함과 아울러 현상기반 예측체계구축을 위한 R&D MORPHOS를 착수하였음.

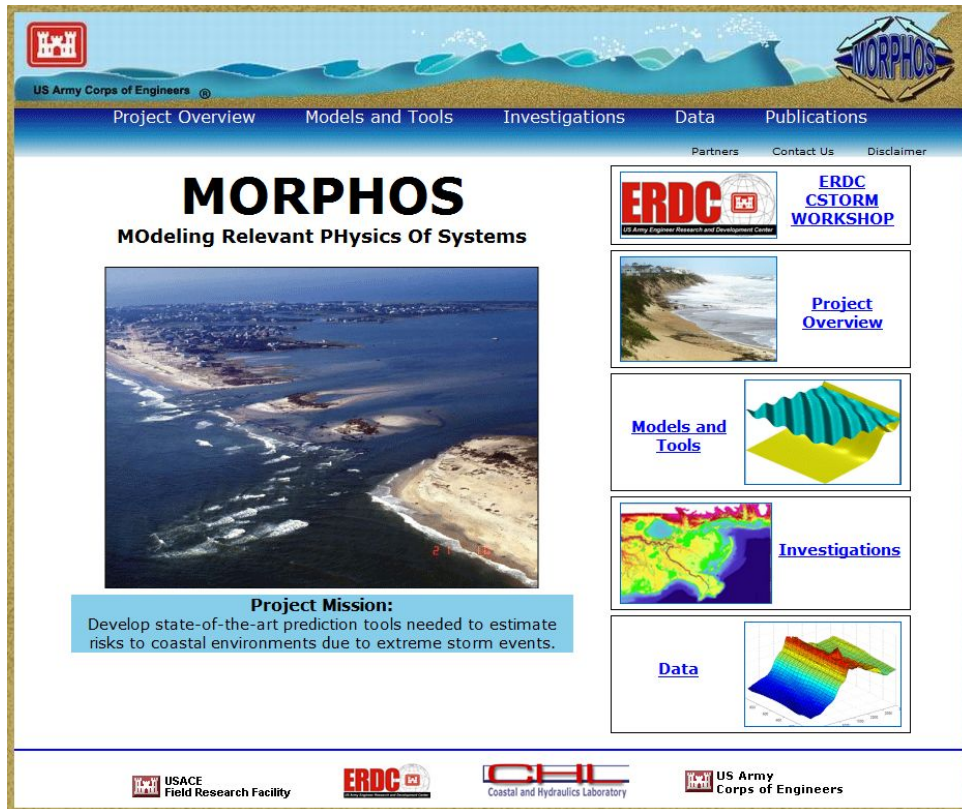
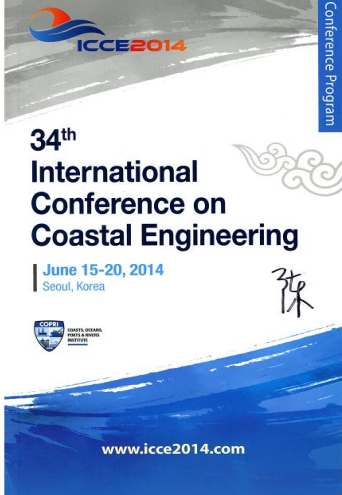


그림 9. USACE MORPHOS 홈페이지

표 2. 제34회 국제연안공학학술대회 발표논문 분석결과

 <p>34th International Conference on Coastal Engineering June 15-20, 2014 Seoul, Korea www.icce2014.com</p>	분 과	A	B	C	D	E
	발표논문 수	·파랑변형 ·파랑모델	·방파제 ·항만운영 및 관리 ·현장관측	·연안수리 ·이상고파 ·퇴적물이 동 예측	·연안지형 변화예측 ·양빈	·기후변화 ·폭풍해일 ·지진해일
	분과 소계 퇴적물이동 및 연안지형변화 직간접 관련 논문	81 67	80 19	84 58	86 86	84 6
<ul style="list-style-type: none"> ■ 발표논문 총계 : 415편 ■ 연안침식 직접 관련 논문 수 : 144편 (35%, C·D세션) ■ 연안침식 직·간접 관련 논문 수 : 236편 (57%) 						

- 한편 금년 6월 서울에서 개최되었던 제34회 ICCE에서 발표된 논문 415편 중 연안침식과 직접적인 관계가 있는 논문이 35%이었으며, 파랑 등 연안지형역학 규명에 결정적인 영향을 미치는 논문을 포함한 연안침식 직간접 관련논문은 57%에 달함(표 2). 선진국은 연안수리·퇴적현상 정밀규명을 위한 R&D를 지속적으로 지원하고 있음을 의미함.

[국내 동향]

- 국내 연안수리학 연구는 70년대 후반부터 본격화된 어항·항만 등 연안개발과 더불어 활성화되었으며, 연구주제는 항만설계의 핵심변수인 항내 정온도와 부진동 및 항내매몰에 집중되었음. 그러나 항 신설·확충에 따른 방과제 돌출은 필연적으로 파랑장을 변화시키고 이는 항계 주변 및 외측해안의 침식을 유발할 수 있으나 대부분의 설계용역이 항계까지만 고려함과 아울러 관련기술이 부족하여 침식을 충분히 예측하지 못하였음. 이에 따라 80년대 후반부터 어항 건설에 의한 해안침식이 사회적인 주목을 받기 시작함(그림 6).

- 속초항과 같은 유형의 침식이 반복됨과 아울러 해안도로에 의한 침식이 동해안에서 확산됨에 따라 관련연구가 산발적으로 수행되었으나 관측장비의 한계로 인해 주목할 만한 연구성과를 얻지 못한 채

- 우리 연구원은 연안수리·퇴적현상 관측기술 선진화를 선도하였음. 2000년대 초 해저경계층 관측시스템 TISDOS, SPHINX를 구축하여 동해안 쇄파대에서 주목할 만한 관측성과를 얻었음. 그러나 KIOST 시스템은 수중설치가 목적이며, 그림 7과 같이 조간대에 설치할 수도 있으나 포말대 정밀관측을 위한 장비는 포함하고 있지 않음.

- 해양수산부는 연안침식과 관련한 5개, 즉 ①연안침식 통합관리방안 수립, ②연안수리 및 침·퇴적환경 거동특성 연구, ③연안지형변화 예측기술 개발, ④친환경·고효율 연안침식 저감공법 개발, ⑤연안침식에 의한 위험도 평가기술 개발 분야의 동반 선진화를 목적으로 국가 R&D ‘연안침식 대응기술 개발(2013-2018)’을 수행 중임. 그러나 참여기관이 17개로 많음에도 계획된 예산의 1/3 수준밖에 확보하지 못하고 있으며, 대규모 연안정비사업에서 저감공법이 중심인 당장의 가시적 성과에 대한 기대치가 높음에 따라 본 과제와 연관성이 있는 제2세부 과제에서 포말대 연구에 필수적인 첨단장비 구입·개발이 사실상 불가능한 상태임.



그림 6. 속초항 방과제 확장에 의한 해안침식(중앙일보 1987.11.3, 침식 원인은 조류방향 변화가 아니라 파랑·해빈류 변화).



그림 7. KIOST SPHINX.

제 3 장 연구 개발 수행 내용 및 결과

가. 연구 결과

[가. 정밀모니터링 시스템 구축]

(1) 포말대 수리·퇴적 현상 정밀모니터링 시스템

○ 초음파 표고계 Array를 이용한 정밀모니터링 시스템

- Air-borne Altimeter 50kHz 초음파를 이용하여 포말대 판류 두께 및 유속 관측.
- 최근 선진국에서 침식관리 효율성 제고를 위해 사용하고 있는 포말대 수리·퇴적 현상 연구용 장비이며, 국내에서 최초로 개발되는 초음파 표고계 Array임.
- 시스템은 Air-borne Altimeter 1대, 지지파일 2개 및 가로대 1개를 기본으로 구성됨(그림 1).
- 여러대의 Air-borne Altimeter를 격자망으로 구성하여 포말대의 종방향, 횡방향 판류 두께 및 유속 관측이 가능함(그림 2).

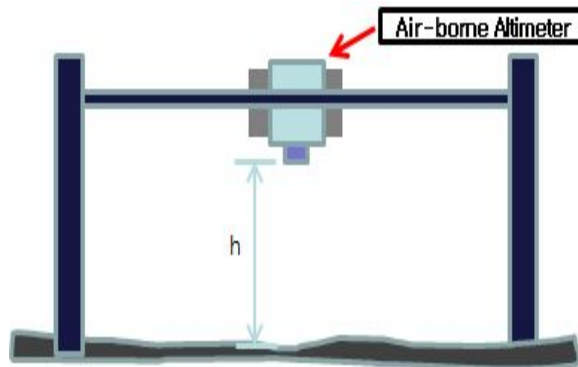


그림 1. 시스템 개략도

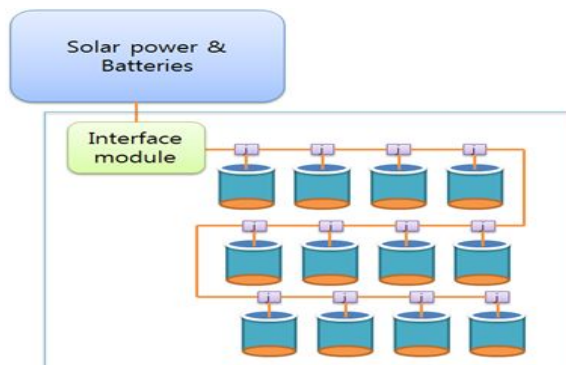


그림 2. 시스템 개념도

○ 초음파 표고계 Array를 이용한 정밀모니터링 시스템 활용

- 시험관측을 성공한 초음파 고도계와 기타 관측 센서를 정렬시켜 동시 관측함으로써 향후 시·공간 분포 자료 취득이 가능함.
- Cross-shore 부유사 Flux 총량 산출이 가능하며, 지형 변화 예측모델 검증 자료로 사용 가능.
- 조위 주기에 따른 지형 변화 관측 가능.
- 부유사의 on·offshore net Flux와 천해 파력과의 관계 규명 및 Swash-by-Swash 상호 작용 규명 등 연구적 활용 가치가 우수할 것으로 예상.

[나. 정밀모니터링 시스템 시험관측]

(1) 대상지역(Test bed) 선정

○ 대상지역 선정 조건

- 안정적인 포말대 관측을 위하여 해변경사가 완만.
- 관측 장비 설치를 위한 사질토 두께가 1m 이상.
- 관측 위치(단면)가 해안을 대표할 수 있어야 함.

○ 대상지역 후보지

- 한국해양과학기술원 동해연구소와 연구협조를 위하여 대상 후보지를 올진 일대로 결정.
- 대상후보지 후정해수욕장, 죽변항 인근, 죽변면 인근, 나곡해수욕장, 부구해수욕장 중(그림 3) 현장 답사 및 관측장비(지지파일) 설치 test를 실시한 후 부구해수욕장으로 결정.



그림 3. 대상후보지

○ 관측시스템 설치

- Air-borne Altimeter를 파향의 직각방향으로 단면을 설정하여 3대 설치
- 관측장비의 전력공급을 위하여 Control room를 관측지점에서 약 20m 후방에 설치 함(그림 4).
- Air-borne Altimeter의 센서부와 저면바닥 거리를 55cm, 80cm, 95cm로 설정.



그림 4. 관측시스템 설치

○ 관측시스템 Setup 및 Test

- Air-borne Altimeter의 관측값과 현장에서 실측한 값을 비교한 결과 다소 차이가 나타남.
- Threshold 및 Deadzone을 변경하여 장비 test를 실시하였으나 관측값과 실측값의 차이가 발생.
- 관측자료 획득률 저조 및 신뢰성 저하.

○ 관측시스템 보완점 도출

파형 분석을 통하여 관측값과 실측값이 차이를 보이는 경우와 잘 일치하는 경우를 비교(그림 5).

- 관측값과 실측값이 차이가 나타나는 경우 (a), (b).
- (a)의 경우 출력 강도에 비하여 저면 반사 강도가 약함.

- (b)의 경우 저면의 반사 강도와 비슷한 노이즈 발생.
- 관측값과 실측값이 일치하는 경우 (c).
- (c)의 경우 출력 강도의 80% 정도의 저면 반사가 발생하며 노이즈의 경우 출력 강도의 50%이하에서 발생

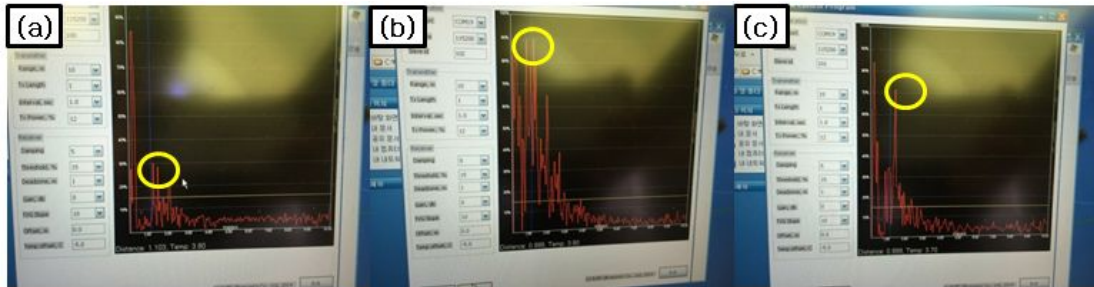


그림 5. Air-borne Altimeter 관측 파형

○ 관측시스템 재설치

- 시험 관측 중 파고의 급격히 감소로 인하여 포말대 관측 불가능 (그림 6).
- Air-borne Altimeter를 해상 방향으로 약 2m 이동하여 재설치.
- 관측시스템의 문제점을 보완하기 위하여 Air-borne Altimeter의 센서부와 저면 바닥 사이의 거리를 1.2m로 변경 (그림 7).

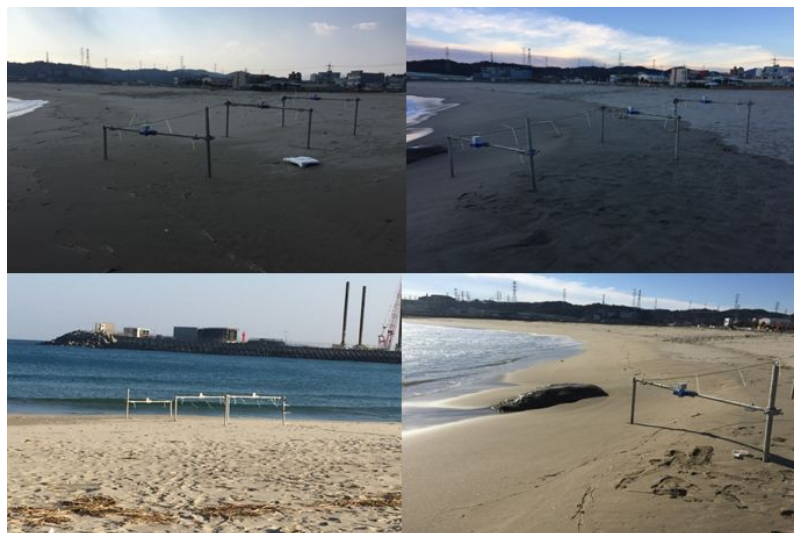


그림 6. 파랑 감소로 인한 포말대 관측 불가능



그림 7. 관측시스템 재설치

○ 관측자료(Raw data) 취득

- 관측시스템의 보완점(Air-borne Altimeter의 센서부와 저면바닥 사이 거리)을 수정하여 관측 실행.
- Air-borne Altimeter 파형 분석결과 반사 강도가 출력 강도의 80% 정도 수준이며 노이즈는 출력강도의 50%이하에서 발생(그림 8).
- 2014년 12월 21일 15시 12분부터 약 6시간 동안 데이터 취득(그림 9).

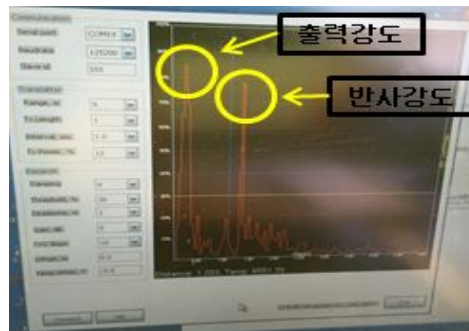


그림 8. 관측 파형

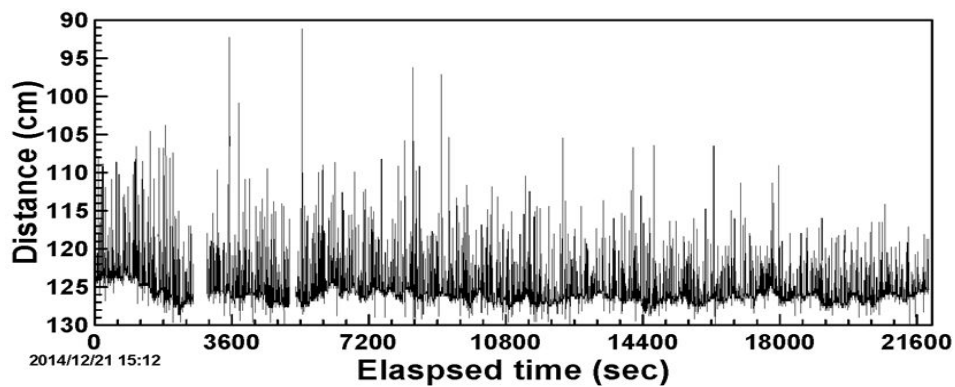


그림 9. Air-borne Altimeter Raw data

○ 관측자료(Raw data)로부터 Bed-level 분리

- Bed-level 결정 조건 Turner et al., 2008, 2011 적용

① $|h(t+dt) - h(t)| \times f < 0.1 \text{ cm/s}$, ② $\Delta t > s \text{ seconds}$

①, ② 조건을 적용하여 Raw data로부터 Swash Elevation과 Bed-level 분리
(그림 10, 그림 11)

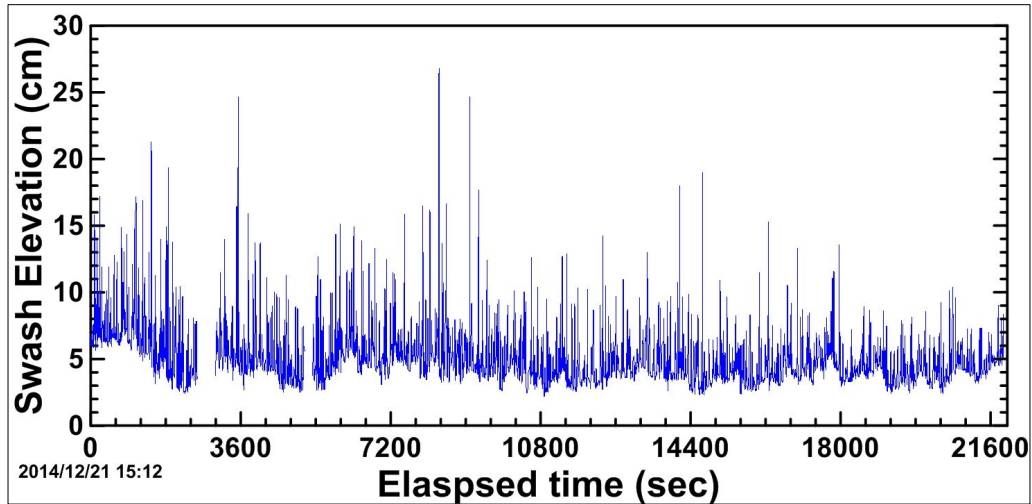


그림 10. Swash Elevation

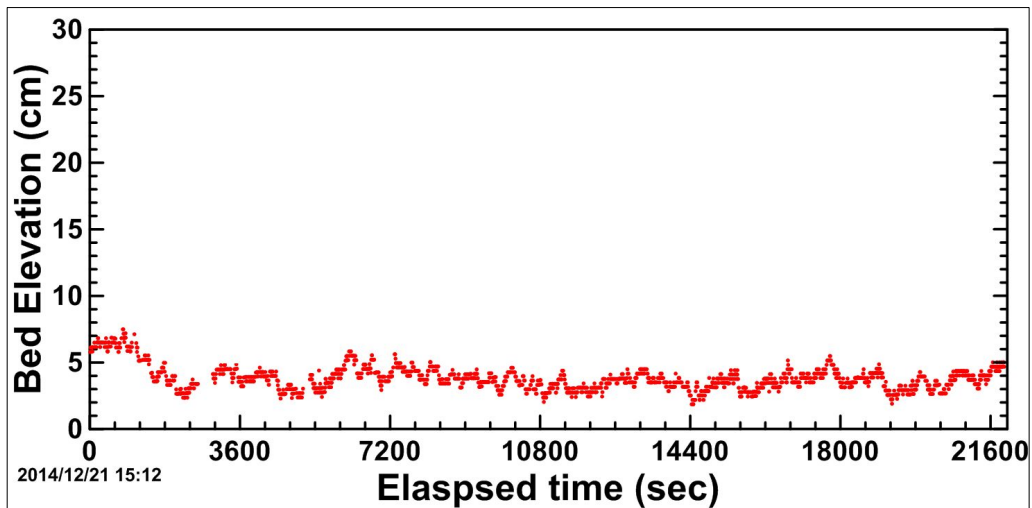


그림 11. Bed-level Elevation

[다. 관측자료 분석]

○ 파랑 및 조위 자료 취득

- 자료 분석을 위한 파랑자료는 “이상고파 원인규명 및 예측감시기술 개발 연구”로 부터 동해연구소 전면해역에 설치된 AWAC 자료 제공 받음 (표 1).
- 조위자료는 국립해양조사원의 후포 조위관측소 자료 사용.


자료명/ 관측지점	수심	위도	경도	비고
파랑자료/ ST-2	18.7m	37-04-45.8	129-24-57.8	
조위자료/ 후포 조위관측소	-	36-40-39.0	129-27-11.0	

표 1. 파랑 및 조위관측 자료 취득

- 2014년 12월 평균조차는 9.35cm 임, 검은색 실선은 1분 조위자료이며 파랑색 실선은 1시간 조위자료 임(그림 12).
- H_s , T_p 및 D_p 자료는 30분 자료이며 관측 기간 중 H_s 는 감소, T_p 및 D_p 는 큰 변화 없음(그림 13~14).
- 풍향 및 풍속은 1분 자료이며 관측 기간 중 풍향은 서풍과 북풍 계열의 풍향이 나타남(그림 15).

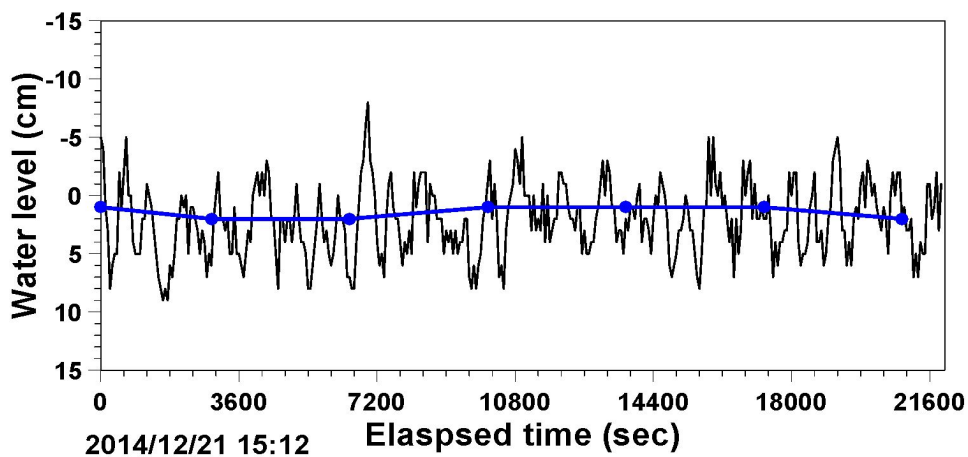


그림 12. Water level

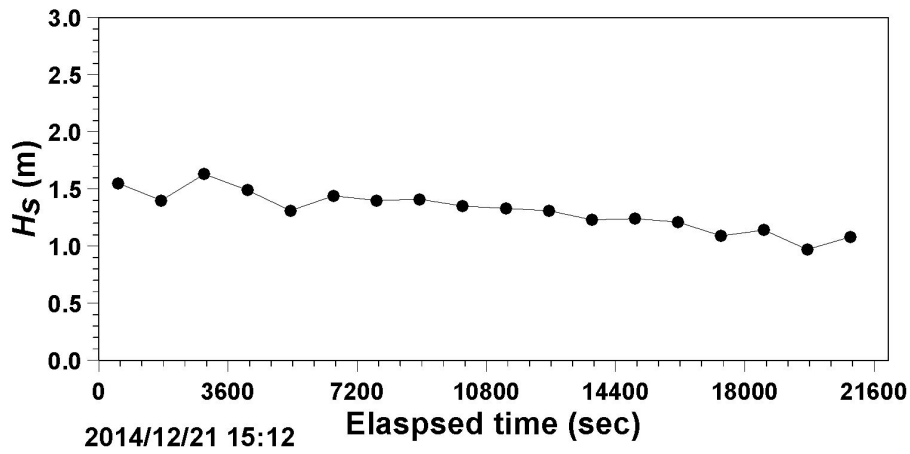


그림 13. Hs

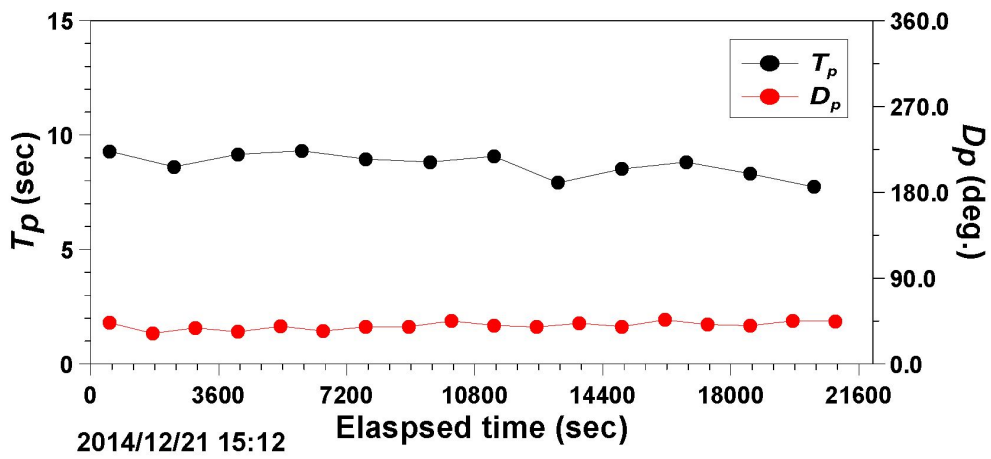


그림 14. Tp 및 Dp

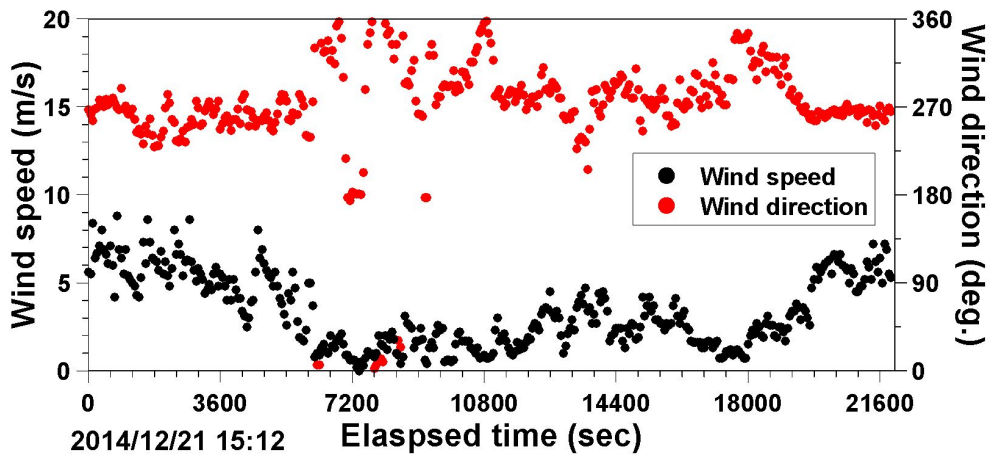


그림 15. Wind speed 및 Wind direction

○ Wave-Swash-Bed level 상관관계

- 20분 평균자료 분석을 수행(표 2).
- 관측 시작 시점의 파고는 1.55m이며 관측을 수행하는 과정에서 파고가 점차 감소하여 관측 종료 시점에는 파고가 1.08m까지 감소하였음.
- 파고의 감소에 따라 Swash Elevation은 감소하고 Bed level은 증가하는 경향이 나타남.

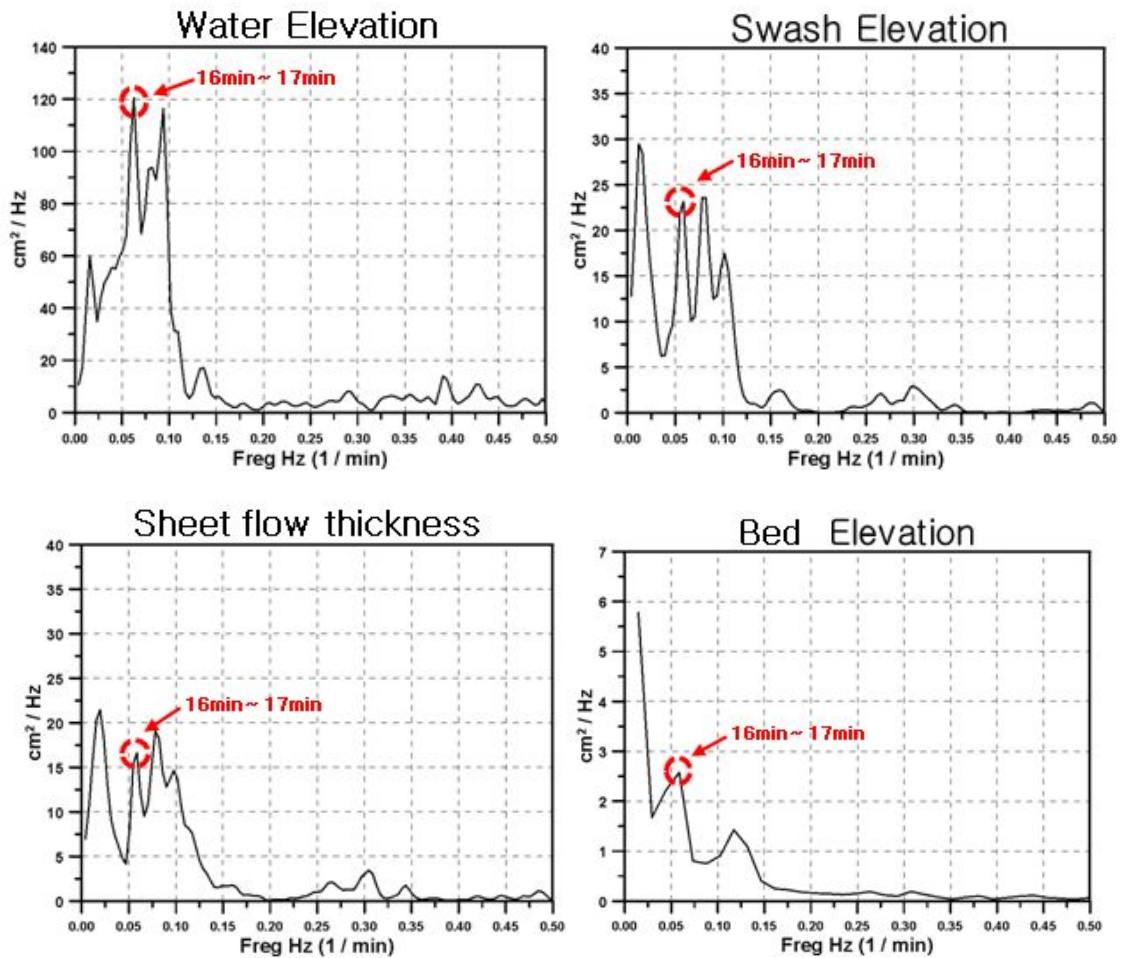


그림 16. Water elevation - Swash elevation - Sheet flow - Bed level 상관 관계

Time	Wave			Swash/bed Elevation(cm)			Bed-level Elevation(cm)			Mean Swash Elevation
	Hs (m)	Tp (sec)	Dp (deg)	Max	Min	Mean	Max	Min	Mean	
2014-12-21 15:00	1.6	8.78	40.5	-	-	-	-	-	-	
2014-12-21 15:12	-	-	-	19.4	5.6	7.7	7.8	5.8	6.3	1.4
2014-12-21 15:20	1.55	8.53	43.07	26.1	3.1	7.6	7.5	3.6	5.6	2.0
2014-12-21 15:40	1.40	7.77	31.95	21.6	1.5	5.3	8.0	1.7	3.4	1.9
2014-12-21 16:00	1.63	8.45	37.77	29.5	2.6	6.3	7.9	1.2	4.1	2.2
2014-12-21 16:20	1.49	8.45	33.60	14.2	1.5	5.0	7.9	0.3	3.5	1.5
2014-12-21 16:40	1.31	8.54	39.50	20.7	2.2	6.0	7.1	1.4	4.1	1.9
2014-12-21 17:00	1.44	8.51	34.43	19.5	2.9	6.1	7.8	2.9	4.4	1.7
2014-12-21 17:20	1.40	8.52	39.02	30.0	1.9	6.2	7.7	3.1	4.1	2.1
2014-12-21 17:40	1.41	8.62	38.94	25.4	2.3	5.3	7.2	2.6	3.7	1.6
2014-12-21 18:00	1.35	8.86	45.11	13.5	1.8	4.8	7.9	2.0	3.3	1.5
2014-12-21 18:20	1.33	8.27	40.36	15.9	1.8	4.7	7.7	2.1	3.1	1.6
2014-12-21 18:40	1.31	8.16	38.75	14.2	2.6	5.2	6.5	3.2	3.8	1.4
2014-12-21 19:00	1.23	8.15	42.54	19.0	1.6	4.7	7.5	1.5	3.2	1.5
2014-12-21 19:20	1.24	8.32	39.13	11.8	2.1	4.4	7.8	2.4	3.3	1.1
2014-12-21 19:40	1.21	8.58	46.20	15.3	0.7	4.8	5.2	1.5	3.6	1.2
2014-12-21 20:00	1.09	7.79	41.34	15.9	2.7	4.9	7.1	2.8	4.0	0.9
2014-12-21 20:20	1.14	8.08	40.04	10.8	2.3	4.5	7.8	1.9	3.4	1.1
2014-12-21 20:40	0.97	8.05	45.16	13.4	2.3	4.5	7.6	2.3	3.4	1.1
2014-12-21 21:00	1.08	7.94	44.75	10.8	1.9	4.9	8.0	2.7	4.2	0.7

표 2. Wave-Swash-Bed level 20분 평균분석 결과

제 4장 연구개발목표 달성도 및 대외기여도

1. 2014년 목표달성도

구 분	%	성취도 판단		특기사항 (우수성 또는 부진사유 등)
		정상	부진	
당해연도 목표달성도	100%	○		사빈 포말대 수리 및 지형변동 특성 정밀관측시스템의 국산시제품 제작
최종목표 대비 달성도	%			

2. 목표달성 내역

성과목표(가중치)	2014년 연구성과	연차목표 달성도 (%)	최종목표 달성도 (%)
1. 포말대·쇄파대 관측시스템 구축 (60%)	- 동해 사빈 지형역학적 특성 관측을 위한 포말대/쇄파대 수리 및 지형변동량의 관측을 위한 정밀관측시스템 국산시제품 제작	100	
2. 동해안 포말대 시험관측 (20%)	- 동해안 부구해변에서 사빈 포말대 수리특성 및 지형변동량 동시측정 현장 시험관측 수행	100	
3. 동해안 표본해안 사주변화 분석 (20%)	- 사빈 포말대 수리특성이 지형변동량에 미치는 영향에 대한 정량적 분석 수행	100	
합계 (100%)		100%	%

제 5 장 연구개발결과의 활용계획

1. 활용방안

○ 현장적용 방안 (계획)

- 본 연구의 핵심 결과는 우리나라 사빈의 지형역학적 특성을 규명하는 것으로 우리나라 해안 중 모래로 이루어진 표본해안을 선정하여 중점적으로 연구를 진행할 예정이다. 현재 우리나라 대표적인 사빈 해안인 남해 (해운대)와 동해를 선정하여 연안 정밀 관측과 레이더나 CCTV를 활용한 장기 관측을 계획 중에 있음.
- 본 연구과제에서 연구대상지역으로 선정된 지역에 구축된 관측시스템은 기본적으로 계속 유지하고 향후 연구의 검증과 기본 자료 구축 목적으로 현장계획을 수립할 예정이다.

○ 미래 원천기술 확보

- 본 연구를 통해 기대되는 미래원천기술은 Radar 및 CCTV를 활용한 원격 관측 기술과 정밀 관측 시스템 구축 기술이 있음.
- 원격 관측 기술과 정밀 관측 자료 확보를 통해 본 연구 분야 뿐만 아니라 해양 물리, 연안 공학 등 유사 분야에 검증자료로써 활용될 수 있음.

2. 기대성과 및 예상파급효과

○ 기술적 측면

가. 기술의 확산 효과

- 본 연구결과를 통해 연안 공학, 해양 물리 분야 등 연안 재해에 관련된 현상의 과학적 이해를 돕고 이를 통하여 지속가능한 연안회복탄력성 유지·개선에 필수적인 원천 기술을 제공할 것으로 기대됨.

나. 국제경쟁력 향상 효과

- 국내의 경우 지형역학적인 분야와 같은 기초연구에 대한 현상 이해도 부족으로 인해 해외 선진 연구를 따라갈 수밖에 없는 실정인데 본 연구를 통해 관련현상의 이해를 높이고 나아가 학문적 국제경쟁력을 높일 수 있는 계기가 될 것으로 기대됨.

○ 경제·산업적 측면

- 본 연구 성과에 대한 결과는 국가 정책 수립 시 기초자료, 지자체 실무자료, 교육 및 연구기관에는 교육자료 및 검증 자료로 활용될 수 있음.
- 본 연구의 사업화와 연구 성과 기술에 대한 이전을 통해 연안 정비 관련 국가사업 효율 증가로 인한 절감 효과를 기대할 수 있음.

제 6 장 참고문헌

- Baldock, T.E., Hughes, M.G., 2006. Field observations of instantaneous water slopes and horizontal pressure gradients in the swash zone. *Continental Shelf Research* 26(5), 574-588.
- Baldock, T.E., Baird, A.J., Horn, D.P., Mason, T.E., 2001. Measurements and modelling of swash induced pressure gradients in the surface layers of a sand beach. *Journal of Geophysical Research* 106(C2), 2653-2666.
- Elfrink, B., Baldock, T., 2002. Hydrodynamics and sediment transport in the swash zone: a review and perspectives. *Coastal Engineering* 45, 149-167.
- Turner, I.L., Russell, P.E., Butt, T., 2008. Measurement of wave-by-wave bed-levels in the swash zone. *Coastal Engineering* 55(12), 1237-1242.
- Turner, I.L., Masselink, G., Russell, P.E., Blenkinsopp, C.E., 2008. Bed-level change over individual swash cycles on sand and gravel beaches. *Proceedings of the 31st International Conference on Coastal Engineering*, Hamburg, Germany.
- Turner, I.L., Russell, P.E., Butt, T., Blenkinsopp, C.E., Masselink, G., 2009. In-situ estimates of net sediment flux per swash: Reply to Discussion by T.E. Baldock "Measurement of wave-by-wave bed-levels in the swash zone". *Coastal Engineering* 56 (9), 1009-1012.

뒷 면

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.