

碩士學位論文

梨湖海水浴場 沿岸海域의
海水流動 特性研究



濟州大學校 大學院

土木海洋工學科

李承浩

2009 年 2 月

梨湖海水浴場 沿岸海域의 海水流動 特性研究

指導教授 楊 城 基

李 承 浩

이 論文을 工學 碩士學位 論文으로 提出함

2009 年 2 月

李承浩의 工學 碩士學位 論文을 認准함

審査委員長

김 상 진



委 員

양

성 기

(印)



委 員

이

등 무

(印)



濟州大學校 大學院

2009 年 2 月

A study on the Tidal Current Characteristics of
IHO Beach Coastal Area of Jeju Island

Seung-Ho Lee

(Supervised by professor Sung-Kee Yang)

A thesis submitted in partial fulfillment for the degree of Master
of Engineering

2009. 2.

This thesis has been examined and approved.

Department of Civil & Ocean Engineering

GRADUATE SCHOOL

CHEJU NATIONAL UNIVERSITY

目 次

目 次	i
LIST OF TABLES	ii
LIST OF FIGURES	iii
Summary	vi
I. 서론	1
1. 연구배경	1
2. 연구동향 및 연구목적	3
II. 자료분석 및 현장관측	5
1. 조위	5
1) 조위 관측 개요	5
2) 조위 관측 결과	5
2. 조류	8
1) 조류 관측 개요	8
2) 조류 관측 결과	
3. 현장관측	21

1) 파랑 관측	21
2) 조류 관측	26
III. 해수유동 수치모형(DIVST)	33
1. 해수유동 수치모형의 개요	33
2. 광역 수치시물레이션	39
1) 계산격자망 및 수심도	39
2) 경계조건 및 주요입력자료	42
3) 해수유동 수치모형실험 결과	43
3. 세부역 수치시물레이션	45
1) 계산격자망 및 수심도	45
2) 경계조건 및 주요입력자료	48
3) 해수유동 수치모형실험 결과	49
IV. 검증 및 고찰	51
1. 조위검증	51
2. 조류검증	52
V. 요약 및 결론	55
참고문헌	58

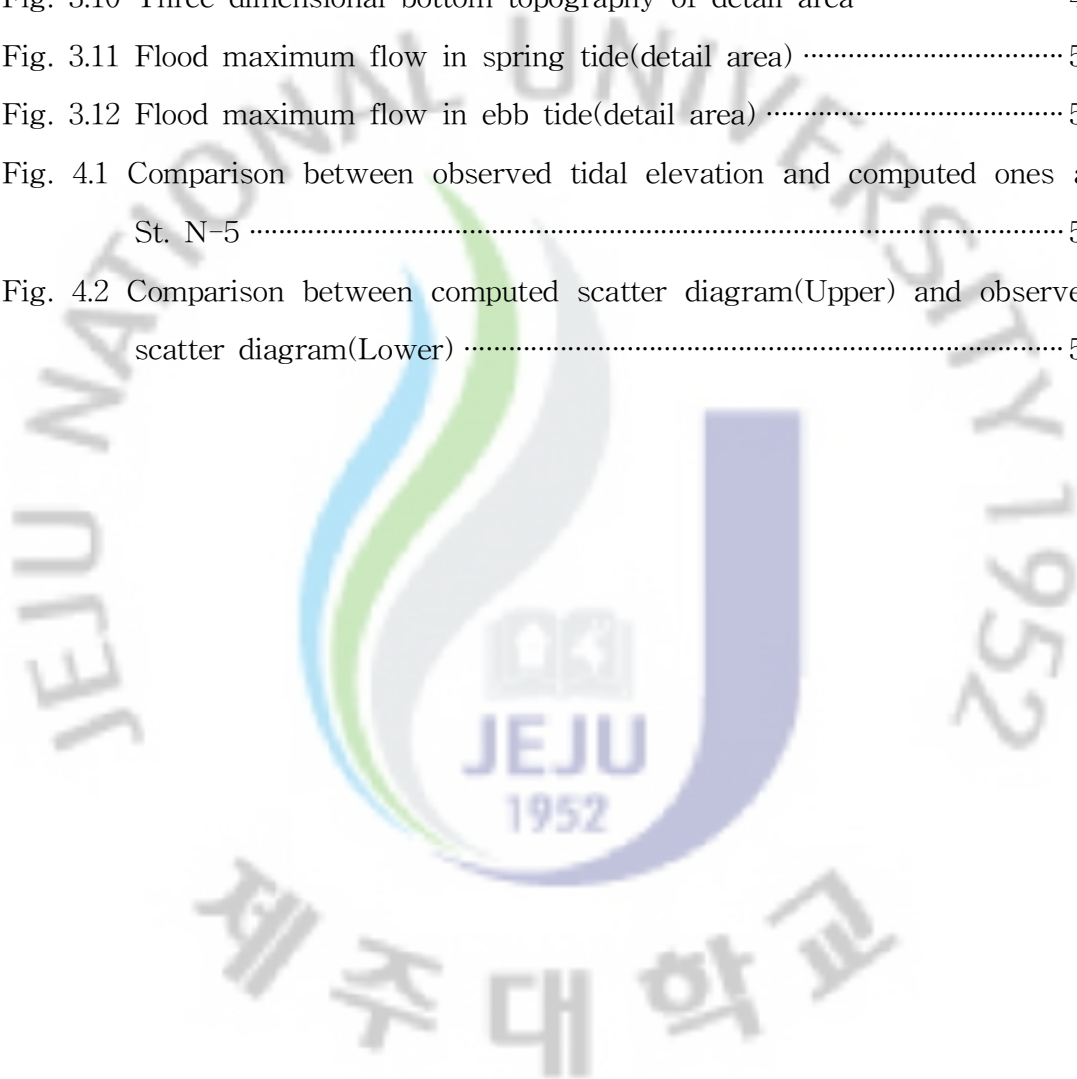
LIST OF TABLES

Table 2.1 Tidal harmonic constants of Jeju harbor	6
Table 2.2 Observation point position and duration	7
Table 2.3 Characteristic of equipment and observation point and period	22
Table 2.4 Recording Doppler Current Profiler(RDCP 600) of dimension	22
Table 2.5 Frequency of occurrence between wave height and wave direction ·	24
Table 2.6 Frequency of occurrence between wave period and wave direction	25
Table 2.7 Frequency of occurrence between wave height and wave period ·	25
Table 2.8 Characteristic of equipment and observation point and period	26
Table 2.9 Recording Doppler Current Profiler(RDCP 600) of dimension	26
Table 3.1 Tidal harmonic constants at the open boundary	42
Table 3.2 Input parameters for the hydrodynamic model	43
Table 3.3 Input parameters for the hydrodynamic model	48

LIST OF FIGURES

Fig. 2.1 Tidal elevation at St. N-8	6
Fig. 2.2 Research area, Tidal elevation and current observation station	7
Fig. 2.3 Scatter diagram of tidal current observed in St. N-1 and	11
Fig. 2.4 Tidal ellipse at St. N-1 and St. N-2(양, 2006)	12
Fig. 2.5. Tidal ellipse at St. N-3 and St. N-4(양, 2006)	13
Fig. 2.6 Stick diagram and U-V components at St. N-1(upper)	14
Fig. 2.7 Stick diagram and U-V components at St. N-3(upper)	15
Fig. 2.8 Stick diagram and U-V components at St. N-5	16
Fig. 2.9 Stick diagram of tidal ellipses at St. N-5	17
Fig. 2.10 Progressive vector at St. N-1(upper) and St.N-2(lower)	18
Fig. 2.11 Progressive vector at St. N-3(upper) and St.N-4(lower)	19
Fig. 2.12 Non-tidal current diagram at St. N-1(upper left), St. N-2	20
Fig. 2.13 Observation point of wave and current	21
Fig. 2.14 Time series of significant wave observation data	24
Fig. 2.15 Vector diagram of tidal current served surface level(upper), middle level(middle),bottom level(lower) in C1	28
Fig. 2.16 U-V components and stick diagram at C1(surface level)	29
Fig. 2.17 U-V components and stick diagram at C1(middle level)	30
Fig. 2.18 U-V components and stick diagram at C1(bottom level)	31
Fig. 2.19 Occurrence frequency of current direction	32
Fig. 3.1 Coordinate system for depth integrated equations	36
Fig. 3.2 Flow chart of the DIVST	38
Fig. 3.3 Computational grid system	40
Fig. 3.4 Map of water depth below datum level	40

Fig. 3.5 Three dimensional bottom topography of wide area	41
Fig. 3.6 Flood maximum flow in spring tide(wide area)	44
Fig. 3.7 Flood maximum flow in ebb tide(wide area)	44
Fig. 3.8 Model variable grid system	46
Fig. 3.9 Map of water depth below datum level	46
Fig. 3.10 Three dimensional bottom topography of detail area	47
Fig. 3.11 Flood maximum flow in spring tide(detail area)	50
Fig. 3.12 Flood maximum flow in ebb tide(detail area)	50
Fig. 4.1 Comparison between observed tidal elevation and computed ones at St. N-5	52
Fig. 4.2 Comparison between computed scatter diagram(Upper) and observed scatter diagram(Lower)	54



Summary

The Iho beach and the sea area near the Iho beach was set as a sea area and near-sea geography for research in the first stage, and mechanism of sea water circulation was clarified by performing a numerical value experiment by DIVAST.

It was shown that a sea current of near-sea area in the northern part of Jeju Island according to data of 25 hours' current observation data dominantly showed flow from east-north and east to west-south and west or flow from east to west. average flow velocity and maximum flow velocity at the St. N-3 point of observation points respectively showed 42.195cm/s and 94.7cm/s, and was the strongest flow, and the flow velocity at each point showed that a component in an east-western direction appeared more strongly than a component in an south-northern direction, as a result that numeric value analysis by a numeric value model experiment of sea water flow of the sea area of the research object, maximum flow velocity showed 89.3cm/s in outer sea area, and the maximum flow velocity showed 51.2cm/s in a field observation points of the near-sea area of the Iho beach, and flow velocity of ebb current was more dominant than flood current, as a result of comparing a tide with a current level to compare a result repeating sea water circulation of the Iho beach and the near-sea area of the Iho beach with observed sea water flow data and verify it in a numeric value model of DIVAST, observed data of tide and current level verifying points were coincident with calculated data in the near-sea area of the Iho beach and all objective sea area, in the future, it was thought that continuous and diversified research would be needed with three dimensional expansion model considering wave and wind as well as a wind-induced flows, wind-induced current, sea current and density current, etc in order to further approach natural phenomena.

I. 서론

1. 연구배경

사면이 바다로 둘러싸인 제주도는 해상·기상관측 부위와 같은 역할을 수행할 수 있는 천혜의 위치하며 탁월한 해륙풍과 계절풍의 영향으로 천기의 변화가 심한 도서지역이다. 하절기에는 상습적인 태풍의 통과지대에 위치하는 지리적인 조건으로 인해 고조와 해일, 집중호우와 침수 등의 자연재해가 발생하며, 동절기에는 북서 계절풍에 의한 폭풍과 해안침식, 월파, 표사이동 등이 현상이 발생하는 등 자연조건이 매우 가혹한 편이다(양, 2005).

제주도는 북위 33°11′- 33°33′, 동경 126°08′- 126°58′에 위치하고 있으며, 인구나 산업 그리고 경제활동 대부분이 연안해역을 중심으로 활발히 전개되고 있다. 최근에는 국제자유도시로 발돋움하기 위해 국제도시로의 위상을 확립하고 동북아 관광거점도시로 개발을 위해 국제자유도시종합계획(2002-2011)을 수립하여하여 운용 중에 있다.

산업사회가 급속히 성장함에 따라 육상공간은 이제 포화상태에 이르렀고 아울러 부족한 공간자원의 확보와 쾌적한 환경확보를 위하여 연안의 매립 및 임해공업단지 조성, 인공 섬 건설, 하구 둑 축조 등의 해안구조물 건설이 활발해지고 있다. 이러한 해안 구조물의 건설은 필연적으로 주변의 환경변화를 야기시키며, 경우에 따라서는 개발로 인한 이득보다 훨씬 큰 예기치 못한 피해를 발생시킬 수도 있다. 따라서 해안, 하구, 해양공간의 개발을 위한 계획단계에서부터 예상되는 환경변화를 철저히 조사하도록 제도적 기틀이 마련되어야 하며, 효율적인 운영과 관리를 위한 기준도 강화되어야 할 것이다. 그러나 정확한 환경변화의 예측은 대단히 어려운 일이며, 특히 연안해역은 해수의 유동현상이 매우 복잡한 해역이기 때문에 연안에서의 환경변화 예측은 대단히 복잡하고 힘든 일이다(선, 2007).

연안역은 인간활동에 의해 직·간접적으로 영향을 받는 하구, 간석지, 연안습지, 해변, 만, 대륙붕 등이 포함되며 생태적으로 해안선을 중심으로 상호 밀접한 관계를 가지고 있는 독특한 지리적 공간이라 할 수 있다. 최근에 연안역 개발의 증대와 연안부근의 인구 집중화 등으로 인해서 주변해역의 해수유동과 해양환경의 변화에 따른 연안역의 생태계 변화가 야기되고 있다. 또한, 최근 연안역의 관리에 있어서 연안재해방지, 친수연안공간조성과 연안 접근권의 개발 등이 강조되면서 해안구조물 건설로 인한 해안의 침식·퇴적문제, 항만매물문제, 항로준설 등이 커다란 사회적인 문제로 대두되고 있다. 이러한 문제는 육지로부터의 모래공급량 감소와 연안표사이동의 불균형으로 인하여 발생한다(김, 2008). 따라서, 이러한 해양환경과 생태계 변화 등을 규명하기 위해서는 우선적으로 해수유동 특성을 명확히 재현하고 규명할 필요가 있다.

연안해역의 해수유동은 조석에 의한 조류, 외양역을 흐르는 해류, 하천 유출수, 밀도류, 바람에 의한 취송류 등에 의해 지배되며 복잡한 해안선 및 해저지형 등에 의하여 비정상적인 유동양상을 나타낸다.

최근, 이호해수욕장은 해안도로의 건설, 이호유원지의 개발로 인한 해안매립 등 단기적인 해안선 변화가 급격히 발생하고, 해수유동 변화로 인한 해양환경변화가 문제시 되고 있는 실정이다.

연안역을 개발할 때는 해상과 기상조건으로부터 자연재해를 최소화 하도록 사전에 충분한 연구·조사와 함께 예방책을 수립하는 것이 중요하다. 하천 하구역의 개발이나 해양매립이 해양환경의 변화에 영향을 미치는 요인 중에는 먼저 매립 또는 그 부대시설의 존재가 환경변화에 영향을 미치는 경우가 있다. 특히 항만을 건설하거나 해안 및 하구역을 개발할 때는 해안지형과 함께 기상 및 해상(해수유동, 파랑, 표사이동) 등이 중요한 환경요소가 된다. 해안매립이나 개발로 인한 파랑, 해일, 고조, 표사, 하천수, 해수유동 등의 변화는 연안해양의 환경특성을 결정하는 중요한 요소이다. 따라서 연안해역의 물리해황 및 수질환경을 예측하기 위해서는 정확한 연안해역의 유동현상재현에 대한 연구·조사가 필수적이다.

2. 연구동향 및 연구목적

제주도의 중요한 관광자원이며 여름철의 최대 휴양지인 연안의 주요 해수욕장들이 최근에 심한 침식현상으로 인해 해변 사장 면적이 급속히 축소되고 있다. 해안재해의 문제는 이미 오래 전부터 우리의 생활에 밀접한 영향을 끼쳐왔으며, 해양 선진국에서는 해양 특성에 따라 여러 형태로 발생하는 해안재해가 사회적 문제로 대두되어 이에 따른 연구가 활발하게 진행되고 있다.

해안재해 중 표사이동에 기인한 해안침식은 파와 흐름이 복잡하게 공존하는 연안역에서 발생하는 대표적인 문제들이다. 특히, 해안침식의 대상이 되는 백사장은 파의 에너지를 감소시키는 방재상의 역할까지 한다는 생태학적 의미에서도 연안환경의 중요 구성 요소로서 인정받고 있다.

그러나, 산업발달과 더불어 급속히 추진되어온 각종 연안 개발은 직·간접적으로 해안의 침식문제를 발생시키거나 이에 대한 고려 없이 무분별하게 사업이 강행되어져 최근 전국연안에서의 침식, 퇴적 현상이 두드러지게 나타나는 상태이며, 이에 따른 해안선변화 현상을 정량적으로 해석하고 예측하는 연구가 시급히 요구되고 있는 실정이다.

해수욕장을 유지하기 위해 매년 양빈을 되풀이 하고 있는 이호해수욕장을 포함한 인근해역에 대한 해수유동의 특성과 해조류 관측조사 및 해양관측 자료를 이용하여 해수유동의 변화와 구조를 관찰하고, 그 변화특성을 정밀하게 분석·검토할 필요가 있다.

이 연구에서는 이호해수욕장을 포함한 연안해역의 해류관측자료 자료를 분석하여 시공간적인 해류계의 특성 및 해수유동의 구조를 파악하였다. 연구 대상 해역 및 연안지형은 우선 그 첫 단계로서 이호해수욕장 및 이호해수욕장 부근의 해역을 연구대상으로 DIVAST에 의한 수치해석을 실시하여 해수순환의 기구를 규명하고자 한다. 이러한 연구 결과는 이호해수욕장 및 인근해역의 항만이나 해양구조물 및 연안해역의 개발시 기본계획·실시설계를 수립하거나 해수유동의 변화로 예상되는 해양환경의 영향을 분석하는데 기초 자료로

활용될 수 있다.

이러한 해수유동연구에 사용되고 있는 해수유동모델(Depth Integrated Velocity And Solute Transport, DIVAST) 및 연구의 대상해역인 제주도 연안해빈에 대한 연구를 살펴보면 다음과 같다.

박 등(1989)은 제주도 연안해빈의 계절적 변화에 대해 연구 하였고, 한 (1993)은 제주도 연안 해빈과 사구에 대해 연구하였다. 장(1999)은 제주도 해수욕장에 대해 해안공학적인 기초연구를 하였으며, 강(2003)은 장기 ADCP 자료분석을 통하여 제주해협 해류의 변동특성을 연구하였다. 또한 양(2006)은 제주항 연안해역의 해수순환특성을 3차원 해양유동모델을 이용하여 수치모의 하였다.

DIVAST 모델은 세계적으로 널리 사용된 바 있는 범용모델로서 국내에는 Lee et al.(1994), 이·박(1995)에 의하여 가막만 등의 현지에 적용되어 사용된 바가 있고, 이·김(1995)은 Random Walk 모형에 의한 확산해의 민감도 분석에 적용하여 사용하였다. 박·이 등(1998)은 저항물체 배후의 이차원 후류에 관한 대격자 수치모형에 적용하여 연구하였고, 조(1999)는 점성토 모델 수송모델에 의한 부유사농도 및 수심변화예측에 적용하여 연구한 바가 있다.

제주도는 해안선을 많은 해수욕장이 분포하고 있으며, 깨끗한 백사장과 오염되지 않은 바다, 아름다운 자연 주위 환경을 갖춘 해수욕장은 제주도의 큰 자원이라 할 수 있다.

따라서 본 연구의 목적은 해수유동모델인 DIVST(Depth Integrated Velocity And Solute Transport)와 해양관측 자료를 토대로 이호해수욕장과 이호해수욕장 연안해역의 해수유동을 파악하고, 차후 침식 및 퇴적인 진행중인 해수욕장의 사빈유실 저감대책 및 복원대책수립을 위한 기초자료를 제공하는데 있다. 뿐만 아니라, 해빈 변형에 따른 지형변동의 예측이나 해빈단면 변화, 표사이동 등 연구의 기초자료로 활용하는데 있습니다.

II. 자료분석 및 현장관측

1. 조위

1) 조위 관측 개요

연구대상 해역 및 조위·해조류 관측 지점을 Fig. 2.2에 나타내었으며, 관측일정 및 기간은 Table 2.2와 같다. 조위 자료는 St. N-5(2002. 5.12~2002. 6.10)에서 관측된 30일간의 조위자료가 사용되었다. 실측조위는 해수유동특성 파악과 수치해석시 입력자료와 모델의 검정시 비교·검토 되었으며, 이호해수욕장 및 이호해수욕장 연안해역의 수심자료는 국립해양조사원(NORI)의 수치지도가 사용되었다.

2) 조위 관측 결과

조위 관측 결과를 Fig. 2.1에 나타내었다. 대조기시 관측점 St. N-5에서 조위의 시계열을 나타내었다. 이 시계열 자료로부터 일조부등이 현저함을 알 수 있으며, 조차는 2 m 정도로서 제주항의 검조소에서 관측된 평균조차 2.028m와 거의 같은 값을 보이고 있다.

Table 2.1은 현장에서 관측된 조위 자료를 이용하여 조석조화상수를 산정한 결과 이다. 본 조사 결과에서는 St. N-5지점에서 15일간의 관측된 자료를 분석한 결과 조화상수는 각각 M_2 분조의 진폭은 67.4cm, 지각은 313.6° , S_2 분조의 진폭은 26.4cm, 지각은 326° , O_1 분조의 진폭은 24.3cm, 지각은 219.2° 그리고 K_1 분조의 진폭은 16.0cm, 지각은 195° 이었다.

Table 2.1 Tidal harmonic constants of Jeju harbor

위치	제주(NORI)		제주(St. N-5)	
위도	33°31'00"		33°32'30"	
경도	126°32'00"		126°35'30"	
기간	1973.1~1976.1		2002.5~2002.6	
분조	조화상수			
	반조차(cm)	지각(°)	반조차(cm)	지각(°)
주태음반일주조(M2)	69.7	303.5	67.4	313.6
주태양반일주조(S2)	29.5	324.1	26.4	326.0
일월합성주조(K ₁)	23.0	210.2	24.3	219.2
주태음일주조(O ₁)	16.8	278.1	16.0	195.0

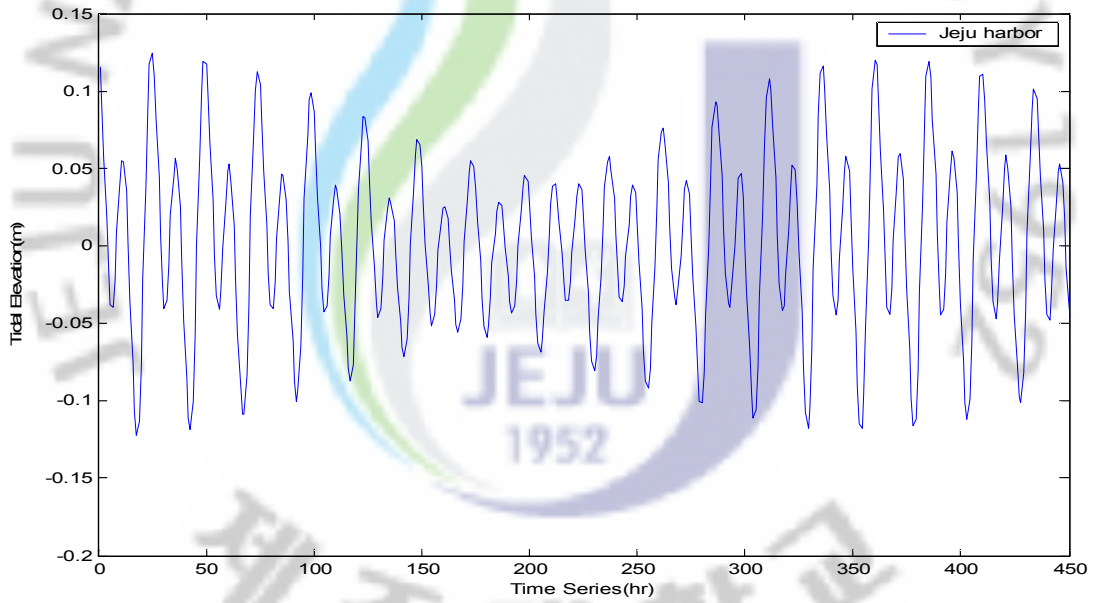


Fig. 2.1 Tidal elevation at St. N-5

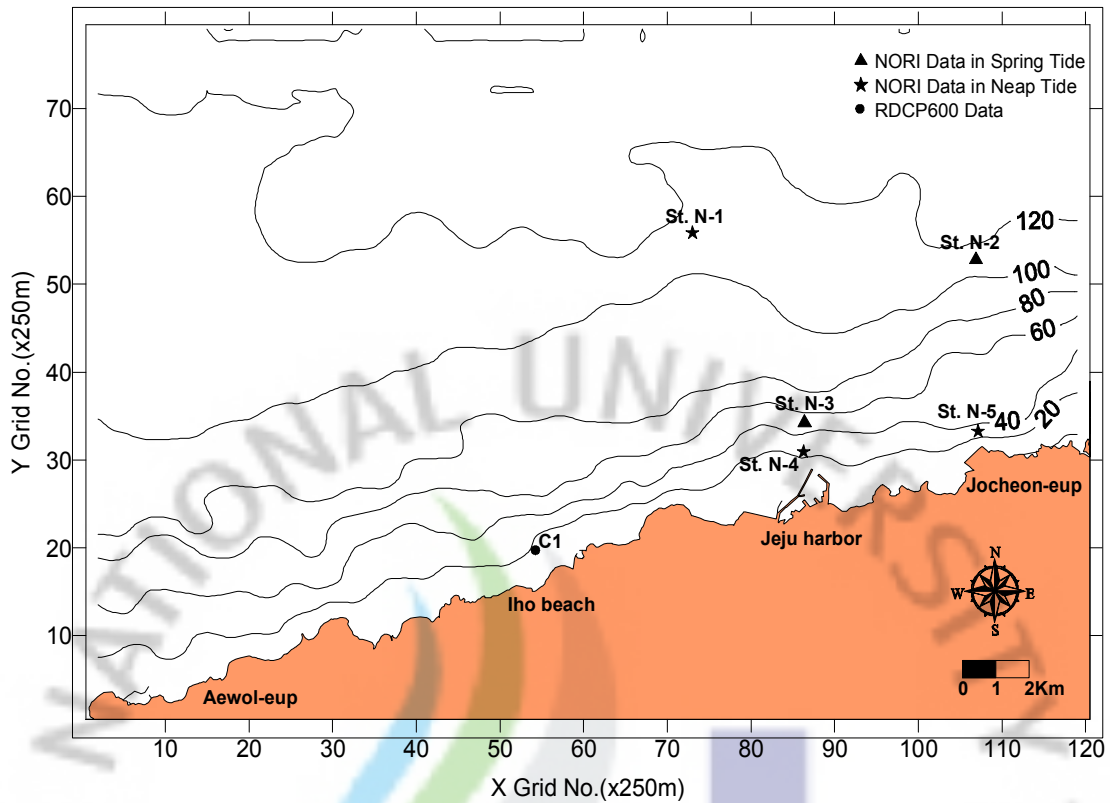


Fig. 2.2 Research area, Tidal elevation and current observation station

Table 2.2 Observation point position and duration

Equipment	Observation Position	Position		Depth	Duration
		Latitude	Longitude		
RCM-7	St. N-1	N33°37' 30"	E126°29' 00"	117m	2002. 5. 12 ~2002. 5. 13
	St. N-2	N33°37' 00"	E126°35' 00"	119m	2002. 5. 24 ~2002. 5. 25
	St. N-3	N33°33' 00"	E126°32' 00"	35m	1994. 4. 23 ~1994. 4. 24
	St. N-4	N33°31' 52"	E126°32' 14"	21m	2002. 5. 13 ~2002. 5. 14
	St. N-5	N33°32' 30"	E126°35' 30"	25m	2002. 5. 12 ~2002. 6. 10
RDCP600	C1	N33°31' 26"	E126°27' 29"	18m	2007.11. 3 ~2007.12. 10

2. 조류

1) 조류 관측 개요

해양기초자료 조사 및 분석을 위하여 기존의 관측자료 및 추산자료를 검토·분석하여 해수유동 수치실험의 입력 및 검증자료 등으로 활용하였다. 조석주기에 따른 연속적인 유황의 변화 상태를 파악하기 위하여 유속계 RCM-7(Aanderaa)에 의한 5개의 정점(St. 1~ St. 5)에서 관측(NORI)된 자료를 사용하였다. 이들 관측자료 중 25시간의 자료로서는 대조기시에는 2개 관측지점(St. N-2, St. N-3)이며, 소조기시에는 2개 관측지점(St. N-1, St. N-4)으로 매 10분 간격으로 관측되었다. St. N-5은 30일간(2002. 5.12~2002. 6.10) 10분 간격으로 연속 관측되어진 자료이다.

이호해수욕장 부근에서는 Aanderaa사의 관측시스템(RDCP600 : Recording Doppler Current Profiler)을 사용하여 제주대학교 해양수리학 연구실이 최대파고, 최대파주기, 유의파고, 유의파주기, 유속, 유황, 파향, 수온을 관측하였다. 본 연구에서는 조위, 유속 및 유황자료를 사용하여 조류 관측자료를 분석하였다. 해류계는 한 정점의 유동상태만을 반영하기 때문에 해수입자의 연속적인 이동 상태를 알 수 없는 단점이 있으므로 필요시 이를 보완하기 위하여 시·공간적으로 가능한 많은 관측점을 선정하여 조사하였다.

2) 조류 관측 결과

이호해수욕장을 포함한 이호해수욕장 부근해역의 해수유동 양상을 파악하기 위하여 Fig. 2.2의 관측지점에서 Table 2.2에 제시한 관측기간의 유속 및 유황 자료를 분석하였다. 분석된 항목은 25시간 데이터를 이용하여 각 정점의 조류분산도, 조류타원도, Stick Diagram, Progressive Vector, 조석잔차류도를 나타내었으며, 15일 이상의 관측자료를 이용하여 조류분산도, Stick diagram과 U, V성분 및 각 분조별 Stick Diagram을 나타내었다.

Fig. 2.3은 각 지점에서의 조류분산도도를 나타내고 있으며, Fig. 2.4~ Fig. 2.5는 각 지점에서 조류타원도를, Fig. 2.6~Fig. 2.8은 유속 Stick diagram 및 U, V 성분을 나누어 나타낸 것이다. Fig. 2.9는 분조별 Stick diagram, Fig. 2.10~Fig. 2.11은 Progressive Vector를, Fig. 2.12는 연구대상해역의 조석잔차류의 분포를 보이고 있다.

제주북부 연안해역의 해조류는 북동동류~남서서류 또는 동류~서류하는 흐름이 지배적이다(Fig. 2.3). Fig. 2.3은 연구영역 중 외해역에 해당되는 St. N-1과 St. N-2 지점의 그리고 연구영역의 연안해역에 해당되는 St. N-3, St. N-4, St. N-5의 조류분산도를 나타내었다. 이들 결과로부터 제주북부 연안해역의 조류의 흐름은 해안선과 거의 평행한 동서방향으로 강하게 나타나고 있음을 알 수 있다.

Fig. 2.6~Fig. 2.7은 25시간 자료의 Stick diagram과 U-V 성분도를 나타내고 있다. St. N-3 지점에서의 평균유속은 42.195cm/s, 최대유속은 94.7cm/s로 흐름이 가장 강하게 나타나고 있다. St. N-1, St. N-2지점에서의 평균유속은 30~36cm/s, 최대유속은 72~81cm/s로 큰 차이가 없었으나, St. N-4 지점에서는 평균유속 19cm/s, 최대유속은 48.5cm/s로 현저히 약하게 나타나고 있다. 이러한 현상은 낙조류시보다 창조류시에 강하게 나타나고 있다. Fig. 2.8은 관측한 자료 중 15일간의 유속, 유향의 값을 조화분해하여, Stick diagram과 U, V성분 그리고 각 분조별 Stick Diagram을 나타낸 것이다. St. N-5에서의 최대유속은 90.0cm/s, 평균유속은 21.6cm/s이고, 동서방향의 흐름이 강하게 나타나고 있다.

Fig. 2.10~Fig. 2.11은 Progressive Vector도 나타낸 그림이다. 연구영역의 내해에서는 서방향의 흐름이, 연구영역 외해에서는 북동류의 흐름을 보여주고 있다.

Fig. 2.12는 25시간 해조류 관측 자료를 이용하여 각 지점의 항류성분을 나타낸 그림이다. 모든 지점에서 방향은 북동방향, 크기는 15cm/s내외의 흐름임을 알 수 있다. 그러나 St. N-3지점에서는 30cm/s이상의 흐름을 보여주고 있다.

25시간 데이터를 살펴보면, 일조부등이 탁월하며, 유속의 흐름은 동서방향이나 남북방향보다 강하게 나타나고 있으며, 각 지점에서의 U성분은 (+)값이 크게 나타나, 즉 동방향의 흐름인 낙조류시의 흐름이 강하게 나타남을 알 수 있다. 최대

유속은 $94.7m/sec$ 이었다. St. N-3지점은 조석에 의한 유속값은 다른 지점에 비하여 현저히 적으며, 항류의 의한 흐름은 현저히 커서 이 지점의 유속은 다른 힘에 의한 흐름이 발생되어진다고 사료된다.



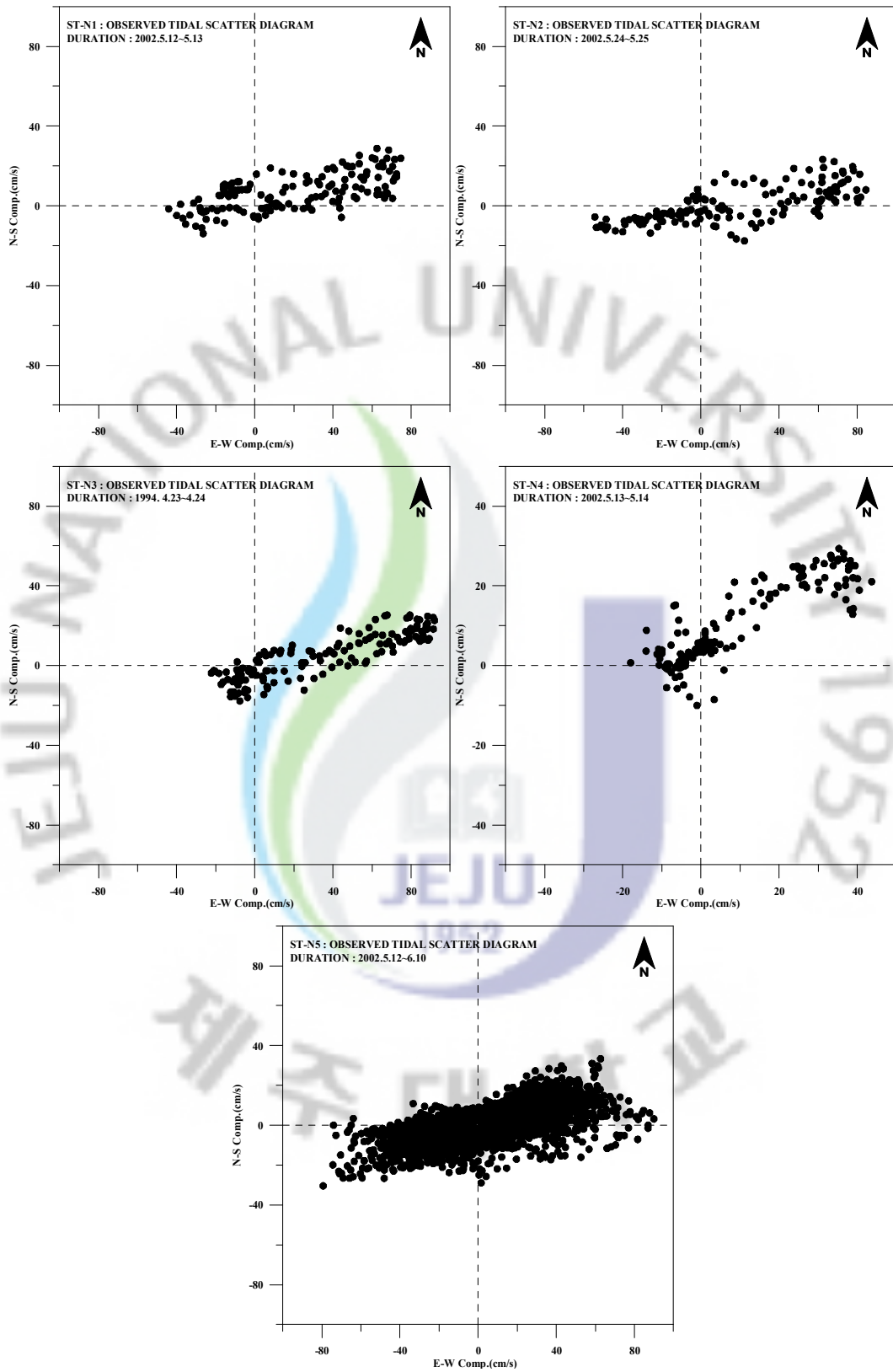


Fig. 2.3 Scatter diagram of tidal current observed in St. N-1 and St. N-2(upper), St. N-3 and St. N-4(middle), St. N-5(lower)

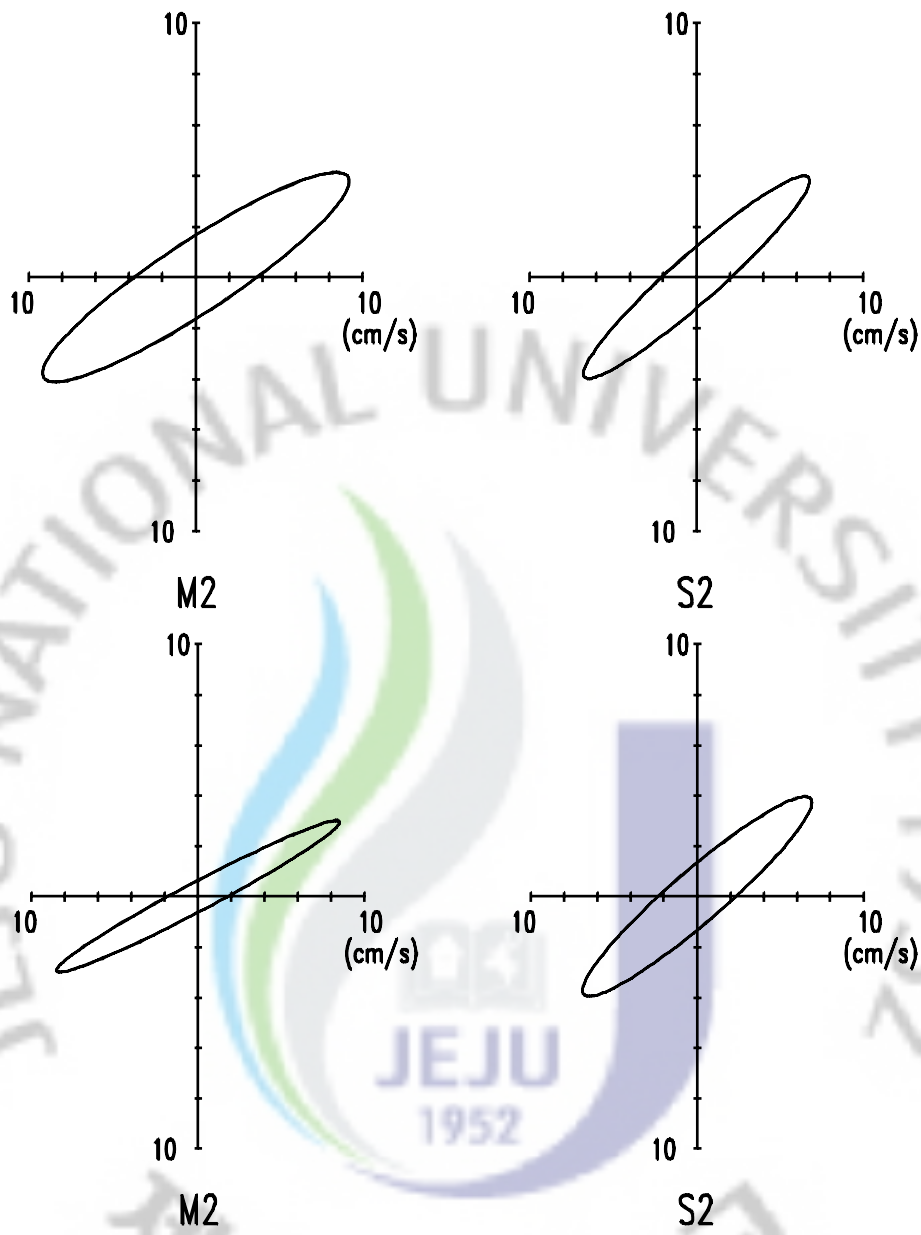


Fig. 2.4 Tidal ellipse at St. N-1 and St. N-2(양, 2006)

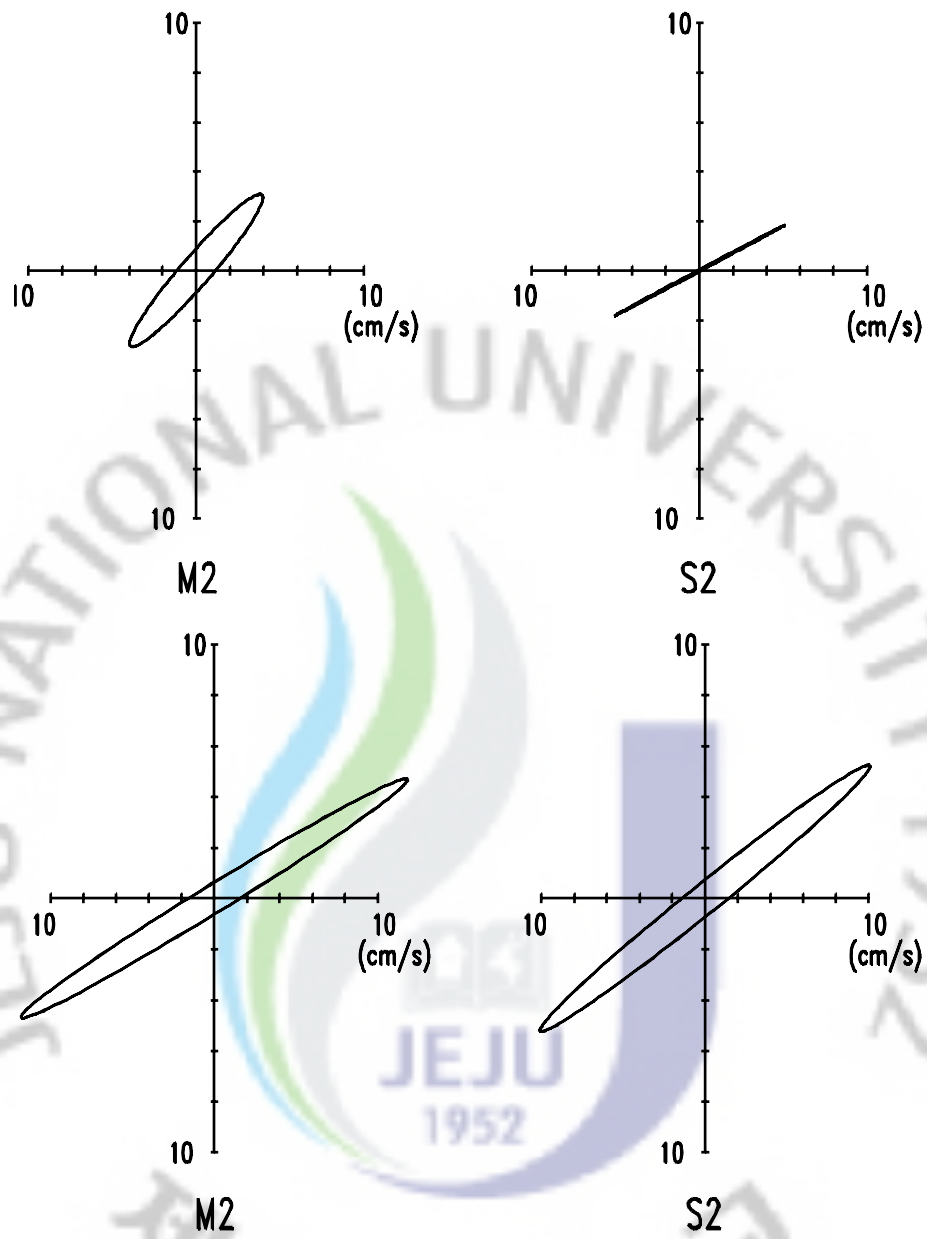


Fig. 2.5. Tidal ellipse at St. N-3 and St. N-4(양, 2006)

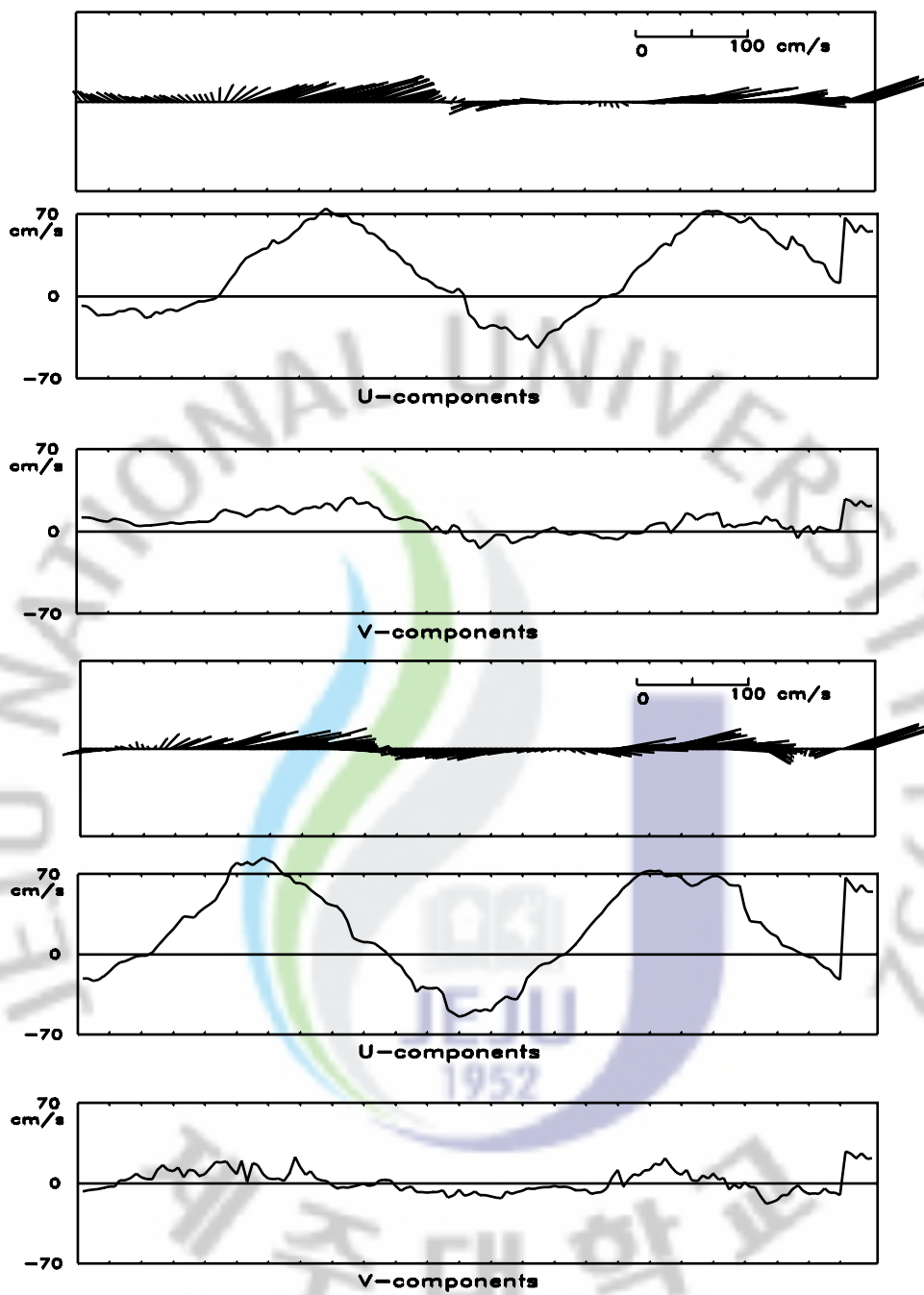


Fig. 2.6 Stick diagram and U-V components at St. N-1(upper) and St N-2(lower)

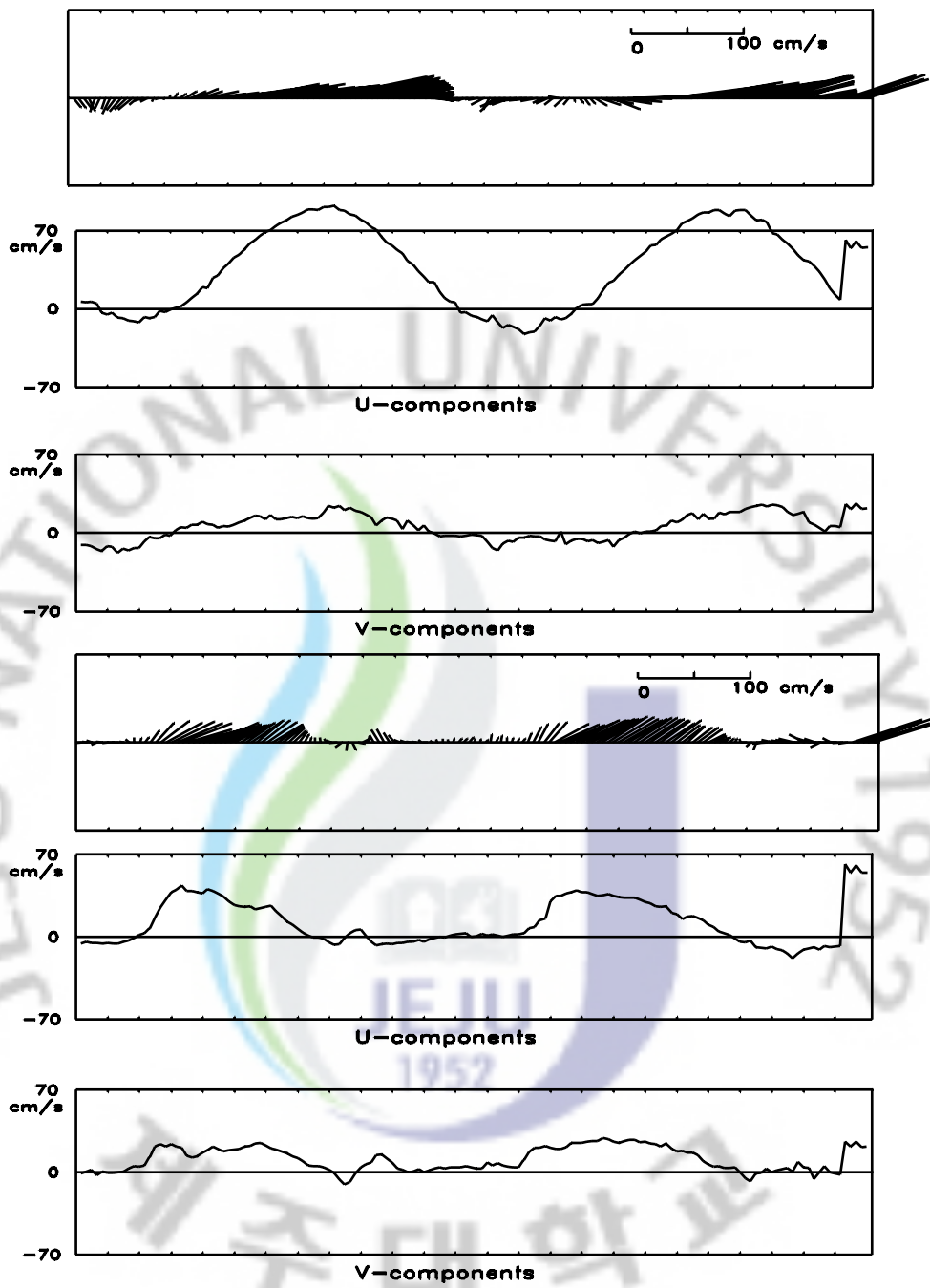


Fig. 2.7 Stick diagram and U-V components at St. N-3(upper) and St N-4(lower)

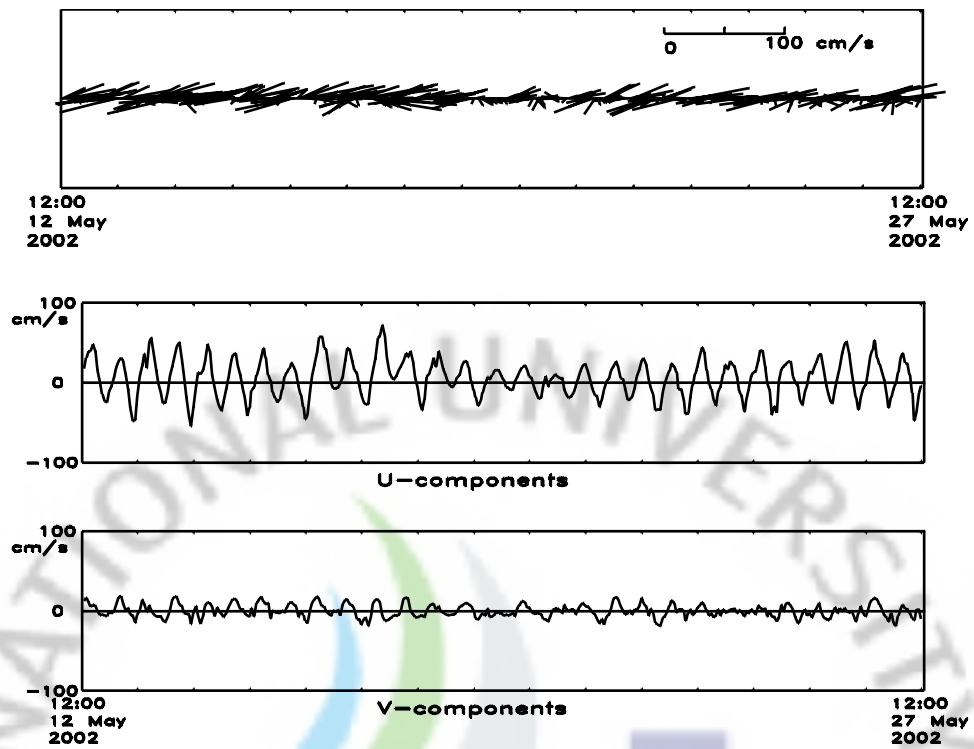


Fig. 2.8 Stick diagram and U-V components at St. N-5

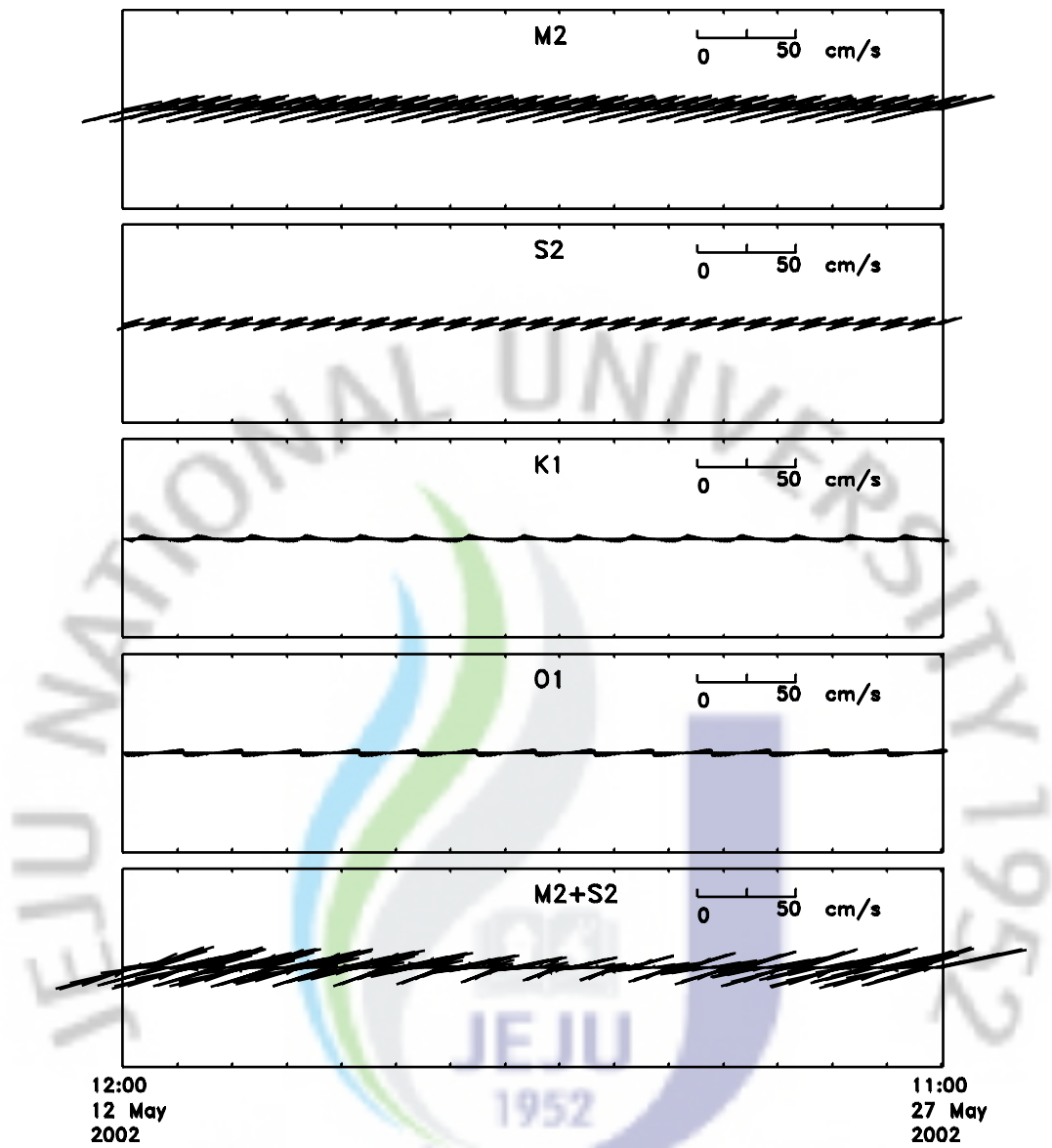


Fig. 2.9 Stick diagram of tidal ellipses at St. N-5

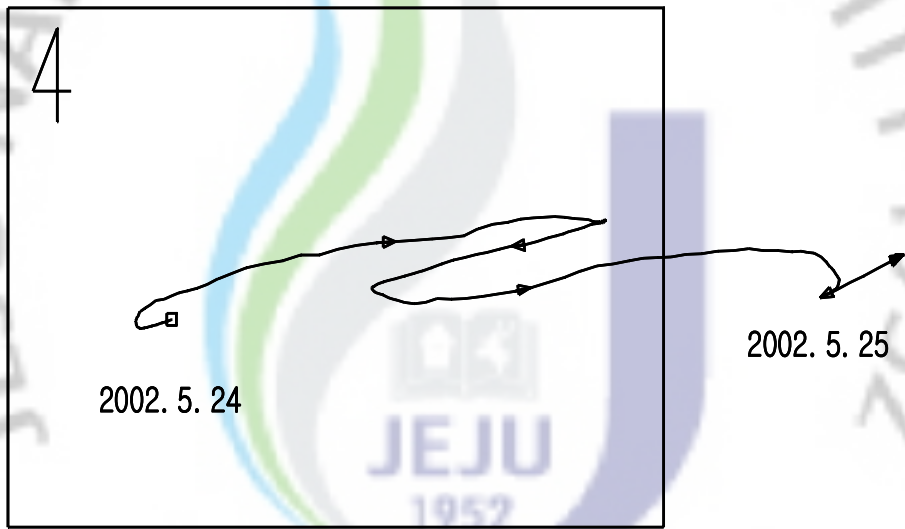
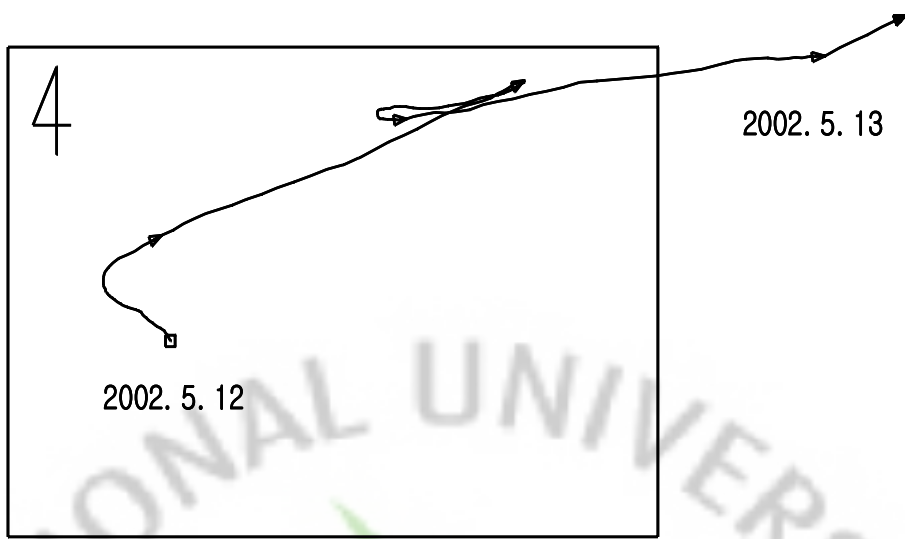


Fig. 2.10 Progressive vector at St. N-1(upper) and St.N-2(lower)

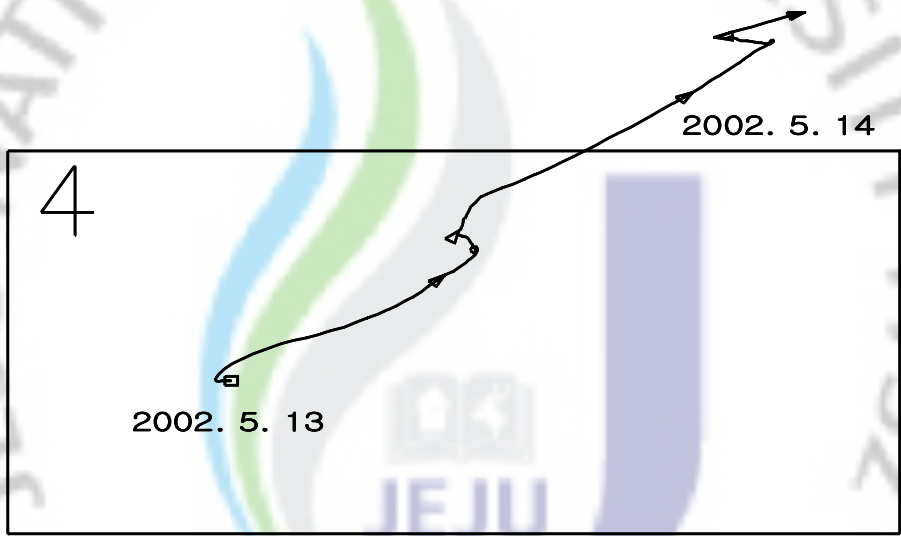
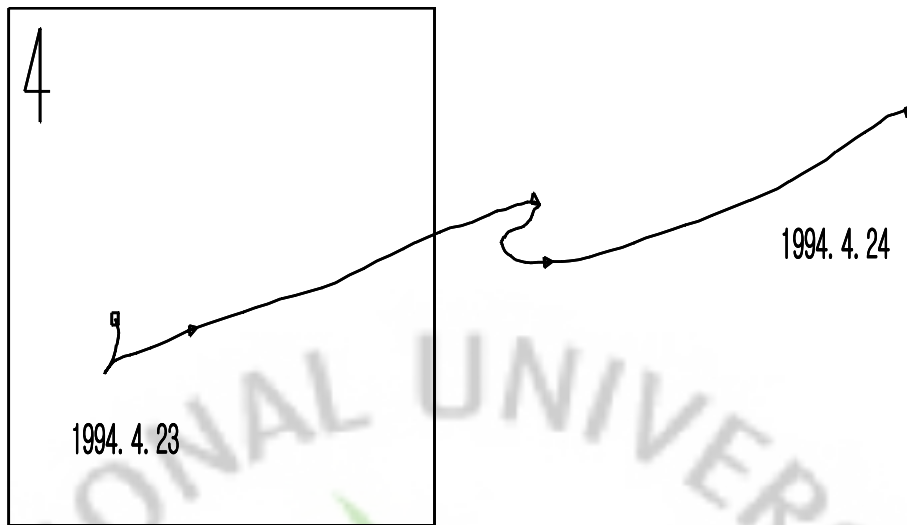


Fig. 2.11 Progressive vector at St. N-3(upper) and St.N-4(lower)

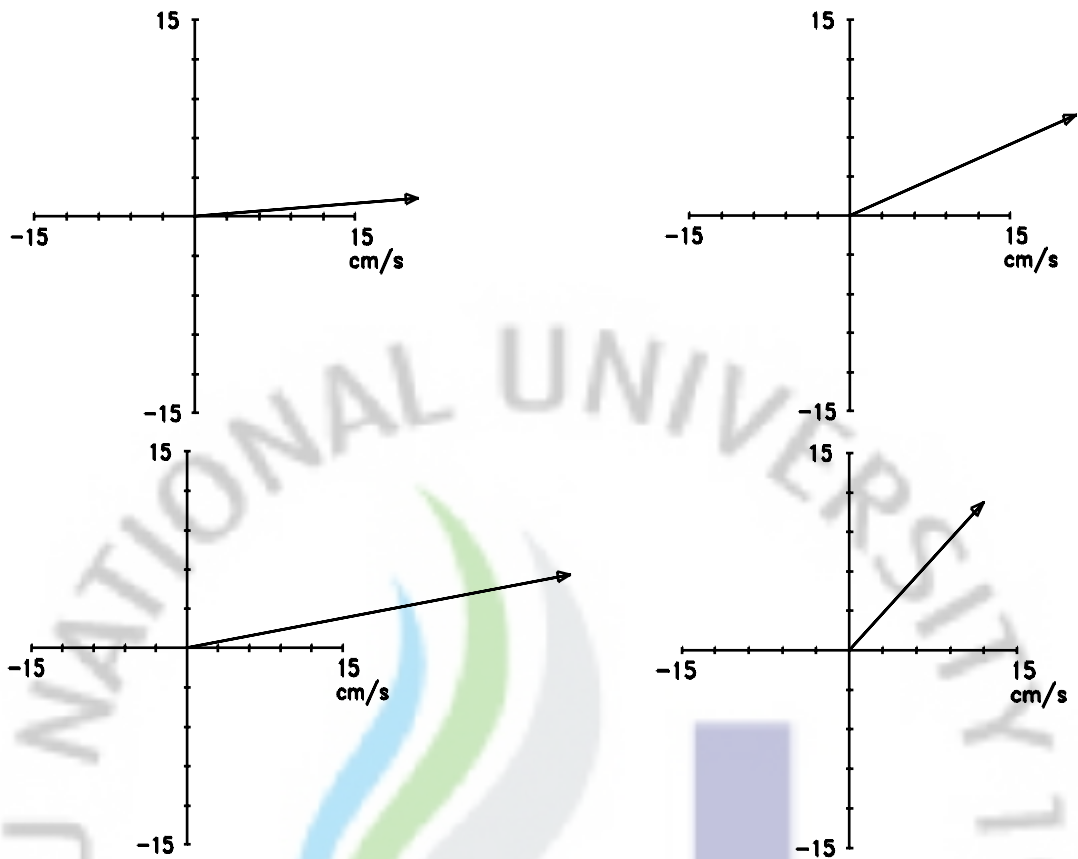


Fig. 2.12 Non-tidal current diagram at St. N-1(upper left), St. N-2 (upper right), St. N-3(lower left) and St. N-4(lower right)(양, 2006)

3. 현장관측

본 연구대상해역의 조류 및 파랑 관측은 Fig. 2.13의 정점 C1에서 RDCP(Recording Doppler CurrentProfiler)600을 이용하여 2007년 11월 ~ 2007년 12월까지 약 30일간 실시하였다.

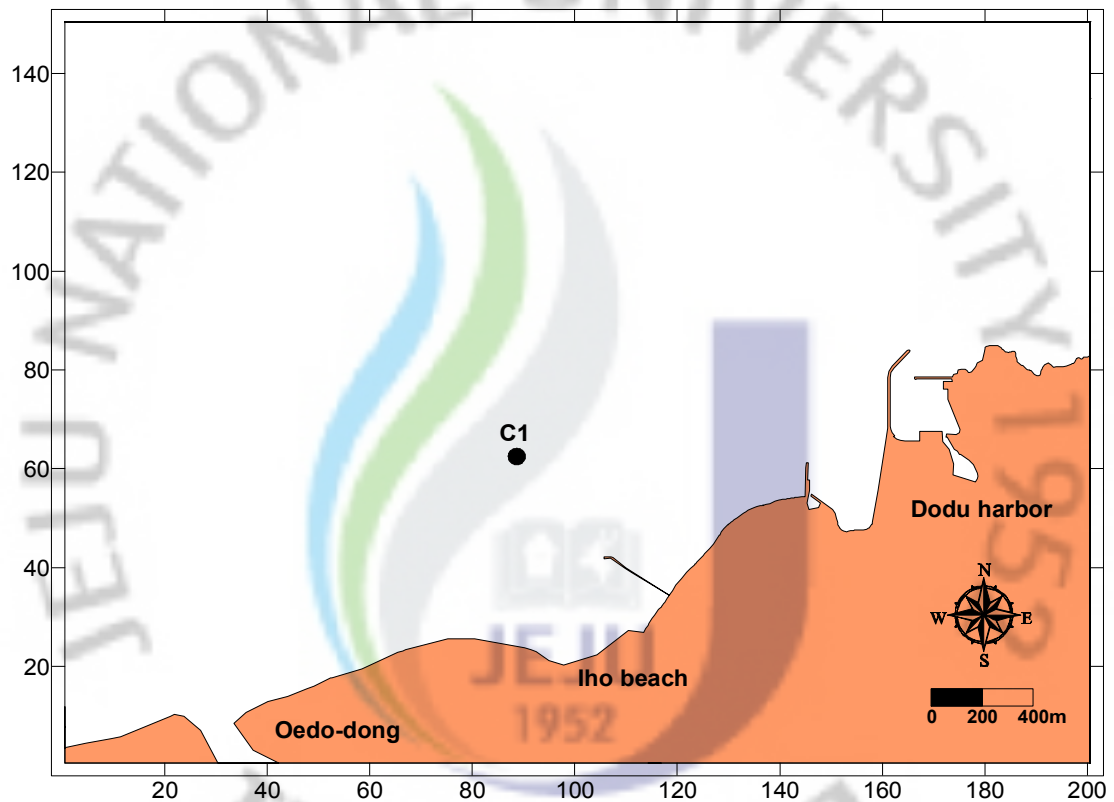


Fig. 2.13 Observation point of wave and current

1) 파랑 관측

(1) 파랑 관측 개요

이호해수욕장 입사 파랑의 제원을 알아보기 위하여 Fig. 2.13의 정점에서 RDCP(Recording Doppler CurrentProfiler)600을 사용하여 2007년 11월 ~ 12월에


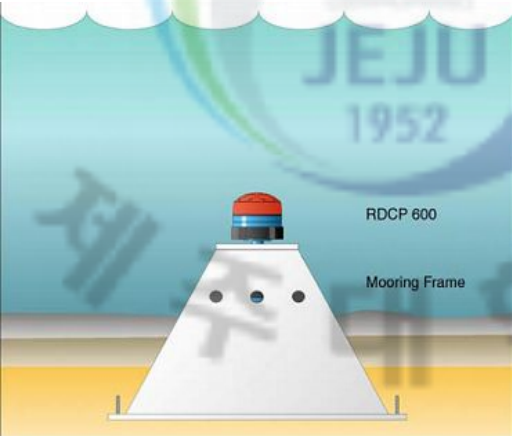
파고(H_s), 파향(θ) 및 주기(T_s)를 관측하였다. Table 2.3은 파랑 관측의 개요를 나타내고, Table 2.4는 RDCP600의 제원을 나타낸다.

관측점의 해저면 바닥에 RDCP600을 설치하고 20분 간격으로 자기기록하였고, RDCP 600에 내장된 파랑 스펙트럼분석 프로그램이 자동적으로 파고와 주기를 계산하여 DSU(Data Storage Unit)에 저장하며, 이 DSU내 관측자료를 P/C를 사용하여 독취한 다음 매 시별 파고(H_s)와 파향(θ) 및 주기(T_s)를 산출하였다.

Table 2.3 Characteristic of equipment and observation point and period

Observation point	Wave observation point	Wave observation period	Depth(m)	Observation equipment
C1	N33°31' 26" E126°27' 29"	2007. 11.3~12.10 (38일간)	D.L.(-) 18.0	Recording Doppler Current Profiler

Table 2.4 Recording Doppler Current Profiler(RDCP 600)of dimension

		항 목	파고(m)	파 향(°)	주기(s)
		관측 범위	0~25	0~360	0~20
		제작사	노르웨이 Aanderaa사		

(2) 파랑 관측 결과

Fig. 2.14는 관측 파랑의 시계열 특성을 나타내었다. 관측자료는 탁월파향이 NNW 계열로 나타났다.

Table 2.4~ Table 2.6은 파랑자료를 이용하여 파향별 파고 발생빈도, 파향별 주기 발생빈도, 주기별 파고 발생빈도를 나타낸 표이다. Table 2.4의 파향별 파고 발생빈도를 살펴보면, 빈도가 가장 높은 경우는 NNW 계열 중 1.5~2.0m의 파고가 출현하는 경우로서 출현빈도는 10.8%로 나타났고 그 다음은 N 계열의 파향에서 0.5~1.0m의 파고가 입사하는 경우로서 10.2%의 출현빈도가 나타나며, NNE 계열에서는 파고 0.5~1.0m가 9.7%의 출현빈도를 보인다. Table 2.5의 파향별 주기별 발생빈도를 살펴보면, NNW 계열의 파향에서 4~5s의 주기를 가진 파가 23.1%로 가장 높은 발생빈도를 보이고, 동일한 주기계급에서 N 계열의 파랑 출현빈도가 18%, 그 다음으로 NW 계열의 파랑의 출현빈도가 17%로 나타남을 볼 수 있다. 한편, Table 2.6의 주기별 파고계급별 발생빈도에서 가장 높은 발생빈도를 보이는 파랑은 주기가 4~5s의 경우에 파고가 0.5~1.0m인 파로서 출현빈도가 36.3%이고, 동일한 주기에서 파고가 1.0~1.5m인 파의 출현빈도가 23.3%, 그 다음으로 동일한 주기에 파고가 1.5~2.0m인 파의 출현빈도가 21.4%로 나타났다.

파향, 파고, 주기를 각각 살펴보면 NNW 계열의 파향이 전체 파랑의 27.3%, S 계열의 파향이 21%, SE 계열의 파향이 18.3%로 NNW, N, NW 계열의 출현빈도가 전체파랑의 66.6%를 차지한다. 파고는 0.5~1.0m의 파가 전체 파랑의 45.9%의 출현빈도를 보이고, 1.0~1.5m의 파랑이 26.4%, 1.5~2.0m의 파랑이 21.9%로 1.0~2.0m인 파가 전체파랑의 94.2%를 차지한다. 또한, 4~5s의 주기를 가진 파가 83.9%의 발생빈도를 보이고, 5~6s의 주기를 가진 파가 10.2%로서 전체파랑의 94.1%를 차지한다.

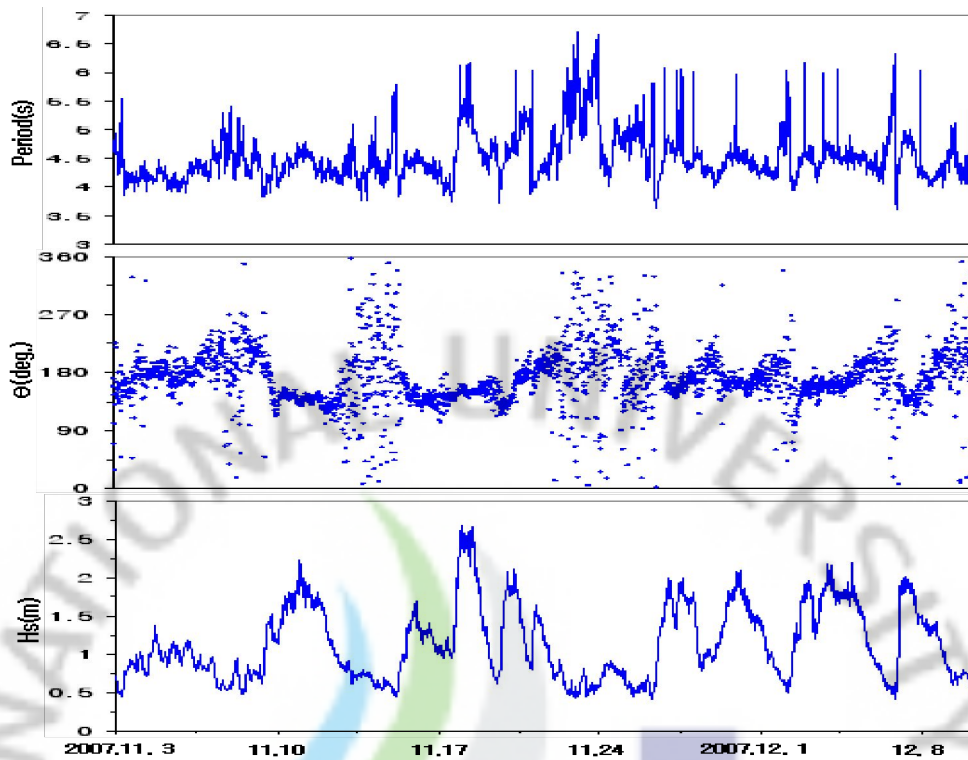


Fig. 2.14 Time series of significant wave observation data

Table 2.5 Frequency of occurrence between wave height and wave direction

Wave height	Wave direction															SUM	
	N	NN W	NW	WN W	W	WS W	SW	SS W	S	NN W	SE	ESE	E	ENE	NE		NNE
0.0~ 0.5	0.3	0.5	0.1	0.2	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	2.2
0.5~ 1.0	10.2	6.6	3.8	1.8	1.0	0.7	0.5	0.5	0.4	0.4	0.5	0.6	1.3	2.0	5.9	9.7	45.9
1.0~ 1.5	7.8	6.6	6.0	1.2	0.3	0.1	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.6	3.5	26.4
1.5~ 2.0	2.8	10.8	7.6	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	21.9
2.0~ 2.5	0.0	2.4	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.1
2.5~ 3.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4
3.0~ 3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SUM	21.0	27.3	18.3	3.4	1.3	0.8	0.7	0.5	0.4	0.4	0.6	0.7	1.5	2.3	6.7	14.0	100.0

Table 2.6 Frequency of occurrence between wave height and wave period

Wave period	Wave direction																SUM
	N	NN W	NW	WN W	W	WS W	SW	SS W	S	NN W	SE	ESE	E	ENE	NE	NNE	
0~1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1~2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2~3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3~4	0.7	0.9	0.6	0.1	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.2	0.3	0.7	4.1
4~5	18.0	23.1	17.0	2.8	0.9	0.5	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	1.0	1.4	5.3	12.0	83.9
5~6	1.9	2.7	0.6	0.5	0.1	0.2	0.3	0.2	0.0	0.1	0.1	0.2	0.4	0.6	1.0	1.1	10.2
6~7	0.3	0.5	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.2	0.2	1.8
7~8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SUM	21.0	27.3	18.3	3.4	1.3	0.8	0.7	0.5	0.4	0.4	0.6	0.7	1.5	2.3	6.7	14.0	100.0

Table 2.7 Frequency of occurrence between wave height and wave period

Wave height	Wave period								SUM
	0~1	1~2	2~3	3~4	4~5	5~6	6~7	7~	
0.0~ 0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	1.0	0.1	0.0	2.2
0.5~ 1.0	0.0	0.0	0.0	1.5	36.3	7.0	1.1	0.0	45.9
1.0~ 1.5	0.0	0.0	0.0	2.5	23.3	0.5	0.1	0.0	26.4
1.5~ 2.0	0.0	0.0	0.0	0.1	21.4	0.1	0.2	0.0	21.9
2.0~ 2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	1.2	0.2	0.0	3.1
2.5~ 3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.4
3.0~ 3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SUM	0.0	0.0	0.0	4.1	83.9	10.2	1.8	0.0	100.0

2) 조류 관측

(1) 조류 관측 개요

연구대상해역의 조류특성을 규명하고 해수유동 실험의 검증자료로 활용하기 위하여 Fig. 2.13의 정점에서 RDCP(Recording Doppler CurrentProfiler)600을 사용하여 2007년 11월~12월에 조류관측을 실시하였다. 연속조류 관측은 38일간 해저면 바닥에 RDCP600을 Mooring frame으로 고정시켜 각 층별 조류를 관측하였으며, 매 20분 간격으로 유향과 유속을 자기 기록하였다. Table 2.7은 조류 관측의 개요를 나타내고, Table 2.8은 RDCP600의 제원을 나타낸다.

Table 2.8 Characteristic of equipment and observation point and period

Observation point	Current observation point	Current observation period	Depth(m)	Observation equipment
C1	N33°31 ' 26 " E126°27 ' 29 "	2007. 11.3~12.10 (38일간)	D.L.(-) 18.0	Recording Doppler Current Profiler

Table 2.9 Recording Doppler Current Profiler(RDCP 600)of dimension

		항 목	유속(m/s)	유 향(°)
		관측 범위	0~500	0~360
제작사	노르웨이 Aanderaa사			

(2) 조류 관측 결과

이호해수욕장을 포함한 이호해수욕장 부근해역의 해수유동 양상을 파악하기 위하여 Fig. 2.13의 관측지점에서 Table 2.2에 제시한 관측기간의 유속 및 유향 자료를 분석하였다. 분석된 항목은 30일간 데이터를 이용하여 각 정점의 조류분산도, Progressive Vector, Stick Diagram, 출현율도 나타내었다.

Fig. 2.15는 각 층별에서의 조류분산도를 나타내고 있으며, Fig. 2.16~Fig. 2.18은 각 층별에서의 유속 Stick diagram 및 U, V성분을 나누어 나타낸 것이다. Fig. 2.19는 각 층별에서 유향의 발생빈도를 나타낸다.

이호해수욕장 및 이호해수욕장 연안해역의 해조류는 북동동류~남서서류의 흐름이 지배적으로 나타난다. 표층에서는 동서성분뿐 아니라 남북성분의 흐름도 보이고 있어 바람의 영향으로 인한 결과라고 사료되어진다.

Fig. 2.16~Fig. 2.18은 30일간 자료의 U-V 성분도와 Stick diagram을 나타내고 있다. 중층에서의 평균유속은 19.2cm/s, 최대유속은 57.6cm/s로 흐름이 가장 강하게 나타났고, 표층에서의 평균유속은 13.4cm/s, 최대유속은 52.2cm/s로 나타났으며, 저층에서는 평균유속이 16.1cm/s, 최대유속은 44.5cm/s로 나타났다.

Fig. 2.19는 각 층별에서 유향의 발생빈도를 나타내고 있다. 표층에서는 W 계열의 흐름이 21.3%를 차지하고 WSW 계열의 흐름이 11.7%를 차지하고 있다. 중층에서는ENE 계열의 흐름이 35.2%, WSW 계열의 흐름이 27.6%의 출현빈도를 나타낸다. 저층에서는 ENE 계열의 흐름이 26.9%의 출현빈도를 보이고, WSW 계열의 흐름이 22.8%의 발생빈도를 나타낸다. 유향의 출현빈도를 종합하여 분석한 결과 북동동류~남서서류의 흐름이 탁월하게 나타난다.

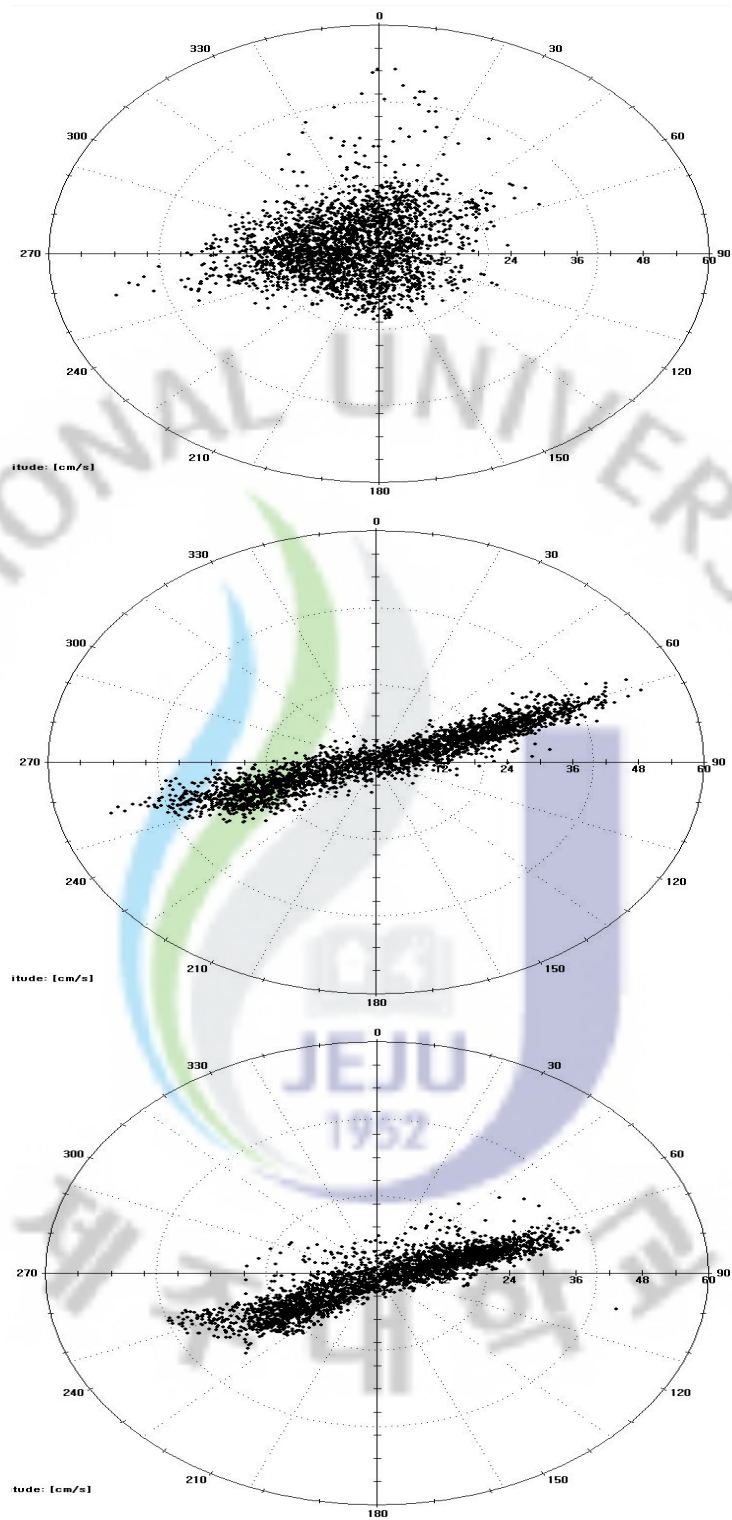


Fig. 2.15 Vector diagram of tidal current served surface level(upper), middle level(middle),bottom level(lower) in C1

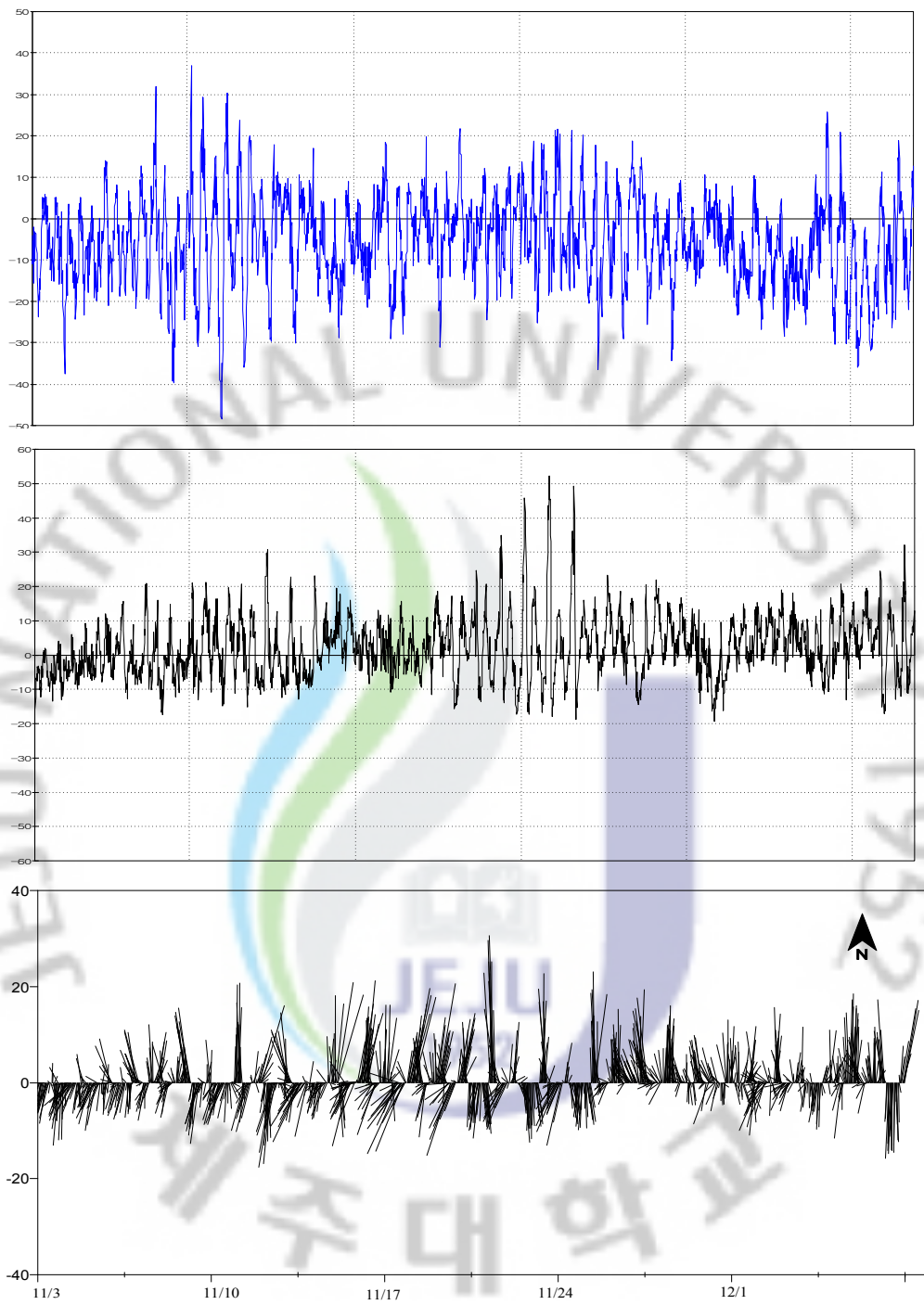


Fig. 2.16 U-V components and stick diagram at C1(surface level)

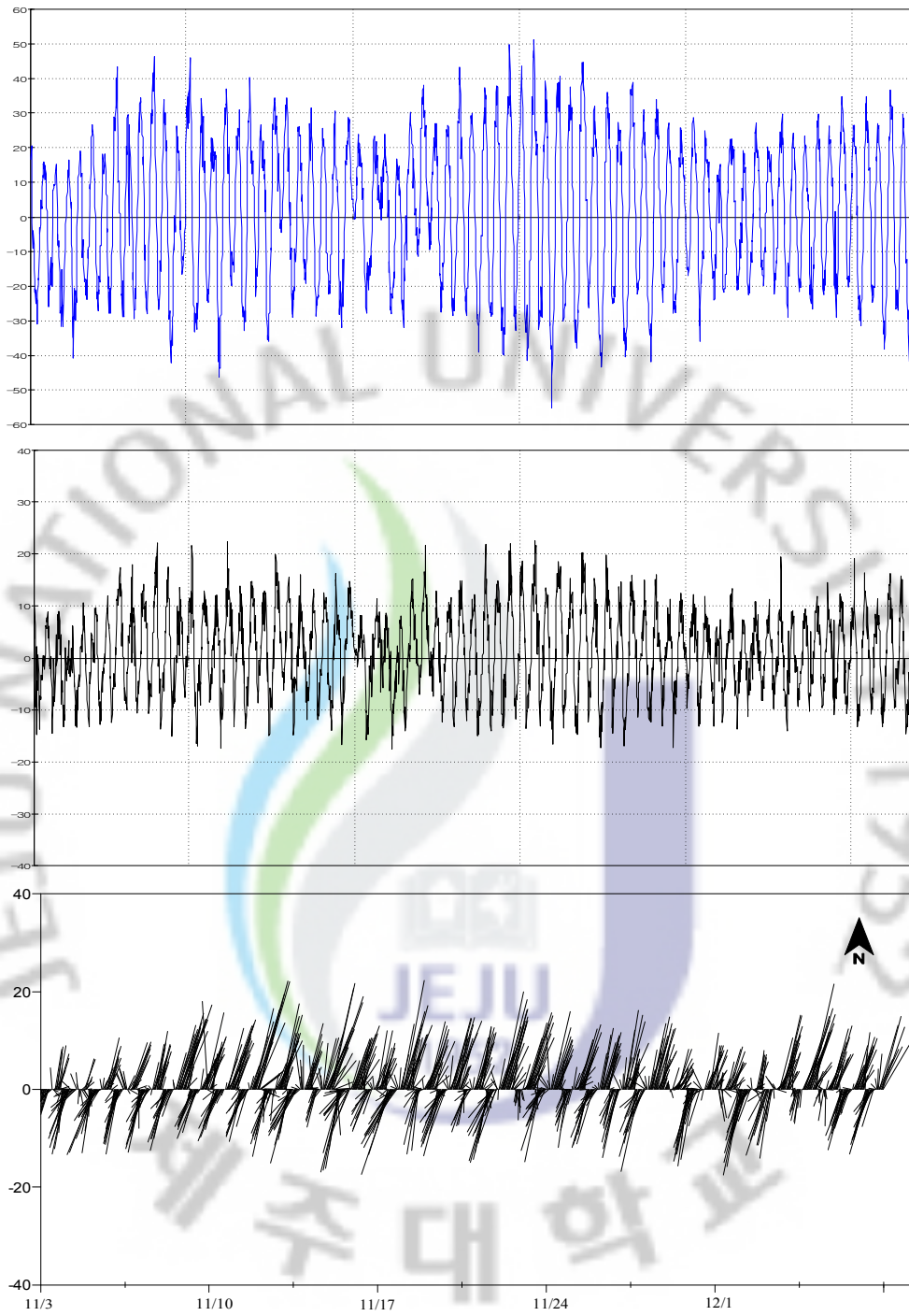


Fig. 2.17 U-V components and stick diagram at C1(middle level)

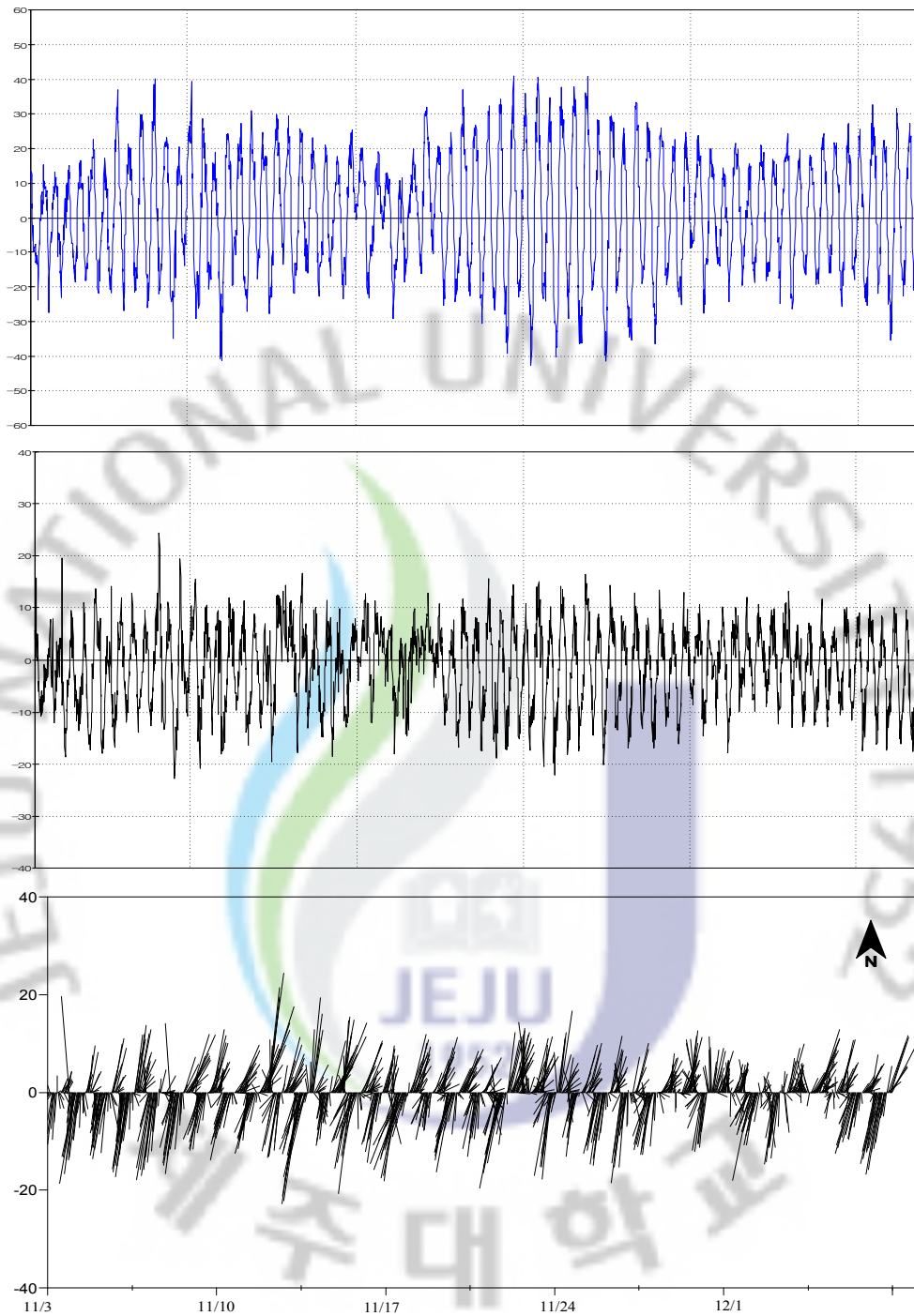


Fig. 2.18 U-V components and stick diagram at C1(bottom level)

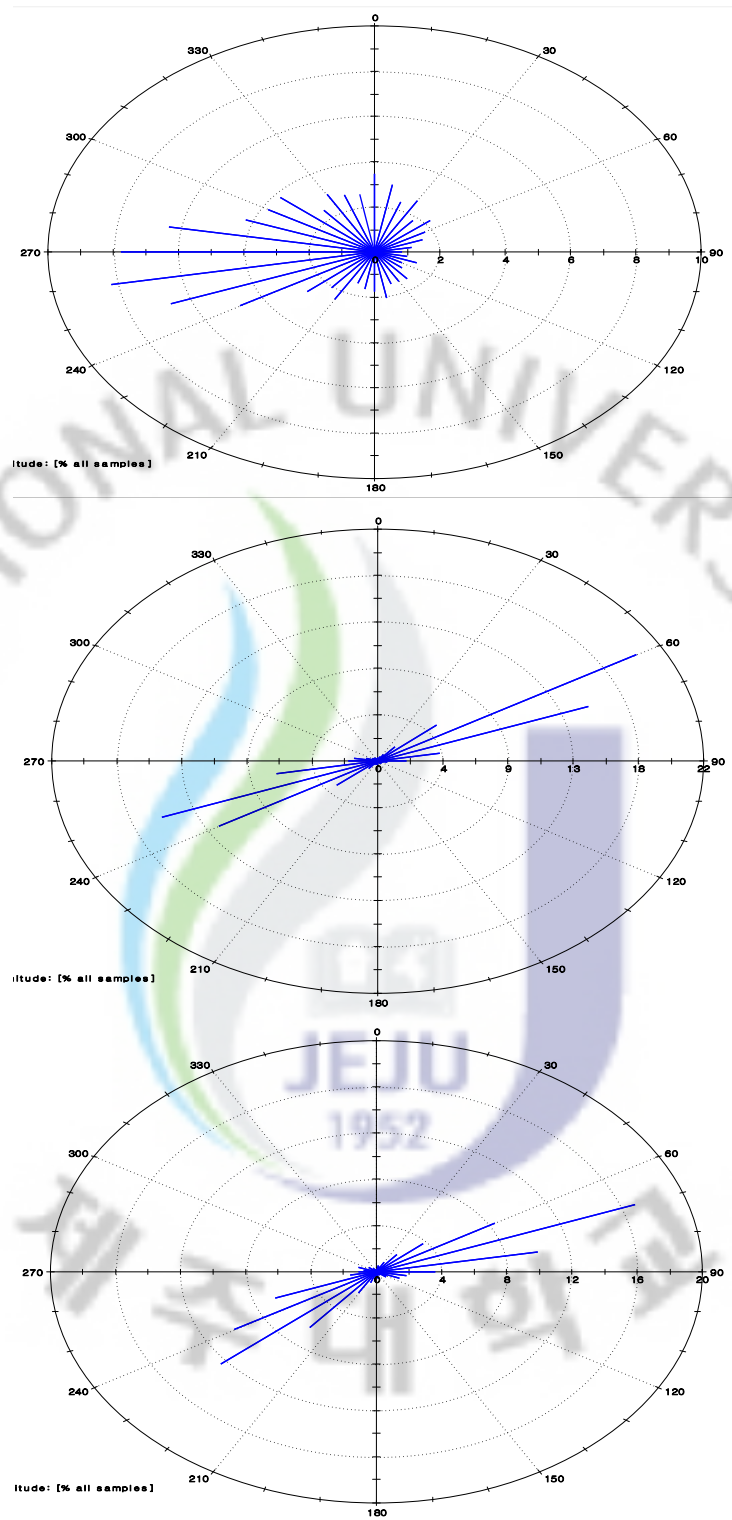


Fig. 2.19 occurrence frequency of current direction

III. 해수유동 수치모형(DIVST)

1. 해수유동 수치모형의 개요

본 연구에 사용된 해수유동 수치모형은 Falconer(1986)에 의하여 개발된 DIVAST(Depth Integrated Velocity And Solute Transport)를 이용하여 해석하였으며, 이 모형은 수심 적분된 Navier-Stokes 방정식을 유한차분법에 의하여 해석하는 모형이며, 모형의 개요는 다음과 같다.

기본방정식은 식(3.1)부터 식 (3.3)까지의 연속 방정식과 x 및 y방향의 운동량 방정식으로 구성된다. 여기서, 이류항은 조류의 연직방향 속도분포를 고려하기 위하여 에너지 보정계수 β 를 도입하였으며, 지구자전으로 인한 편향력(Coriolis force), 해면에서의 바람응력을 고려할 수 있는 항을 추가하였으며, 저면마찰응력은 저면의 조도와 수심 및 난류에 의한 Reynolds수를 고려하여 저면마찰계수를 평가 할 수 있는 Chezy의 저면마찰계수를 사용하였다. 또한, 운동량확산은 주류와 직각방향으로의 운동량의 확산인 전단확산(shear dispersion)을 고려할 수 있도록 항을 추가하였으며, 이때 수심평균된 와동점성계수 ϵ 은 개수로에서 1차원 정상·등류에 대한 실험자료를 이용하여 평가된 식을 사용하였다.

-연속방정식

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial UH}{\partial x} + \frac{\partial VH}{\partial y} = 0 \quad (3.1)$$

-x방향 운동량방정식

$$\begin{aligned} \frac{\partial UH}{\partial t} + \beta \left(\frac{\partial U^2 H}{\partial x} + \frac{\partial UVH}{\partial y} \right) - fVH + gH \frac{\partial \eta}{\partial x} \\ - \frac{\rho_a c^* W_x \sqrt{W_x^2 + W_y^2}}{\rho} + \frac{gU \sqrt{U^2 + V^2}}{C^2 H^{\frac{1}{3}}} \\ - \epsilon H \left(2 \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial x \partial y} \right) = 0 \end{aligned} \quad (2.2)$$

-y방향의 운동량방정식

$$\begin{aligned} \frac{\partial VH}{\partial t} + \beta \left(\frac{\partial UVH}{\partial x} + \frac{\partial V^2 H}{\partial y} \right) + fUH + gH \frac{\partial x}{\partial y} \\ - \frac{\rho_a c^* W_y \sqrt{W_x^2 + W_y^2}}{\rho} + \frac{gV \sqrt{U^2 + V^2}}{C^2 H^{\frac{1}{3}}} \\ - \epsilon H \left(2 \frac{\partial^2 V}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial x \partial y} \right) = 0 \end{aligned} \quad (2.3)$$

여기서, x, y : 2차원 직교좌표

t: 시간

H: 전수심 (h + η)

h: 수심

η: 해면변위

U, V : 수심평균한 x, y 방향유속

g : 중력가속도

f : Coriolis 계수 ($2\omega\sin\psi$)

P_a : 대기의 밀도 ($1.25\text{kg}/\text{m}^3$)

C^* : 해면마찰계수 (0.0026)

W_x, W_y : 풍속의 x, y 방향 성분

ρ : 해수밀도 ($1,026 \text{ kg}/\text{m}^3$)

C : chezy의 저면마찰계수

$$C = \sqrt{\frac{2g}{f_b}} = -\sqrt{32g} \log_{10} \left[\frac{k_s}{14.84H} + \frac{1.225C}{(4uH/v)\sqrt{2g}} \right]$$

f_b : Darcy-Weisbach 저항계수

k_s : 조도 높이

$\frac{4uH}{v}$: Channel Reynolds Number

$$u = \sqrt{U^2 + U^2}$$

$$\beta: \text{에너지 보정계수} (\beta = \frac{1}{U^2 h} \oint_A u^2 dA)$$

β : 1.016(속도분포의 1/7승칙)

$$\beta = [1 + \frac{g}{C^2 x^2}]$$

κ : von Karman 상수(=0.4)

ϵ : 수심평균된 와동점성계수

$$\epsilon = COED \frac{\sqrt{g}}{C} \sqrt{u^2 + v^2} H$$

COED: 현장에 따라 달라지는 상수(0.15 ~ 100)

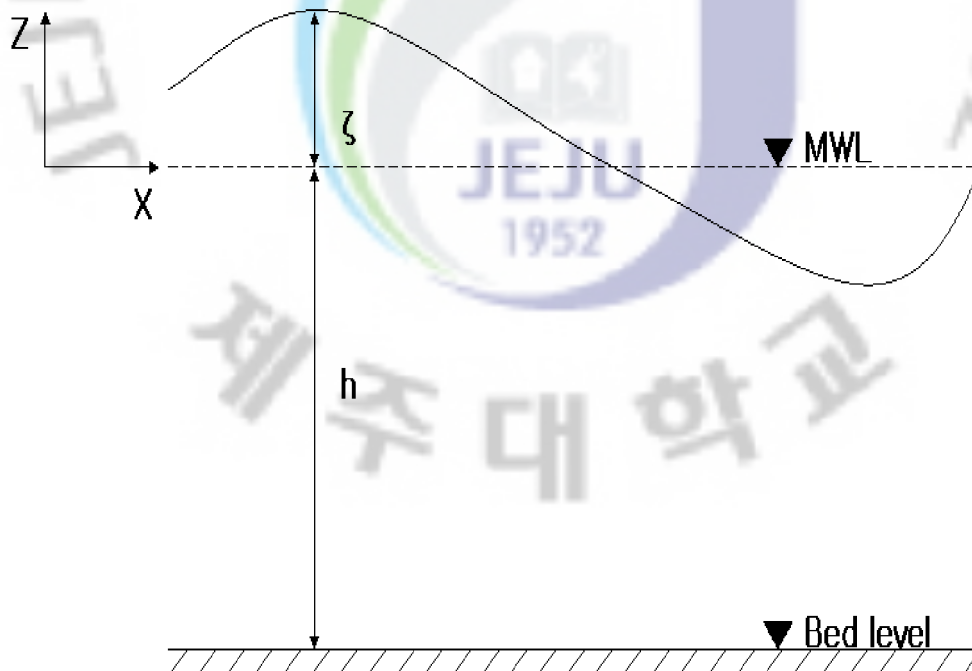


Fig. 3.1 Coordinate system for depth integrated equations

본 모델은 ADI법에 의한 유한차분모델로서 기본방정식의 모든 항들을 공간 및 시간에 대하여 중앙차분을 취하고 삼중대각행렬을 구성하여 Gauss 소거법에 의하여 계산하였으며 공간적으로는 엇갈림 격자체계(staggered grid scheme)를 사용하고 있다. 비선형 이류항은 수치계산상의 효율을 높이기 위하여 음해법으로 반복계산하여 차분방정식을 풀게 되므로 계산시간간격 Δt 는 CFL 조건에 의한 Courant 수를 일반적인 ADI법에 의한 값보다 2배 이상 크게 잡아도 안정된 수치해를 얻을 수 있는 장점을 갖고 있다.

$$\Delta t \leq 8 \frac{\Delta x}{\sqrt{gh_{\max}}} \quad (3.4)$$

여기서, Δx 는 계산격자간격, h_{\max} 는 계산영역에서 최대수심이다.

한편, 계산영역은 육지부, 해상부의 폐경계, 하천이나 외해와 접한개경계 및 조석간만의 차로 인한 간석지 등과 같은 영역으로 나뉘게 되는데, 본 모델에서는 간석지에서 수위변화로 인한 경계의 이동이 가능하도록 되어 있으며, 개경계에서는 유속이나 수위에 의한 제어가 선택적으로 가능하도록 되어있다. 본 연구에 사용된 DIVAST 모델은 세계적으로 널리 사용된 바 있는 범용모델로서 국내에는 Lee et al.(1995), 이·박(1995)에 의하여 가막만 등의 현지에 적용되어 사용된 바가 있다. Fig. 3.2는 DIVAST 모델의 계산 흐름도를 나타낸다.

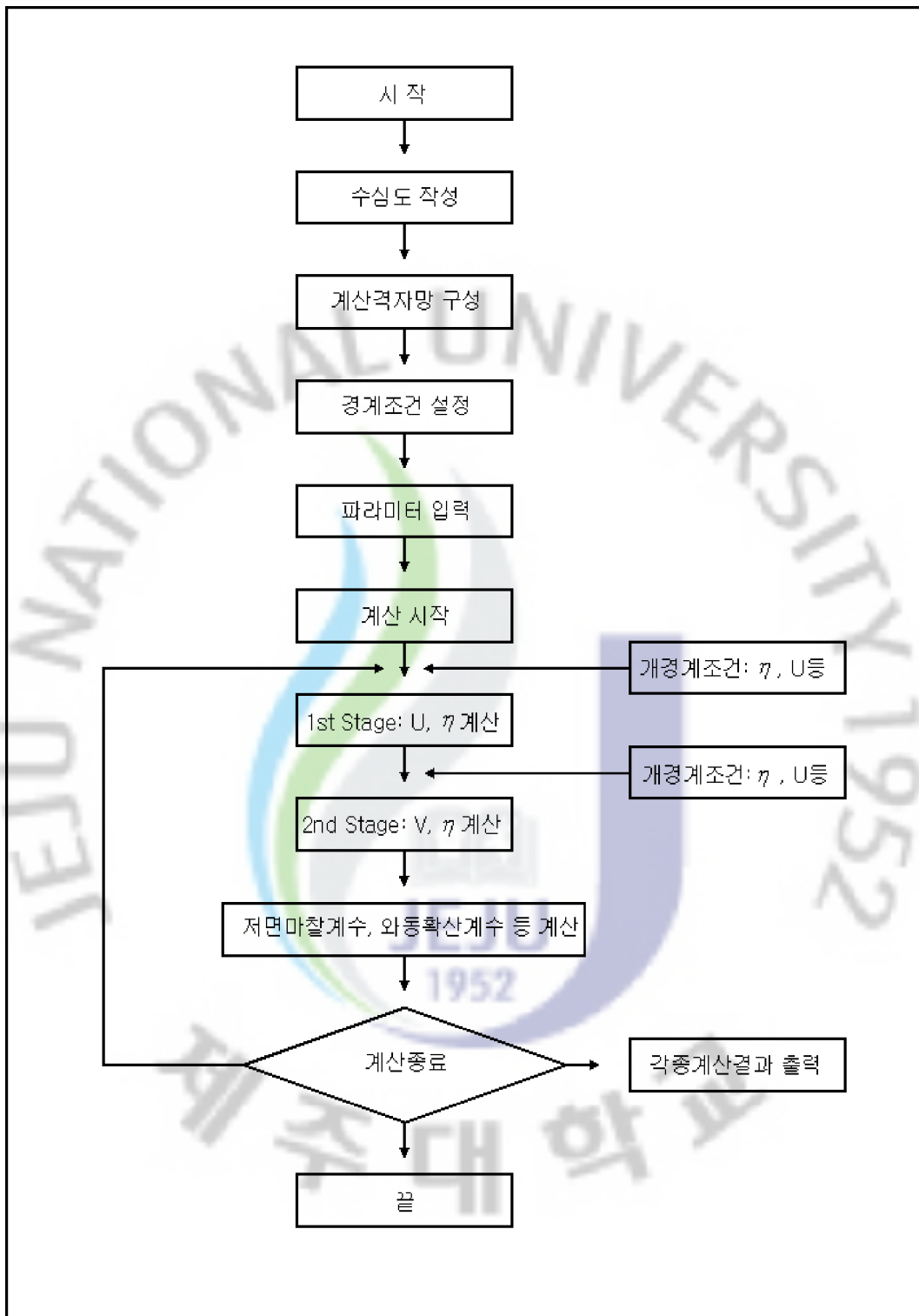


Fig. 3.2 Flow chart of the DIVST

2. 광역 수치시물레이션

1) 계산격자망 및 수심도

본 연구를 위한 광역 수치시물레이션의 계산영역은 국립해양조사원(NORI)에서 발행한 제주도 및 제주북부 수치해도 No.235와 No.248을 이용하여 계산격자망을 구성하였다. 수치계산의 격자간격은 $\Delta x = \Delta y = 250m$ 의 정격자망을 사용하였다. 계산격자망은 x 축 방향인 동서방향으로 120개의 격자와 y 축 방향인 남북방향으로 80개의 격자망을 갖춘 $30.0km \times 20.0km$ 로 설정하였으며, Fig. 3.3은 수치계산의 계산격자망을 나타내고, Fig. 3.4는 수심도를 나타내며, Fig. 3.5는 계산영역의 3차원 해저지형도를 나타낸다.

본 연구대상해역은 제주도 북부해역에 위치하고 있으며 이호해수욕장을 중심으로 좌측으로는 애월읍 고내리, 우측으로는 조천읍이 조천리가 위치하고 있다. 이호해수욕장 부근에서는 20m 내외의 수심분포를 나타내고 있으며, 외해쪽으로 갈수록 깊어져 최대수심은 약 143m정도를 보이고 있다

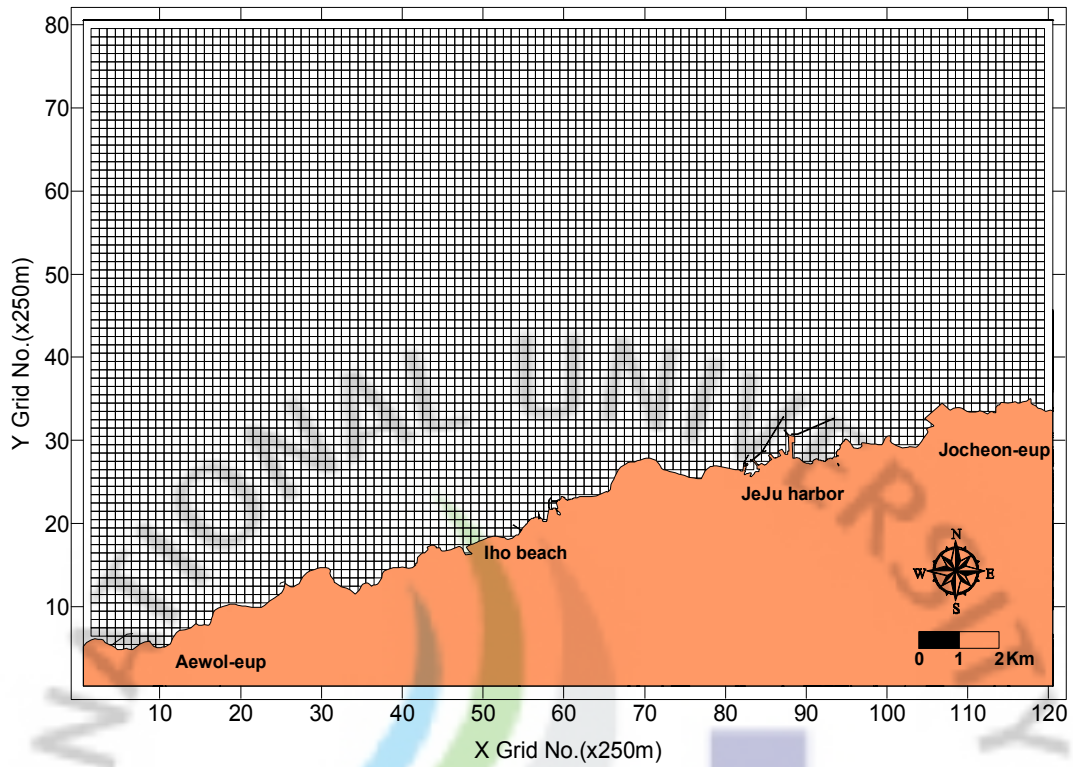


Fig. 3.3 Computational grid system

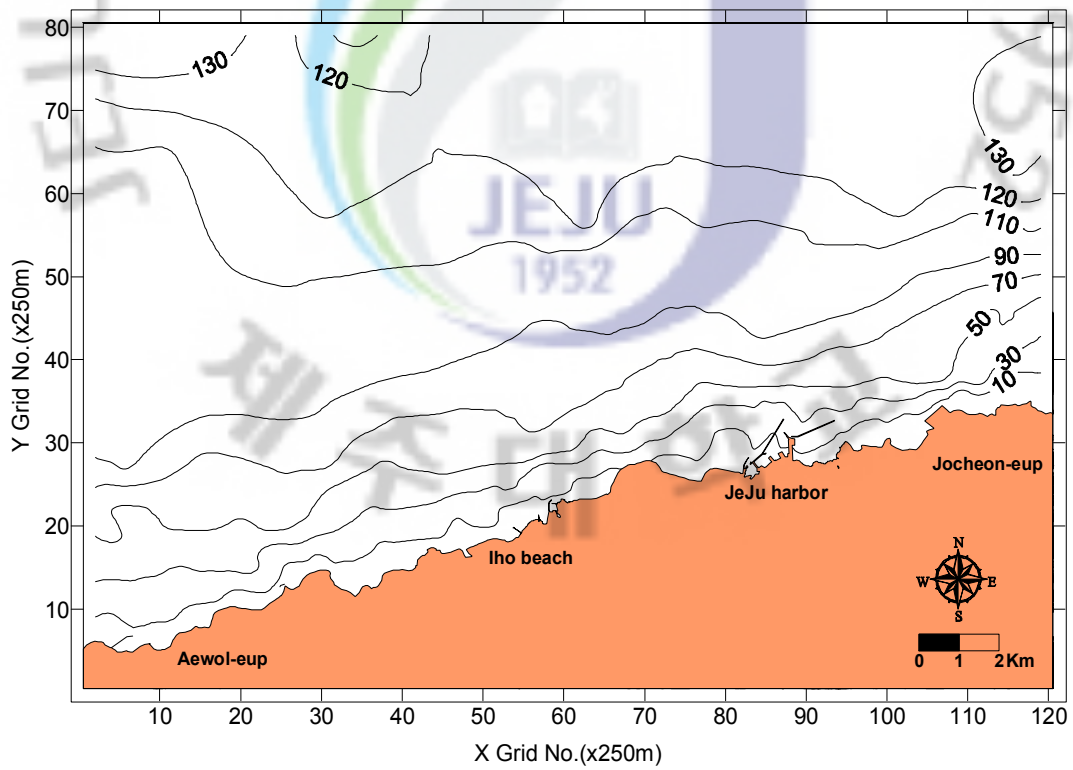


Fig. 3.4 Map of water depth below datum level

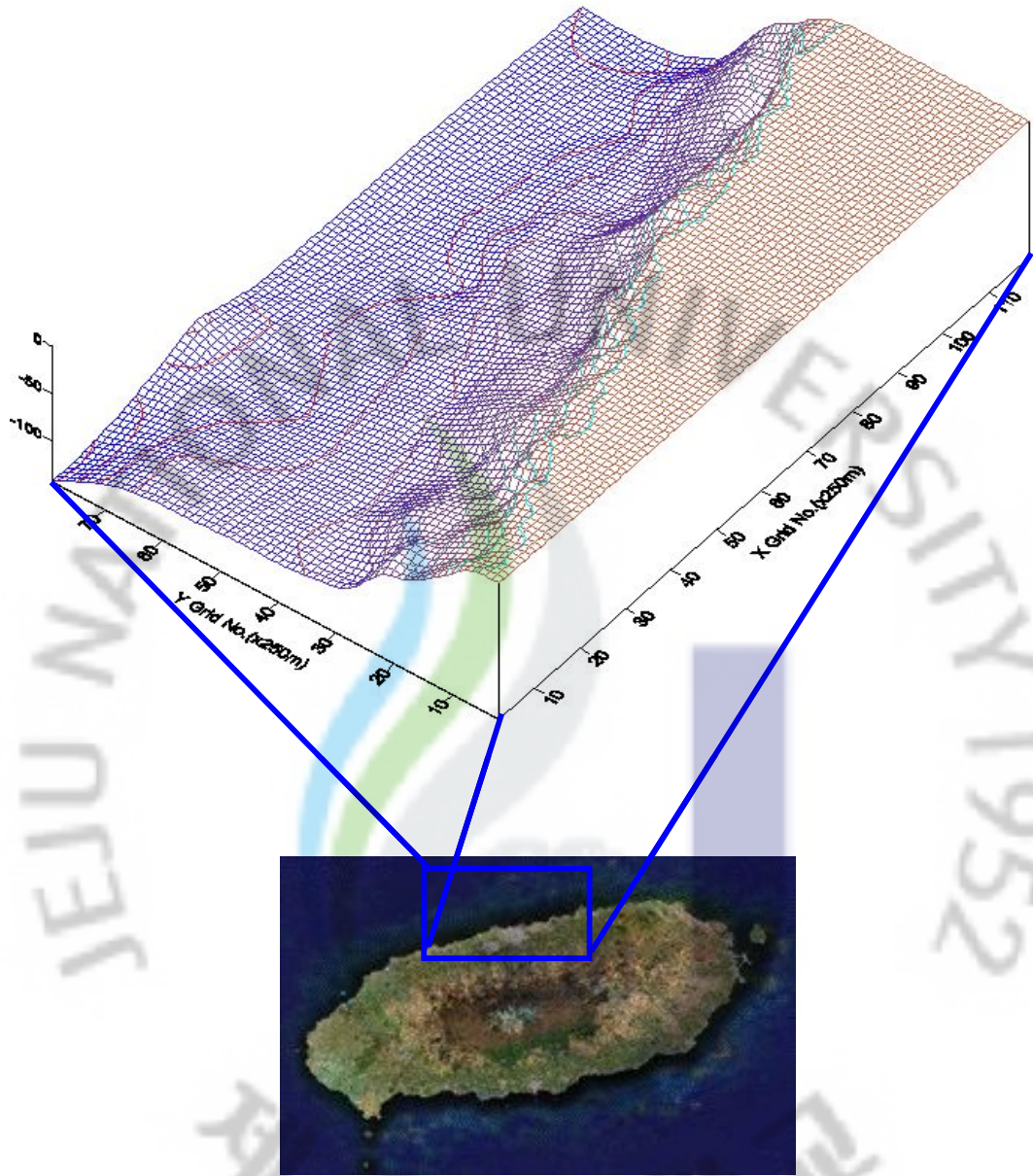


Fig. 3.5 Three dimensional bottom topography of wide area

2) 경계조건 및 주요입력자료

(1) 경계 조건

계산영역에서 주요 해수유동 성분은 조류이므로, 대상해역의 조류를 재현하기 위하여 개경계에서 조위는 기존의 관측자료가 존재하는 제주항의 성과표와 관측 지점 St. N-5의 실제관측 기록을 참고하여 주요 4대분조인 M_2, S_2, K_1, O_1 분조의 반조차와 지각을 시산법을 통해 보간하여 산정한 결과를 조석경계조건으로 하였다. 또한 본 경계조건에 대한 검증 및 외해경계조건의 산정을 위하여 기존의 연구성과물 및 관련 논문을 근거로 하여 시행착오적으로 조위를 주고 제어하였다.

Table 3.1 Tidal harmonic constants at the open boundary

Location	Harmonic costants							
	M2		S2		K1		O1	
	amplitude (cm)	phase (°)	amplitude (cm)	phase (°)	amplitude (cm)	phase (°)	amplitude (cm)	phase (°)
Jeju harbor	69.7	303.5	29.5	324.1	23.0	210.2	16.8	278.1

(2) 주요입력자료

광역의 해수유동 수치모형실험에 사용한 DIVAST 모델의 주요 계산조건 및 주요입력자료는 Table 3.2와 같다.

Table 3.2 Input parameters for the hydrodynamic model

Parameter	Input value
Grid system	120 × 80(250m 정격자)
Time step	$\Delta t = 10$ sec
Averaged latitude	33° 36' 00" N
Roughness	50.0 mm
Energy correction coefficient	$\beta = 1.016$
Eddy viscosity	$\epsilon = 10.0$
Air density	1.25 kg/m ³
Sea water density	1026.0 kg/m ³

3) 해수유동 수치모형실험 결과

DIVST를 이용하여 조류를 계산하였으며, 대조기 창조류 최강류와 대조기 낙조류 최강류시 유속벡터를 Fig. 3.6~Fig. 3.7에 나타내었다. 전반적으로 대상해역의 조류 특성은 해빈 부근에서는 해안을 따른 흐름이 발생하며, 외해역은 연안역에 비해 유속이 전반적으로 강하게 나타난다.

해수유동 수치모형실험 결과 최대유속은 외해역에서 82.1cm/s로 나타났고, 조류 관측 지점 C1에서는 47.6cm/s 로 나타났다. 연구영역의 해수유동은 동~서방향의 흐름이 강하며, 창조류시 보다 낙조류시의 유속이 우세한 특성을 보인다.

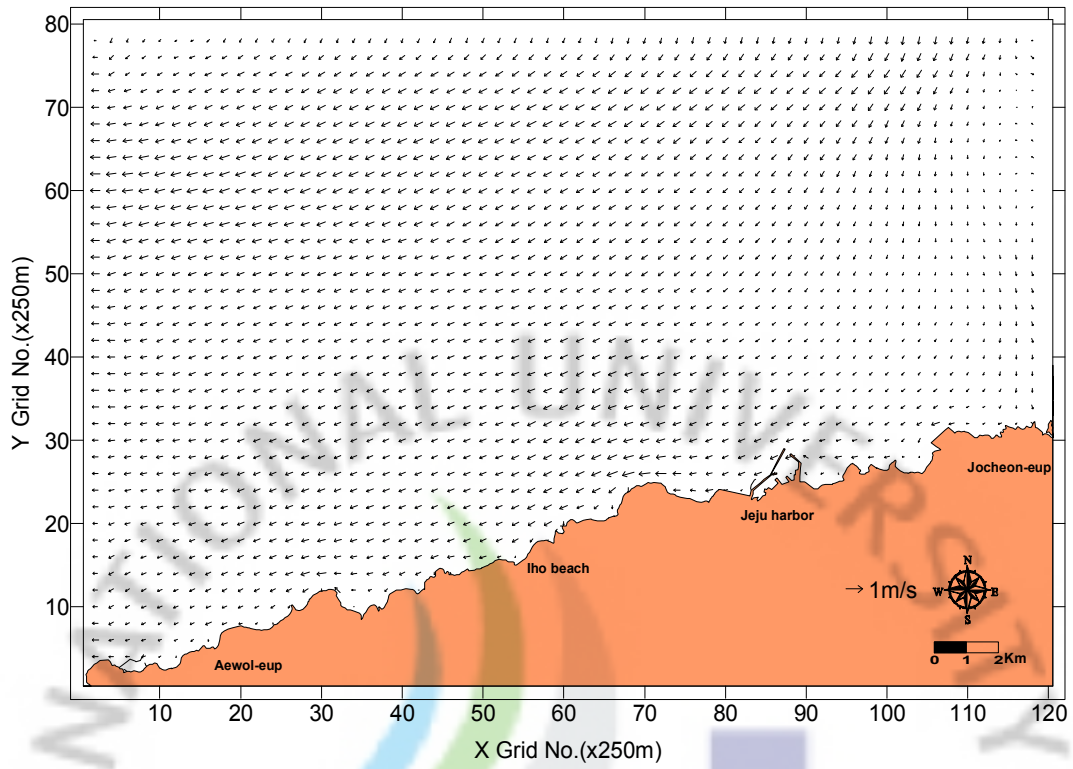


Fig. 3.6 Flood maximum flow in spring tide(wide area)

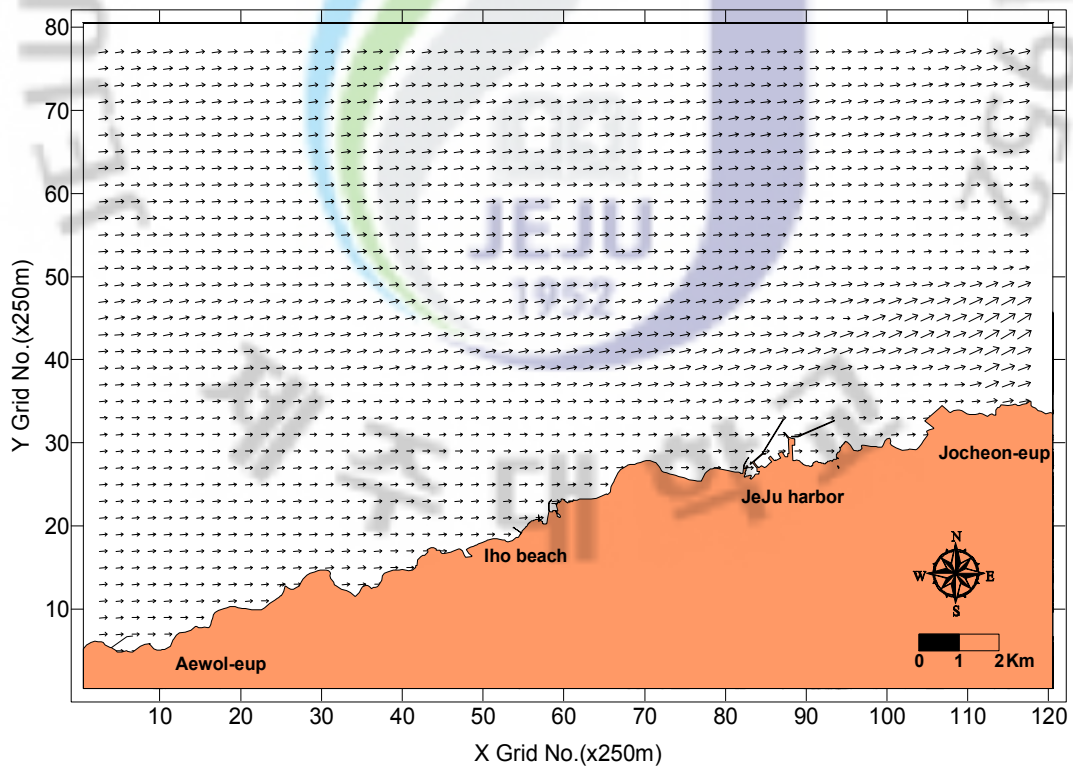


Fig. 3.7 Flood maximum flow in ebb tide(wide area)

3. 세부역 수치시물레이션

1) 계산격자망 및 수심도

본 연구를 위한 세부역 수치시물레이션에서 대상 영역의 연안지형 및 해저지형도 작성은 국립해양조사원(NORI)에서 발행한 제주북부 수치해도 No248을 이용하여 연안선 및 수심값을 Digitalizing하고 이 값으로부터 보간하여 각 격자점에 대한 해안지형과 수심값을 생성하였다.

계산영역은 이호해수욕장을 중심으로 동쪽으로는 도두항을 포함하고 서쪽으로 외도천에 이르는 영역을 설정하였으며 이에 대한 가변격자 체계를 구성하였다. 가변격자의 크기는 최소 격자 20m, 최대격자 80m로 이호해수욕장을 중심으로 최소격자를 배치하였고, 이때 사용된 격자수는 x축인 동서방향으로 125개, y축인 남북방향으로 105개로 총 13,125개의 격자를 사용하였다. 수치계산의 격자간격은 $\Delta x = \Delta y = 250m$ 의 정격자망을 사용하였으며, 동서방향으로 4km, 남북방향으로 3km로 계산영역을 설정하였다. Fig. 3.8은 수치계산의 계산격자망을 나타내고, Fig. 3.9는 수심도를 나타내며, Fig. 3.10은 세부역 계산영역의 3차원 해저지형도를 나타낸다.

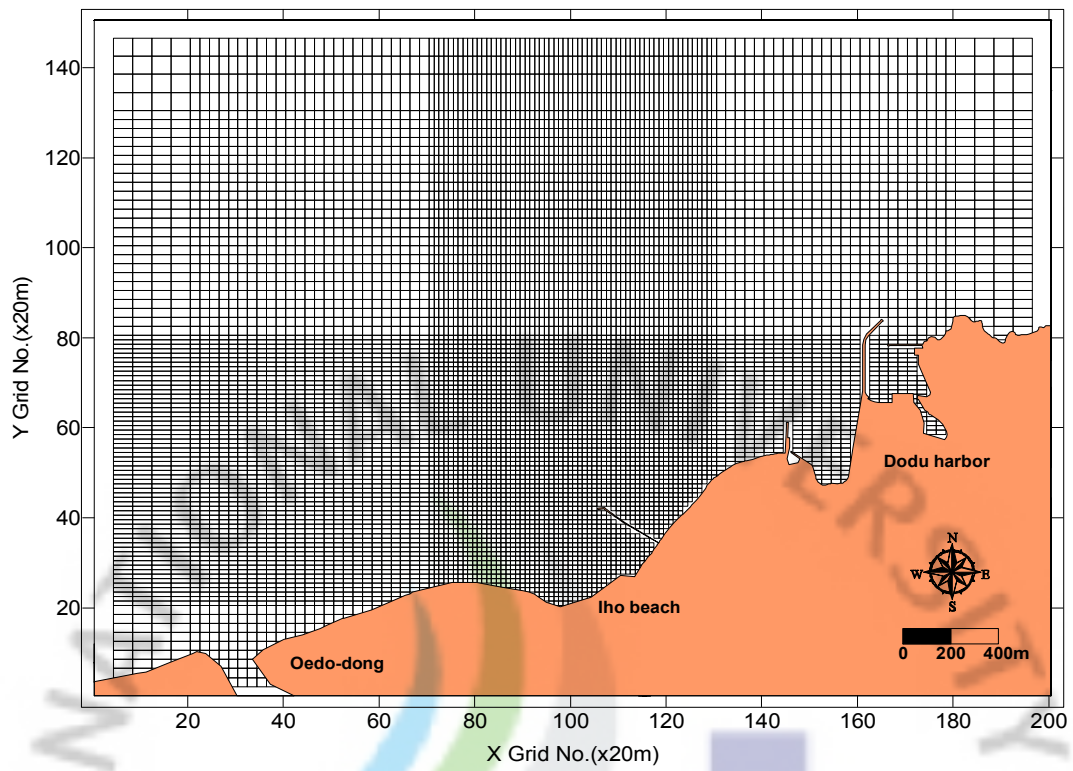


Fig. 3.8 Model variable grid system

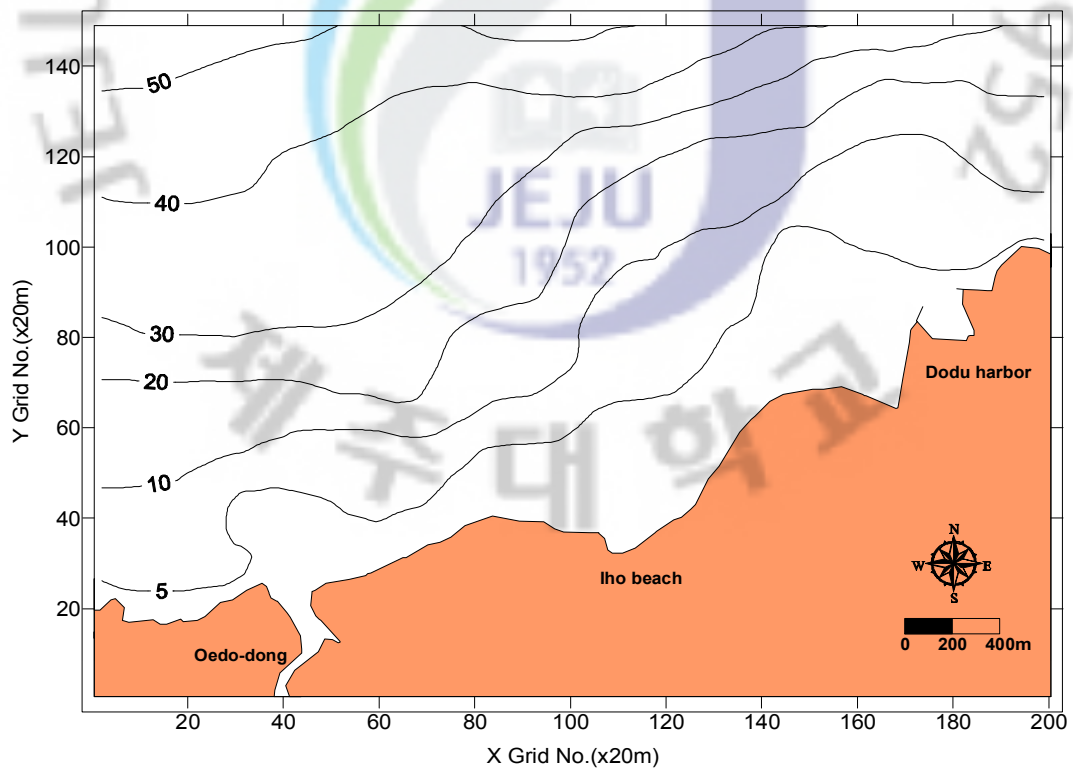
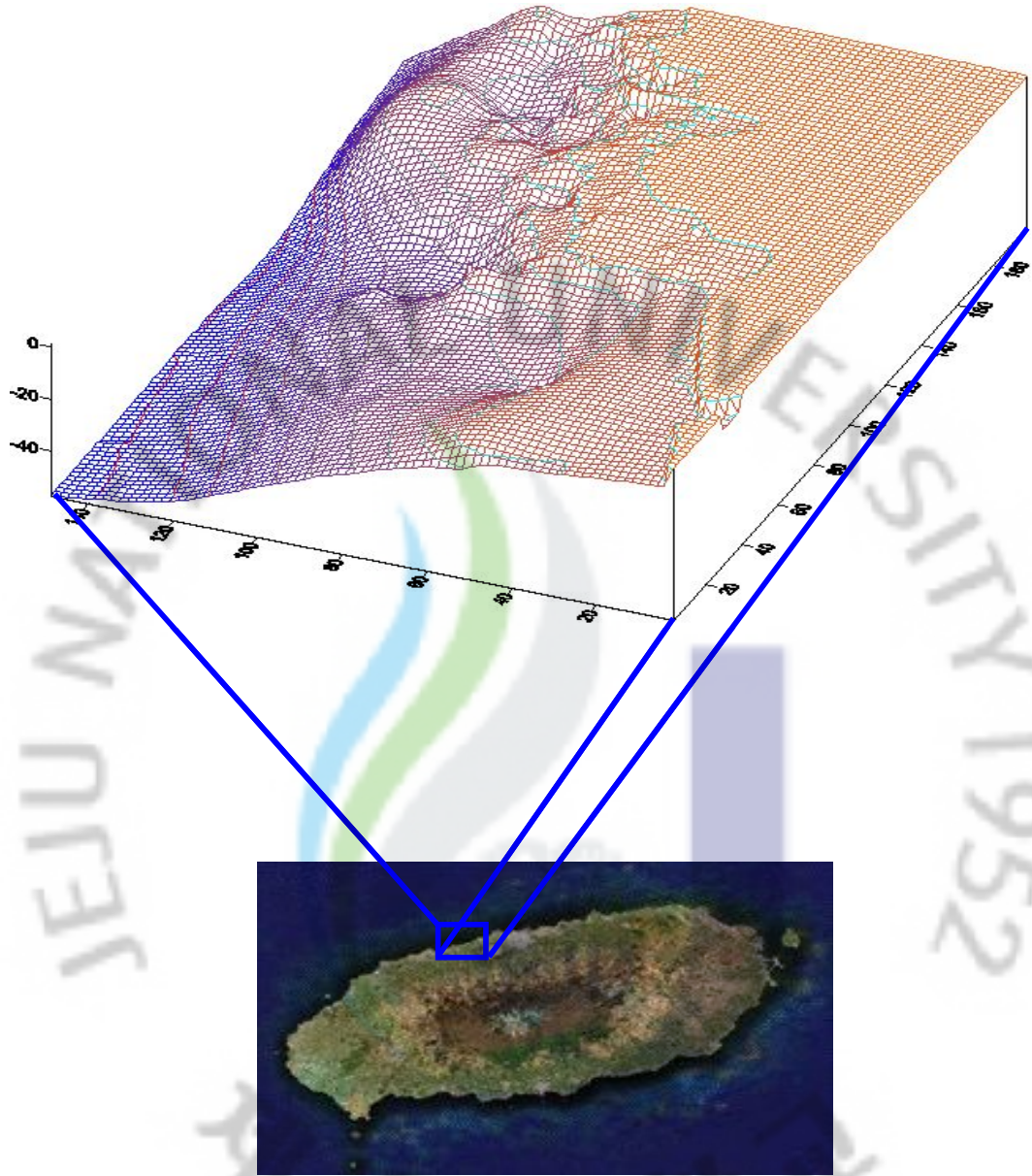


Fig. 3.9 Map of water depth below datum level



.Fig. 3.10 Three dimensional bottom topography of detail area

2) 경계조건 및 주요입력자료

(1) 경계조건

세부역 수치시물레이션에서 개경계에서의 조위는 광역수치계산을 통해 획득된 개경계의 주요 4대 분조의 반조차와 지각을 조석경계조건으로 하였다.

(2) 주요입력자료

세부역에서의 해수유동 수치모형에 사용한 DIVST 모형의 주요입력자료는 Table 3.3과 같다.

Table 3.3 Input parameters for the hydrodynamic model

Parameter	Input value
Grid system	200×150(20m 정격자)
Time step	$\Delta t = 10$ sec
Averaged latitude	33° 31' 28" N
Roughness	50.0 mm
Energy correction coefficient	$\beta = 1.016$
Eddy viscosity	$\epsilon = 10.0$
Air density	1.25 kg/m ³
Sea water density	1026.0 kg/m ³

3) 해수유동 수치모형실험 결과

DIVST를 이용하여 조류를 계산하였으며, 대조기 창조류 최강류와 대조기 낙조류 최강류시 유속벡터를 Fig. 3.11~Fig. 3.12에 나타내었다. 전반적으로 대상해역의 조류 특성은 해빈 부근에서는 해안을 따른 흐름이 발생하며, 외해역은 연안역에 비해 유속이 전반적으로 강하게 나타난다.

해수유동 수치모형실험 결과 최대유속은 외해역에서 82.1cm/s로 나타났고, 조류 관측 지점 C1에서는 47.6cm/s 로 나타났다. 연구영역의 해수유동은 동~서방향의 흐름이 강하며, 창조류시 보다 낙조류시의 유속이 우세한 특성을 보인다.



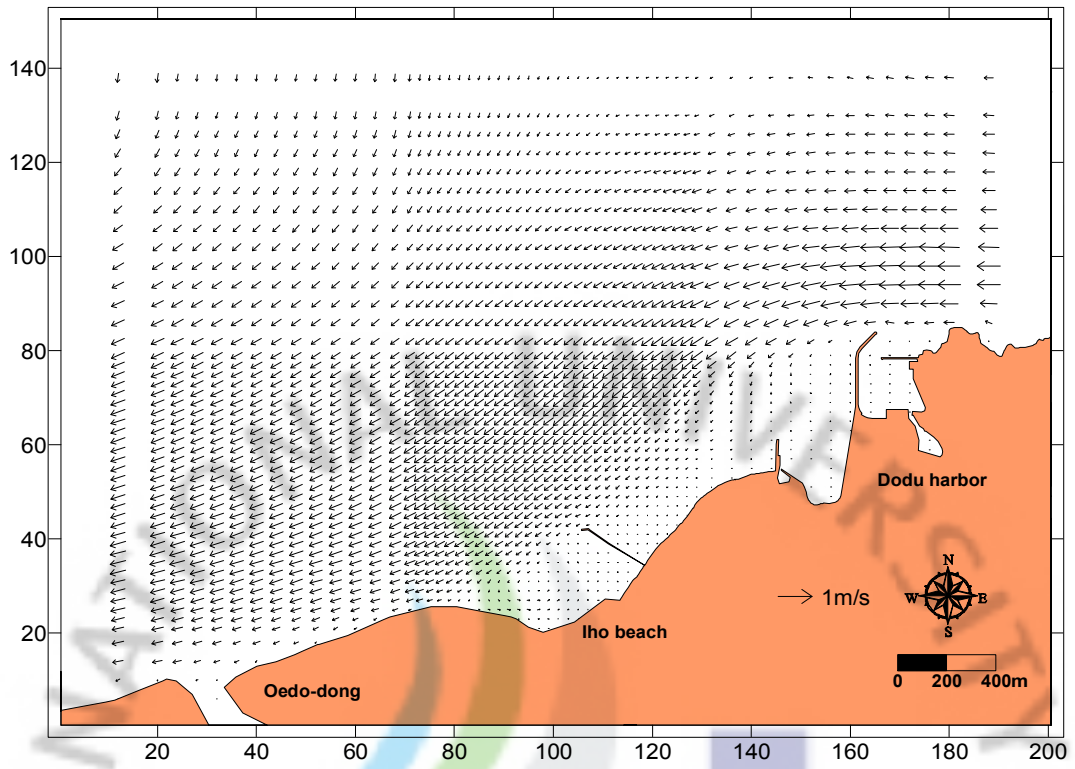


Fig. 3.11 Flood maximum flow in spring tide(detail area)

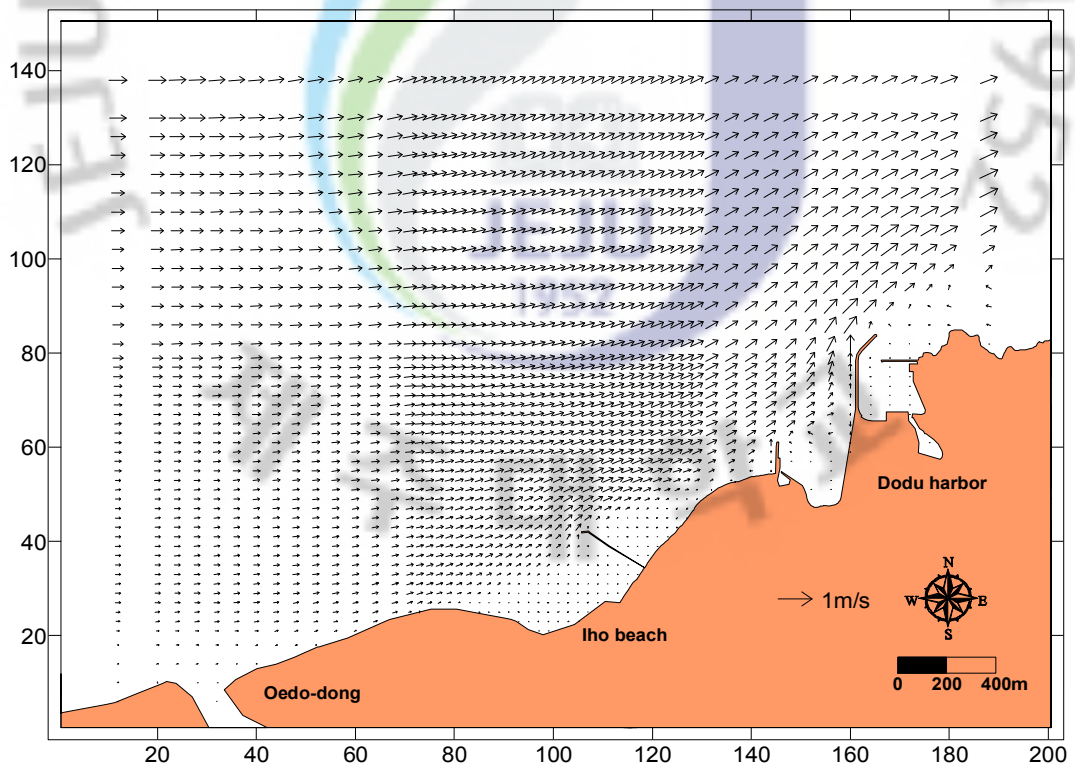


Fig. 3.12 Flood maximum flow in ebb tide(detail area)

IV. 검증 및 고찰

본 연구의 수치모형에서 재현한 해수유동 수치모형실험을 검증하기 위하여 대조기시 2002년 5월 12일부터 동년 6월 10일까지 국립해양조사원(NORI)에서 RCM-7를 사용하여 관측한 연속조위관측자료를 이용하여 15일 기간의 조위를 검증하였다. 또한 제주대학교 해양수리학 연구실에서 RDCP600을 사용하여 관측한 2007년 11월~2007년 12월의 30일 관측자료를 이용하여 조류의 흐름을 검증하였다.

1. 조위검증

Fig. 4.1은 지점 St. N-5 에서의 조위 관측 결과와 수치모형실험에서의 계산 결과를 15일 동안의 시계열로 각각 도시한 것이다. 이들 관측점의 자료는 실측 조위 값을 수치모형에서의 입력조건으로 설정하기 위하여 조석조화분해를 실시하여 M_2 , S_2 , K_1 , O_1 을 포함하는 27개 분조의 진폭 및 위상을 구하였다. 각각의 조위 검증점에서 제주항 및 대상영역의 전반에서 관측결과와 계산결과가 잘 일치하고 있으며, 본 모델이 대상해역의 조위를 잘 재현하고 있음을 알 수 있다.

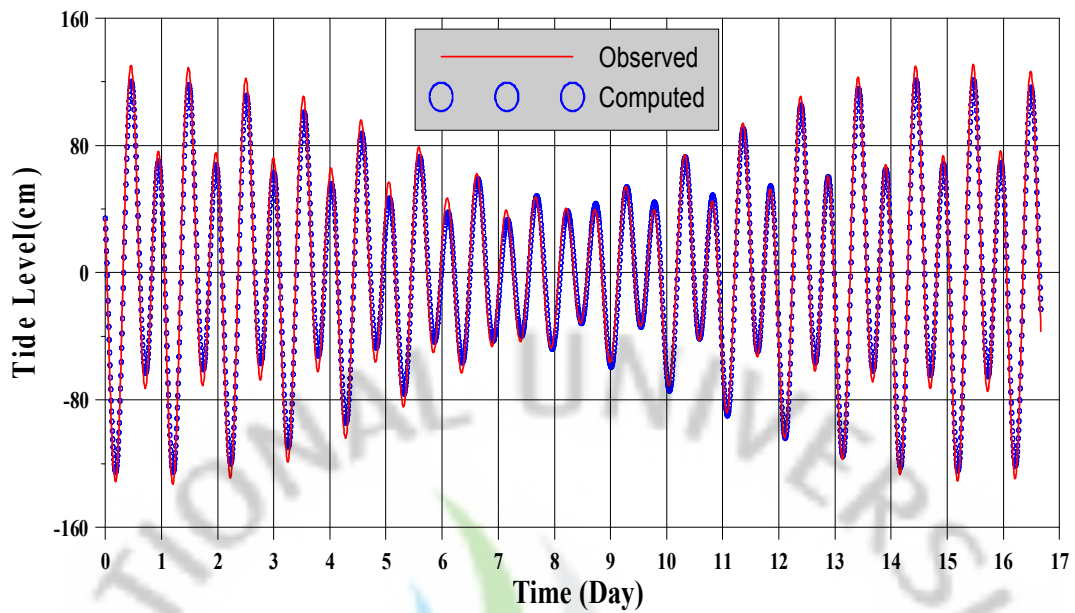


Fig. 4.1 Comparison between observed tidal elevation and computed ones at St. N-5

2. 조류 검증

이호해수욕장 연안해역에서 RDCP(Recording Doppler Current Profiler)600 사용하여 관측한 측정점 C1의 연속조류 자료와 해수유동 수치모형실험에서 계산된 조류분산도를 비교·검증하였다. 이를 위하여 15일 동안의 조류 계산결과와 2007년 11월~2007년 12월의 30일간 관측되어진 조류 관측결과를 벡터성분도를 이용하여 Fig. 4.2에 나타내었다. 위쪽의 그림은 수치모형에 의한 계산되어진 값을 나타내며, 아래쪽의 그림은 실측된 값을 나타내었다. 그림을 살펴보면, 두 지점에서 모두 계산결과와 관측결과가 거의 잘 일치하고 있으며 주 흐름방향 또한 잘 재현되고 있다.

이상의 결과에서 보면, St. N-5에서는 조류의 유동 특성이 실측치와 변동 폭에서 약간의 차이를 제외하고는 그 주된 흐름방향에 있어서는 잘 일치하는 경향을 보였다.

상기의 조위 및 조류에 대한 현장 관측결과 및 수치모형실험 계산결과를 비교한 결과, 본 수치 모형이 대상해역에 대한 조위 및 조류를 잘 재현하고 있음을 검증할 수 있었다.



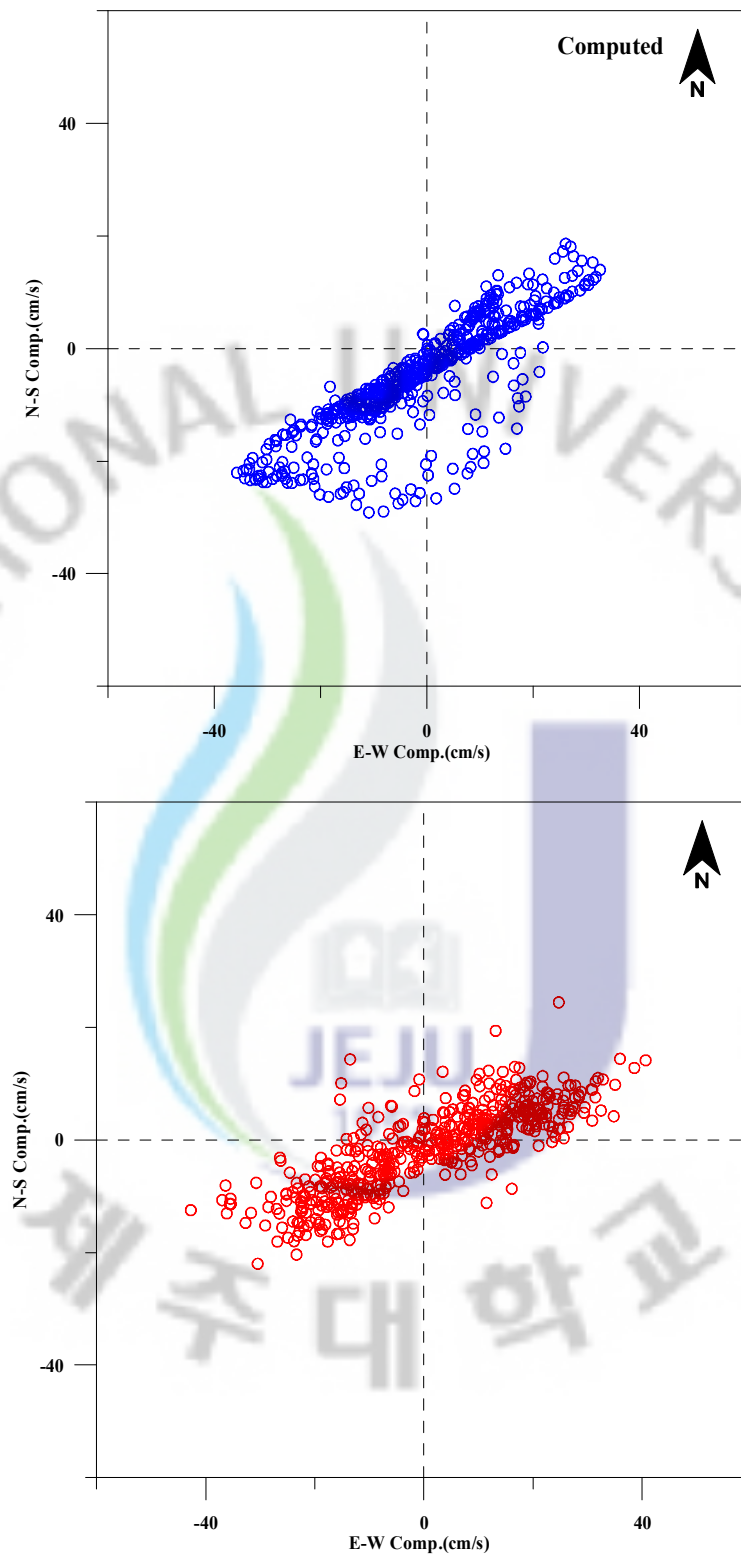


Fig. 4.2 Comparison between computed scatter diagram(Upper) and observed scatter diagram(Lower)

V. 요약 및 결론

본 연구에서는 현장관측자료 및 해수유동 수치모형(DIVAST)를 이용하여 이호해수욕장을 포함한 제주도 북부 연안해역의 해수유동 특성을 파악하였으며 그 결과는 다음과 같다.

1. 이호해수욕장을 포함한 제주도 북부 연안해역의 해수유동 양상을 파악하기 위하여 국립해양조사원(NORI)의 25시간 및 15일 이상의 조류 관측 자료를 이용하여 각 정점의 조류분산도, 조류타원도, Stick diagram, Progressive Vector, 잔차류도를 분석하였다.

25시간 조류관측 자료에 의한 제주북부 연안해역의 조류는 동북동류~서남서류 또는 동류~서류하는 흐름이 지배적으로 나타났다. 관측 지점 중 St. N-3 지점에서 평균유속은 42.195cm/s, 최대유속은 94.7cm/s로 흐름이 가장 강하게 나타나고 있다. 각 지점에서 유속의 흐름은 동서방향(U) 성분이 남북방향(V) 성분이 강하게 나타나고 있으며, 동서방향(U) 성분의 (+)값이 크게 나타나 낙조류시 흐름이 강하게 나타남을 알 수 있다.

2. 이호해수욕장의 입사 파랑의 제원을 알아보기 위해 2007년 11월~12월에 약 30일간 파고(H_s), 파향(θ) 및 주기(T_s)를 관측하여 파향별 파고 발생빈도, 파향별 주기 발생빈도, 주기별 파고 발생빈도를 분석하였다.

파향별 파고 발생빈도에서 빈도가 가장 높은 경우는 남남동(NNW) 계열 중 1.5~2.0m의 파고가 출현하는 경우로서 10.8%를 차지하였고, 파향별 주기 발생빈도에서는 북북서(NNW) 계열의 파향에서 4~5s의 주기를 가진 파가 출현하는 경우로서 23.1%를 차지하였으며, 주기별 파고 발생빈도는 주기가 4~5s의 경우에 파고가 0.5~1.0m인 파로서 36.3%로 나타났다. 또한, 북북서(NNW) 계열의 파랑이 전체 파랑의 27.3%, 0.5~1.0m인 파고가 45.9%, 4~5s의 주기의 파가 83.9%로

가장 많은 출현빈도를 나타냈다.

3. 연구대상해역의 조류특성을 규명하고 해수유동 수치모형실험의 검증자료로 활용하기 위해 파랑과 관측과 함께 각 층별 조류관측을 수행하였다.

중층에서의 평균유속은 19.2cm/s, 최대유속은 57.6cm/s로 흐름이 가장 강하게 나타났고, 표층에서의 평균유속은 13.4cm/s, 최대유속은 52.2cm/s로 나타났으며, 저층에서는 평균유속이 16.1cm/s, 최대유속은 44.5cm/s로 나타났다. 이호해수욕장 및 이호해수욕장 연안해역의 조류는 북동동류~남서서류의 흐름이 지배적으로 나타난다. 표층에서는 동서성분뿐 아니라 남북성분의 흐름도 보이고 있어 바람의 영향으로 인한 결과라고 사료되어진다.

4. 연구대상 해역의 해수유동 수치모형실험에 의한 수치해석을 시행한 결과, 대조기 창조류시 유속은 전 수심을 통하여 외해역은 연안역에 비해 유속이 전반적으로 강하게 나타났다. 최대유속은 외해역에서 89.3cm/s로 나타났고, 이호해수욕장 연안해역의 현장관측 지점에서는 47.6cm/s로 나타났으며, 실측치와 마찬가지로 창조류 보다 낙조류시의 유속이 우세한 특성을 보였다.

5. DIVAST 수치모형에서 이호해수욕장 및 이호해수욕장 연안해역의 해수순환을 재현한 결과와 관측한 해수유동자료를 비교·검증하기 위하여 각 관측 지점의 조위와 조류를 비교해 본 결과, 조위 검증점과 조류 검증점 모두 이호해수욕장 연안해역 및 전 대상해역에서 관측결과와 계산결과가 잘 일치하고 있었다. 따라서 본 연구에서 사용된 DIVST 수치모형은 대상해역의 조위를 잘 재현하고 있으며, 주 흐름방향 또한 잘 재현되었음을 알 수 있었다.

이상의 연구 결과는 침식 및 퇴적이 진행중인 제주 북서부 연안해역과 이호해수욕장의 사빈유실 저감대책 및 복원대책수립을 위한 기초자료로 활용 할 수 있을 것으로 생각된다. 앞으로의 연구과제로 본 연구에서는 해수유동을 조위와 조류만을 고려하였으나, 보다 자연현상에 근접하기 위해서 파, 바람뿐만 아니라

취송류, 해빈류, 해류, 밀도류 등을 고려한 3차원 확산 모델의 개발과 더불어 지속적이고 다각적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.



참 고 문 헌

- 양태혁, 2006, 3차원 해양유동모델에 의한 제주항 연안해역의 해수순환특성연구, 제주대학교 석사학위논문
- 탁대호, 2008, 해운대 해수욕장의 계절별 표사순환 특성, 부경대학교 석사학위논문
- 조현영, 1999. 점성토 수송모델에 의한 부유사농도 및 수심변화예측에 관한 연구. 부경대학교 석사학위논문
- 박일흠, 이종섭, 이문옥, 1998. 저항물체 배후의 이차원 후류에 관한 대격자 수치모형, 한국해양해양공학회논문집, 10(2), pp.83~92.
- 이종섭, 김호진, 1995. Random Walk 모형에 의한 확산해의 민감도 분석. 대한토목학회논문집, 15(5), pp. 1267~1277.
- 이종섭, 주귀홍, 이왕관. 2001. 입자추적모형에 의한 해수교환율 산정방법. 대한토목학회논문집, 21(6B), pp. 619~632.
- 김명원, 2006, POM을 이용한 섬진강 하구역의 해수유동 특성, 여수대학교 석사학위논문
- 양성기, 최찬문, 1999. 제주항의 해양수리학적 특성, 제주대학교 해양연구소보, 3, pp.9-21.
- 양성기, 고건, 양태혁, 2004, 제주도 동부 연안해역의 해수유동 특성, 한국환경과학회 학술발표회 요지
- 양성기, 김해동, 최찬문, 1995, 제주도 함덕연안해역의 해황·기상의 계절변동에 관한 연구, 제주대학교해양연구소연구보고, 19, pp.1~10
- 박원배, 김재근, 조정희, 1989, 제주도 연안해빈의 계절적 변화에 관한 퇴적학적 연구, 지역발전연구, pp.117~152
- 강재훈, 2003, 장기 ADCP 자료분석을 통한 제주해협 해류의 변동특성, 제주대학교 석사학위논문
- 장성훈, 1999, 제주도 해수욕장에 관한 해안공학적인 기초연구, 제주대학교 석사학위논문
- 이종섭, 윤은찬, 2003, 낙동강 하천플룸의 3차원 혼합거동해석, 대한토목학회 논문집, 23(4), pp.347~368

- 이종섭, 탁대호, 우진갑, 2007, 해운대 해수욕장의 계절별 파랑, 해빈류 및 퇴적물이동 특성, 한국해안·해양공학회지, 19(6), pp.574~585
- 이종섭, 탁대호, 윤은찬, 김석윤, 2007, 표층퇴적물 및 표사수지에 의한 해운대 해수욕장의 계절별 표사 이동특성, 한국해안·해양공학회지, 19(6), pp.547~556
- 이종섭, 윤은찬, 박석희, 2006, 파-흐름 공존장에서 부유사와 소류사 flux에 의한 지형변화모델, 대한토목학회논문집, 26(3), pp.311~319
- 선웅배, 2007, TRIVAST 모형을 이용한 3차원 해수유동 및 부유사 확산 수치모의, 전남대학교 석사학위논문
- 국립해양조사원. 2000-2004. 조석표, 국립해양조사원
- 부경대 해양과학공동연구소, 2008, 읍천리 해안침식 저감시설 축조공사에 따른 피해영향조사 연구용역보고서
- Falconer, R.A. 1986. A two-dimensional mathematical model study of the nitrate levels in an inland natural basin. Proc. Inter. Conf. Water Quality Modellings in the Inland Natural Environ., BHRA, Fluid Engineering, Bournemouth, Paper J1, pp.325-344.
- J.S. Lee, H.Y. Cho, W.K. Lee, 2000. Prediction of Suspended Sediment Concentration and Topographic Changes by the Cohesive Sediment Transport Model, The 9th Pacific Congress on Marine Science and Technology, PACON, Honolulu, Hawaii, pp.63.
- Falconer, R.A and Chen, Y.P, 1991. An improved representation of flooding and drying and wind stress effects in a 2-D numerical model, Proceedings of the Institution of Civil Engineers, Part 2, Research and Theory 91, 659-687
- Falconer, R.A., 1993. A introduction to nearly horizontal flows, In Coastal, Estuarial and Harbour Engineers' Reference Book(Abbott, M.B & Pitee, W.A., eds), E&FN Spon Ltd., London, 736.
- van Rijn, L.C, 1986. Sediment Transport Part 2: Suspended Load Transport, ASCE, Journal of Hydraulic Engineering, Vol. 110, No.11, 1613-1641
- Lin, B.L. and R.A. Falconer, 1986. Numerical modeling of three-dimensional suspended sediment for estuarine and coastal waters, Journal of Hydraulic Research, Vol.34, No.4.

Lin, B.L. and R.A. Falconer, 1997. Three-dimensional layer-integrated modelling of estuarine flows with flooding and drying, Estuarine, Coastal and Shelf Science, Vol.44, 737-751.

Fennema, R.J. and Chaudhry, M.H., 1990. Explicit methods for 2-D transient free-surface flows, ASCE Journal of Hydraulic Engineering, Vol.116, 1013-1034



감사의 글

2년이라는 대학원에서의 생활은 제 인생에 있어 가장 소중한 시간들이었습니다. 시간을 생각하며 돌아보니 어려움과 좌절, 때로는 불안한 마음과 두려움이 있었지만 늘 곁에서 지도와 격려를 아끼지 않고 많은 도움을 주신 분들이 계십니다. 이 분들에 대한 은혜와 고마움은 그 어떤 것으로도 대신할 수 없지만 짧은 글로서나마 감사의 마음을 전하고자 합니다.

항상 부족한 저에게 끊임없는 격려로 학문의 길로 인도해 주시고, 본 논문이 완성되기까지 열의와 성의를 다해 세심한 지도를 해 주신 양성기 교수님께 진심으로 깊은 감사의 말씀을 드립니다. 여러 가지로 바쁘신 중에서도 본 논문을 심사하시며 세심한 검토와 지도를 해주신 김상진 교수님, 이동욱 교수님께도 감사의 마음을 전합니다. 그리고 항상 제자들을 위해 애쓰시는 토목공학과 김남형 교수님, 남정만 교수님, 이병걸 교수님, 박상렬 교수님께도 깊은 감사의 마음을 전합니다.

수치모델링을 함에 있어 부족한 저에게 연구실 후배처럼 아낌없는 조언과 가르침을 주신 강태순 부장님, 엄호식 과장님, 김명원 대리님께 감사의 말씀을 드립니다. 본 논문이 완성 될 수 있도록 바쁘신 와중에도 격려와 충고, 모델링에 대해 지도를 해주신 부경대학교 윤은찬 박사님과 이종섭 교수님께도 깊은 감사의 말씀을 드립니다.

2년동안 연구실에서 동고동락하며 때로는 형으로, 때로는 동기로 항상 힘이 되어주고, 논문을 쓸 수 있게 이끌어준 친형 같은 웅규형에게 말로는 다 표현 못하지만 축하의 말과 함께 항상 맘게 생각합니다. 같은 해양연구를 하면서 대학원 생활과 논문에 대한 조언과 충고를 해 주시고, 힘들어 할 때 위로와 격려를 해주신 태혁이형과 상봉이형에게 감사의 마음을 전합니다. 연구분야는 다르지만 항상 친동생처럼 관심을 가지고 진심으로 격려해주시고 어려워할 때 위로와 함께 많은 힘이 되어주신 우열이형 고맙고 감사하다는 말씀을 전합니다. 올 한해 여러 가지 일을 하면서 연구실 후배로 고생한 현탁이, 강정항 일로 대신 작업을 하면서 고생한 한승이, 그리고 연구실 막내로 무슨 일이든 자기 일처럼 열심히 하는 우영이에게도 고맙다는 말을 하고 싶습니다.

학부생때부터 대학원 졸업할때까지 5년이라는 시간동안 기쁠때나 힘들때 함께 해오면서 항상 미안하고 고마운 경남이 성협이에게 말로는 다 못할 고마움을 전합니다. 대학원 2년 동안 항상 신경써주고 챙겨준 경태에게도 항상 고마운 마음을 전합니다. 2년동안 5층에서 동고동락한 대학원 동기이자 형인 종완이형에게도 고마움을 전합니다. 좋은 말씀을 많이 해주신 박사과정 창훈이형, 대학원 후배인 승현형, 태건, 창선, 영민, 현철, 창림, 정우, 그리고 대학원에 입학하는 준영, 양수에게도 고마운 마음을 전합니다. 1년 동안 조교일 하면서 도움을 준 지원이에게도 고마움을 전합니다.

말 하지 않아도 항상 힘이 되어주는 오래된 동네 벗인 대효, 석훈, 경준이, 그리고 우리 B·H Family 식구들인 명관, 대건, 광립, 용철, 재완, 택룡, 태경, 민규, 이완, 경석, 승철, 민규와 멀리 있지만 시간 날 때 마다 격려와 위로를 해준 성룡이형, 학부생활동안 함께 동고동락한 근혁이, 지금은 멀리 떨어져 있지만 중학교때부터 항상 같이 해온 경민이, 성문이, 광봉이, 성호, 항상 친동생처럼 아껴주시고 격려와 충고를 아끼지 않으시는 길용이형, 현구형, 상훈이형에게도 깊은 감사와 고마움을 전합니다. 또한 위에 모두 일일이 열거하지는 못하였지만 친구들과 제 주위의 모든 사람들에게도 고마움을 전합니다.

끝으로 대학원 생활하면서 바쁘다는 핑계로 집안일에 소홀한 형을 대신해 항상 부모님 곁에서 집안일을 챙기는 동생 승용이에게 형으로서 항상 미안하다는 말과 고맙다는 말을 전하고, 언제나 묵묵히 저를 믿음으로 지켜봐주시고 항상 힘이 되어주시는 부모님께 죄송함과 고마움, 그리고 사랑한다는 말을 전하고 싶습니다.