

1) 627. GOVP1199702967

2) 639.2

나 293 8

나. 2

최종보고서

# 방조제를 이용한 어장환경 조성 기술개발 연구

Study on the use of Seadikes  
For  
Technical Development of Fishery Environment

연 구 기 관

재단  
법인 농어촌환경기술연구소

농 립 부

# 제 출 문

농 립 부 장 관 귀하

이 보고서를 “방조제를 이용한어장환경조성기술개발연구”의  
최종보고서로 제출합니다.

1996.12.20

주관연구기관명	(재)농어촌환경기술연구소
총괄연구책임자	군산대학교 부교수 신문섭
연구원	" 교수 홍성근
연구원	" 교수 김용호
연구원	" 교수 조봉곤
연구원	농어촌환경기술연구소 이사장 이희영
연구원	" 소장 한상욱
연구원	" 이사 신동수

# 요 약 문

I. 제목:방조제를 이용한 어장환경 조성기술개발연구

II. 연구개발의 목적 및 중요성

국토확장사업의 일환으로 대규모적인 해면간척사업과 산업이 발달함으로써 요구되는 큰 규모의 항만건설, 인공섬축조, 방파제, 외곽시설등의 공사가 진행되고 있다.

그러나 이러한 크고 작은 해상공사에 따른 자연환경의 손실 또한 작지는 않다고 본다. 따라서 인간생활의 쾌적과 안전을 위한 자연환경의 보존및 수산자원보존의 견지에서 더욱 환경을 보존하면서 해상토목공사가 실시되어야 한다고 본다. 그리고 수면을 육지화 하므로써 그 주위에서 어떠한 환경변화가 일어날 수 있으며 환경변화에 어떻게 대처할 것인가 하는 대책도 마련되어야 할 것으로 본다. 이러한 대책을 마련하기 위해서는 여러가지 해상공사를 시행할 때 일어날 수 있는 지질의 형질변화,흐름환경의 변화 (조류, 해빈류등),어패류의 서식공간손실 (산란장, 생육장소),어장환경의 파괴 (물의 환경, 저질환경)등에 관하여 검토되어야 한다.

이러한 검토사항을 명확히 하기 위해서는 해상공사를 시행할 때 일어나는 현상에 대한 과정을 명확하게 규명하여야 한다. 특히 해상공사를 할 때 발생하는 현탁물질은 수중조도의 저하와 식물프랑크톤, 수생식물의 광합성 장애, 해수-저니사이의 물질순환의 불균형화등을 일으키고,특히 현탁립자는 어류의 호흡에 영향을 미치며, 또한 卵과 稚仔는 현탁물질에 민감하여 난부화율과 성장률에 영향을 주고 어패류와 저생생물의 생산을 저하시킨다. 현탁립자는 수중의 유기물, 영양염류에 흡.탈착하면서 수질과 저질을 변화시켜 해저에 퇴적되어 저생생물을 매설시키고 저질 유기물의 농도상승등의 원인이 된다고 한다. 본 연구에서는 해면간척사업과 항만건설,방조제축조

에 따른 어장손실을 보완하기 위하여, 축조된 방조제, 이안제등을 이용한 어장환경조성사업을 통하여 어업생산성을 높이기 위한 어장환경조성기술을 개발하고 방조제 전면에 잠재를 설치하여 어류의 난, 치어의 이동특성에 대하여 규명하여 수산의 관점에서 mitigation의 가능성은 있는가를 알아보고자 한다. 또한 수산자원의 재생과 자원관리·평가등 자원변동의 기구를 명확히 하여 종합적인 어민소득증대를 위한 어장환경조성기술을 개발하고자 한다.

### III. 연구개발내용 및 범위

본 연구에서는 해면간척사업등의 해상공사로 인하여 손실된 어장환경을 보완하기 위하여 어장환경조성을 위한 새로운 시설물을 설치하는 것보다는 해면간척사업과 해안보존을 위하여 축조된 수십Km의 방조제(예:새만금 간척사업)를 이용한 어장환경조성기술개발을 위하여 새만금 방조제축조 후의 조석, 조류의 특성과 밀도·바람효과를 고려한 잔차류의 특성을 규명하고 방조제 전면에 잠재를 설치하여 어류의 난, 치어의 이동특성에 대하여 규명하여 수산의 관점에서 mitigation의 가능성은 있는가를 알아보고자 한다. 또한 수산자원의 재생과 자원관리·평가등 자원변동의 기구를 명확히 하기 위하여 부유 유생의 분산에 관한 물리학적, 생물학적 과정이 중요하다고 판단되어 Euler-Lagrange 방법으로 어류유생의 이류분산과정을 수치실험하여 새만금간척사업에 따른 어장환경손실을 보완할 수 있는 방법과 수산자원의 관리를 위한 방법을 찾아 종합적인 어민소득증대를 위한 어장환경조성기술을 개발하고자 한다.

#### IV. 연구개발결과 및 활용에 대한 건의

어장환경조성기술개발을 위하여 새만금 방조제 축조 전후의 조석, 조류의 특성과 밀도·바람 효과를 고려한 잔차류의 특성을 규명하고 방조제 전면 에 잠재를 설치하여 어류의 난, 치어의 이동특성에 대하여 규명하여 수산의 관점에서 mitigation의 가능성은 있는가를 알아보기 위하여 대상 해역의 흐름 특성을 규명한 후 생물 특성을 고려하여 Euler-Lagrange 방법으로 어패류 유생의 이류 분산 과정을 추적 실험을 하였다. 그 결과 잠재 설치 후의 난의 확산 특성은 잠재설치전 보다 확산 범위가 좁아졌다. 따라서 잠재 설치는 수산의 관점에서 mitigation의 가능성이 있다고 본다. 그러나 연구 기간이 충분하지 못하여 여러 조건하에서 난의 이동 특성을 수치 실험하지 못하였지만 잠재 설치는 수산의 관점에서 mitigation의 가능성이 있다고 보며 다음 기회에 여러 조건하에서 난의 이동 특성을 수치 실험하여 연구성과를 활용하였으면 한다. 또한 어패류의 난·치어의 최적 방류 지점을 찾는 데 Euler-Lagrange 방법을 활용할 수 있다.

## SUMMARY

(영문 요약문)

The reclamation area of Saemangeum(Kunsan) located between  $126^{\circ} 10' E$  -  $126^{\circ} 50' E$  and  $35^{\circ} 35' N$  -  $36^{\circ} 05' N$  at the western coast of Korea. The sea dike with the length of 33km is building in the Saemangeum area. When the sea dike is constructed in the coastal ,a certain amount of soil is diffused by the tidal current. Behavior of the soil diffusion usually depends on its intrinsic characteristics, bathymetry, construction method and used machinery. The amount of soil at the construction acts as a pollutant which is the cause of changing the marine environment. When the soil material is diffused, it may form a layer which obstructs the light passing into the sea and causes the extinction or alteration of the living beings on the sea bottom. The settlement of soil material could change the sea bottom deposit.

The purpose of MITIGATION is to harmonize the development and the conservation of enviroment, to restrict enviromental destruction and to reproduce the enviroment damaged by the construction in the coastal region. The purpose of this study is to find the method by which we minimize the anti-function of development in the coastal region. Tide and tidal current are calculated using a two-dimensional numerical model with moving boundary before the construction of sea dike in Saemangeum Bay. The numerical results are compared well with field observations. On the basis of these results, we calculated the tide and tidal current after the construction of the sea dike in order to investigate the change of the tide and tidal current after the

construction of the sea dike. Moreover, we calculated the tide and tidal current after the construction of submerged breakwater in order to preserve the environmental condition of creature habitat. We compared the tide and tidal current before and after the construction of submerged breakwater, to investigate the possibility of MITIGATION in the fisheries ground in the Saemangeum area.

# CONTENTS

(영문목차)

1. Introduction
2. The reclamation area of Saemangeum
3. Tide and tidal current in the Saemangeum area
  - 3.1 Field observation
  - 3.2 Numerical Model
4. Marine organisms survey in the reclamation area of Saemangeum
5. Variation of Residual Flow by construction of Dike
  - 5.1 Before the Dike Construction
    - 5.1.1 Diagnostic numerical model
      - 5.1.1.1 Observed data
      - 5.1.1.2 Numerical model
      - 5.1.1.3 Results
6. Variation of Residual Flow after the Dike Construction
7. Variation of Residual Flow after the construction of submerged breakwater
8. Numerical simulation of dispersion of larvae
  - 8.1 Tracking of the larvae
  - 8.2 Boundary condition and initial condition
9. Development of fishing implements
10. Conclusion
11. References

## 그 립 목 차

Fig. 1.1 Map of tideland reclamation in Korea .....	5
Fig. 1.2 Plan of SAE MAN GUM tideland reclamation project .....	13
Fig. 1.3 Standard section of final gap closure .....	16
Fig. 1.4 Standard section of preliminary closure .....	17
Fig. 1.5 Standard section of sea dike .....	17
Fig. 1.6 Standard section of submerged dike .....	26
Fig. 1.7 Standard section of submerged dike .....	26
Fig. 2.1 Map of field measurement .....	29
Fig.2.2 Tidal current stick diagrams at saemangeum.(94-R-3) .....	31
Fig. 2.3 Tidal current stick diagrams at saemangeum(94-R-4) .....	32
Fig. 2.4 Observed tidal current ellipses at Saemangeum area .....	33
그림 3.1 현장조사 정점 .....	36
Fig.4.3.1 Three dimensional coordinate .....	59
Fig.4.3.3.1.1(a) Geometry before the construction of dike .....	72
Fig.4.3.3.1.1(b)geometry after the construction of dike .....	73
Fig.4.3.3.1.1(c) Geometry after the construction submerged breckwater ...	74
Fig.4.3.3.1.2(a-1) Calculated co-range chart of tide .....	75
Fig.4.3.3.1.2(a-2) Calculated co-tidal chart of tide .....	76
Fig.4.3.3.1.2(b-1) Calculated co-range chart of tide after the dike construction. ....	77
Fig.4.3.3.1.2(b-2) Calculated co-tidal chart of tide after the dike construction. ....	78
Fig.4.3.3.1.2(c-1) Calculated co-range chart of tide after the submerged	

Fig.4.3.3.1.2(c-2) Calculated co-tidal chart of tide after the submerged breakwater construction. ....	80
Fig.4.3.3.1.3(a-1) Flow pattern before the Saemangeum dike construction.(2 hour) .....	82
Fig.4.3.3.1.3(a-2) Flow pattern before the Saemangeum dike construction.(4 hour) .....	83
Fig.4.3.3.1.3(a-3) Flow pattern before the Saemangeum dike construction.(6 hour) .....	84
Fig.4.3.3.1.3(a-4) Flow pattern before the Saemangeum dike construction.(8 hour) .....	85
Fig.4.3.3.1.3(a-5) Flow pattern before the Saemangeum dike construction.(10 hour) .....	86
Fig.4.3.3.1.3(a-6) Flow pattern before the Saemangeum dike construction.(12 hour) .....	87
Fig.4.3.3.1.4(a-1) Flow pattern after the Saemangeum dike construction. (2 hour) .....	88
Fig.4.3.3.1.4(a-2) Flow pattern after the Saemangeum dike construction. (4 hour) .....	89
Fig.4.3.3.1.4(a-3) Flow pattern after the Saemangeum dike construction. (6 hour) .....	90
Fig.4.3.3.1.4(a-4) Flow pattern after the Saemangeum dike construction. (8 hour) .....	91
Fig.4.3.3.1.4(a-5) Flow pattern after the Saemangeum dike construction. (10 hour) .....	92

Fig.4.3.3.1.4(a-6) Flow pattern after the Saemangeum dike construction. (12 hour) .....	93
Fig.4.3.3.1.5(a-1) Flow pattern after the submerged breakwater construction.(2 hour) .....	94
Fig.4.3.3.1.5(a-2) Flow pattern after the submerged breakwater construction.(4 hour) .....	95
Fig.4.3.3.1.5(a-3) Flow pattern after the submerged breakwater construction.(6 hour) .....	96
Fig.4.3.3.1.5(a-4) Flow pattern after the submerged breakwater construction.(8 hour) .....	97
Fig.4.3.3.1.5(a-5) Flow pattern after the submerged breakwater construction.(10 hour) .....	98
Fig.4.3.3.1.5(a-6) Flow pattern after the submerged breakwater construction.(12 hour) .....	99
Fig.4.3.3.1.6 Calculated tidal current ellipse at saemankeum .....	101
Fig.4.3.3.1.7(a) calculated tidal stress before dike construction at Saemankeum .....	103
Fig.4.3.3.1.7(b) calculated tidal stress after dike construction at saemankeum .....	104
Fig.4.3.3.1.7(c) calculated tidal stress after submerged construction at saemankeum .....	105
Fig.4.3.3.1.8(a) calculated tide-induced current before dike construction at Saemankeum .....	106
Fig.4.3.3.1.8(b) calculated tide-induced current after dike construction at saemankeum .....	107

Fig.4.3.3.1.8(c) calculated tide-induced current after submerged construction at saemankeum .....	108
Fig.4.3.3.1.9(A) Tidal current amplitudes before the construction of sea dike .....	110
Fig.4.3.3.1.8(B) Tidal current amplitudes after the construction of sea dike .....	111
Fig.4.3.3.1.8(C)Tidal current amplitudes after the construction of submerged breakwater. ....	112
Fig.4.3.3.1.9(a)Subtracting Fig.11(A) from Fig.11(B) .....	113
Fig.4.3.3.1.9(b)subtracting Fig.11(B) from Fig.11(C) .....	114
Fig.4.3.3.2.1 Geometry before the construction in the final closing dike .....	116
Fig.4.3.3.2.2 Observed co-range(full line)and co-tidal(broken line) of tidal construction .....	117
Fig.4.3.3.2.3(a) Calculated co-range chart of tide in the final closing dike .....	118
Fig.4.3.3.2.3(b)Calculated co-tidal chart of tide in the final closing dike .....	119
Fig.4.3.3.2.4(a-1) Flow pattern in the final closing dike(2 hour) .....	120
Fig.4.3.3.2.4(a-2) Flow pattern in the final closing dike(4 hour) .....	121
Fig.4.3.3.2.4(a-3) Flow pattern in the final closing dike(6 hour) .....	122
Fig.4.3.3.2.4(a-4) Flow pattern in the final closing dike(8 hour) .....	123
Fig.4.3.3.2.4(a-5) Flow pattern in the final closing dike(10 hour) .....	124
Fig.4.3.3.2.4(a-6) Flow pattern in the final closing dike(12 hour) .....	125
Fig.4.3.3.2.6 calculated tide-induced residual current in the final closing dike ..	126
Fig.5.11. Observation station of water temperature and salinity .....	127
Fig.5.1.2(a) Distributions of water temperature obtained in autumn. ....	130
Fig.5.1.2(b) Distributions of water temperature obtained in autumn. ....	131

Fig.5.1.2(c) Distributions of water temperature obtained in autumn. ....	132
Fig.5.1.3(a) Distributions of water salinity obtained in autumn. ....	133
Fig.5.1.3(b) Distributions of water salinity obtained in autumn. ....	134
Fig.5.1.3(c) Distributions of water salinity obtained in autumn. ....	135
Fig.5.1.4(a) Distributions of water density obtained in autumn. ....	136
Fig.5.1.4(b) Distributions of water density obtained in autumn. ....	137
Fig.5.1.4(c) Distributions of water density obtained in autumn. ....	138
Fig.5.3.1 Arrangement of variable .....	146
Fig.5.4.1 Coordinate system .....	151
Fig.5.5.1(a) The flow patterns of residual currents at upper layer during autumn obtained by diagnostic model .....	154
Fig.5.5.1(b) The flow patterns of residual currents at middle layer during autumn obtained by diagnostic model .....	155
Fig.5.5.1(c) The flow patterns of residual currents at lower layer during autumn obtained by diagnostic model .....	156
Fig.6.2.1(a) Distributions of water temperature obtained .....	160
by prognostic model in autumn. ....	160
Fig.6.2.2(b) Distributions of water temperature obtained .....	161
by prognostic model in autumn. ....	161
Fig.6.2.1(c) Distributions of water temperature obtained .....	162
by prognostic model in autumn. ....	162
Fig.6.2.2(a) Distributions of water salinity obtained by prognostic model in autumn. ....	163
Fig.6.2.2(b) Distributions of water salinity obtained by prognostic model in autumn. ....	164

Fig.6.2.2(c) Distributions of water salinity obtained by prognostic model in autumn. ....	165
Fig.6.2.3(a) Distributions of water density obtained by prognostic model in autumn. ....	166
Fig.6.2.3(b) Distributions of water density obtained by prognostic model in autumn. ....	167
Fig.6.2.3(c) Distributions of water density obtained by prognostic model in autumn. ....	168
Fig.6.2.4(a) The flow patterns of residual currents at upper layer during autumn obtained by prognostic model. ....	169
Fig.6.2.4(b) The flow patterns of residual currents at middle layer during autumn obtained by prognostic model. ....	170
Fig.6.2.4(c) The flow patterns of residual currents at lower layer during autumn obtained by prognostic model. ....	171
Fig.6.2.5(a) Distributions of water temperature after the construction of submerged breakwater obtained by prognostic model in autumn. ....	172
Fig.6.2.5(b) Distributions of water temperature after the construction of submerged breakwater obtained by prognostic model in autumn. ....	173
Fig.6.2.5(c) Distributions of water temperature after the construction of submerged breakwater obtained by prognostic model in autumn. ....	174
Fig.6.2.6(a) Distributions of water salinity after the construction of submerged breakwater obtained by prognostic model in autumn. ....	175
Fig.6.2.6(b) Distributions of water salinity after the construction of submerged breakwater obtained by prognostic model in autumn. ....	176

Fig.6.2.6(c) Distributions of water salinity after the construction of submerged breakwater obtained by prognostic model in autumn. ....	177
Fig.6.2.7(a) Distributions of water density after the construction of submerged breakwater obtained by prognostic model in autumn. ....	178
Fig.6.2.7(b) Distributions of water density after the construction of submerged breakwater obtained by prognostic model in autumn. ....	179
Fig.6.2.7(c) Distributions of water density after the construction of submerged breakwater obtained by prognostic model in autumn. ....	180
Fig.6.2.8(a) The flow patterns of residual currents at upper layer after the construction of submerged breakwater during autumn obtained by prognostic model. ....	181
Fig.6.2.8(b) The flow patterns of residual currents at middle layer after the construction of submerged breakwater during autumn obtained by prognostic model. ....	182
Fig.6.2.8(c) The flow patterns of residual currents at lower layer after the construction of submerged breakwater during autumn obtained by prognostic model. ....	183
Fig.7(a-1) Calculated dispersion of larvae four day after the releasing with the residual current obtained by prognostic model before the construction of submerged breakwater in autumn. ....	186
Fig.7(a-2) Calculated dispersion of larvae four day after the releasing with the residual current obtained by prognostic model before the construction of submerged breakwater in autumn. ....	187
Fig.7(b-1) Calculated dispersion of larvae four day after the releasing with the residual current obtained by prognostic model before the	

construction of submerged breakwater in autumn. ....	188
Fig.7(b-2)Calculated dispersion of larvae four day after the releasing with the residual current obtained by prognostic model before the construction of submerged breakwater in autumn. ....	189
Fig.7(c-1)Calculated dispersion of larvae four day after the releasing with the residual current obtained by prognostic model before the construction of submerged breakwater in autumn. ....	190
Fig.7(c-2)Calculated dispersion of larvae four day after the releasing with the residual current obtained by prognostic model before the construction of submerged breakwater in autumn. ....	191
Fig.7(d-1)Calculated dispersion of larvae four day after the releasing with the residual current obtained by prognostic model before the construction of submerged breakwater in autumn. ....	192
Fig.7(d-2)Calculated dispersion of larvae four day after the releasing with the residual current obtained by prognostic model before the construction of submerged breakwater in autumn. ....	193
그림 8.1 暗礁의 位置와 길그물의 配置(山本) .....	198
그림 8.2 等深線과 길그물의 設置 .....	199
그림 8.3 定置網 어구의 例(二角網) .....	217
그림 8.4 定置網 어구의 例(三角網) .....	218
그림 8.5 固定刺網 어구의 例(도미, 우럭류) .....	219
그림 8.6  흘 업에 底刺網 漁具의 例(가자미류) .....	220
그림 8.7  외줄낚시 漁具의 例(돔, 볼락류) .....	221
그림 8.8  외줄낚시 漁具의 例(농어, 능성어류) .....	222
그림 8.9  통발 漁具의 例(붕장어) .....	223

## 표 목 차

Table 1.1 Present status of tideland reclamation in Korea .....	3
Table 1.2 Major tidland reclamation projects in deifferent decades ..	6
Table 1.3 Status of sea dike .....	8
Table 1.4 Status of sea dike development by year .....	8
Table 1.5 Hsight of sea dike .....	16
Table 1.6 Project area .....	17
Table 1.7 Summary of sluice gate structures .....	19
Table 1.8 Water depth at the location of suberged dike .....	22
Table 1.9 Current velocity in sudmerged dike .....	23
Table 1.10 Fall velocity of stone .....	23
Table 1.11 Moving distance of falling stone .....	24
Table 1.12 Moving distance of falling stone .....	24
Table 2.1 Tidal Harmonic Constant of Joenbuk coastal .....	27
Table 2.2 Maximum current in Saemankeum area .....	28
표 3.1 정점별 조사 결과 요약표 .....	38
표 3.2 낭장망에서 채집된 어류 .....	41
Table 4.3.1 Parameter for tidal current Calculation .....	70
Table 5.1 Parameters used in the numerical experiment .....	143
Table 5.4.1 Parameters for the residual current calculation .....	152
Table 6.1 Values of water temperature and salinity used as boundary condition in the prognostic model .....	158
표 8.1 어류의 體長範圍 .....	195

# 제1장 서 론

## 1. 연구개발의 목적

해면간척사업등의 해상공사로 인하여 손실된 어장환경을 보완하기 위하여 어장환경조성을 위한 새로운 시설물을 설치하는 것보다는 해면간척사업과 해안보존을 위하여 축조된 수십Km의 방조제(예:새만금간척사업)를 이용한 어장환경조성기술개발을 위하여 새만금 방조제축조 후의 조석,조류의 특성을 규명하고 방조제 전면에 잠재를 설치하여 어류의 난·치어의 이동특성에 대하여 규명하여 수산의 관점에서 mitigation의 가능성은 있는가를 알아보고자 한다. 또한 수산자원의 재생과 자원관리·평가등 자원변동의 기구를 명확히 하기 위하여 부유유생의 분산에 관한 물리학적,생물학적 과정이 중요하다고 판단되어 Euler-Lagrange 방법으로 어류유생의 이류분산과정을 수치실험하여 새만금간척사업에 따른 어장환경손실을 보완할 수 있는 방법과 수산자원의 관리를 위한 방법을 찾아보기 위하여 현장애로기술개발사업을 추진하게 되었다.

## 2. 최종연구 개발사업 목표

연안은 생물에게 다양한 생활 장소로서 제공되기 때문에 아주 다양한 생태계가 형성되어 있다.유용한 어업자원도 많을 뿐만 아니라 간석지와 해초가 많은 연안을 치어의 생육장으로서도 이용하고 있다.그러나 이러한 해안에 해면간척·매립등의 해상공사로 인하여 손실된 어장환경을 보완하기 위한 방법을 찾기위하여 새만금 방조제 축조 전후의 조석,조류의 특성을 규명하고·방조제 전면에 잠재를 설치하여 어류의 난·치어의 이동특성에 대하여 규명하여 간척·매립등 해상공사에 따른 어장환경손실을 보완할 수 있는 방법을 제시한다.

## 제1절 우리나라의 간척개요분야

### 1. 우리나라의 간척개요

우리나라의 인천 앞바다에서부터 남해의 부산 앞바다에 이르는 서남해안은 약 5,420Km나 되는 해안선을 따라 갯벌의 경사가 완만하고, 간만의 차이가 커서 간석지가 잘 발달되어 있으며, 간척매립이 가능하다고 판단되는 부존 자원은 총 635,000ha이다.

서남해안은 리아스식 해안으로 굴곡이 심하며 조석간만의 차이가 크고, 수심이 낮으며, 대소 도서가 많이 산재되어 있어 섬간을 연결함으로서 방조제 축조가 용이하고 방파제의 역할도 해주고 있으며, 간석지가 잘 발달되어 있어 방조제 연장에 비하여 많은 면적의 간척지를 개발할 수 있고 자연 배수조건도 유리하다. 또, 축조 재료인 흙이나 바다 모래, 석재를 방조제 인근에서 용이하게 가져올 수 있고 기초지반의 토질도 사질 또는 사니질토로서 방조제 기초로 적절하고 안정성을 기할 수 있어 경제적으로나 기술적으로도 유리한 조건에 있어 간척 매립 여건이 외국과 비교해 보아도 좋은 조건이다.

또한 우리나라의 하천은 대부분 서남해안으로 흘러드는데, 담수호를 조성함으로써 흘러 버려지는 다량의 수자원을 담수호에 저류하며 간척지 및 배후지역에 필요한 용수를 공급함으로써 수자원의 효율적인 활용이 가능하다.

### 2. 간척의 실적과 자원

우리나라는 예로부터 농업국가로 발전해 왔기 때문에 간척도 농업을 목적으로 하는 농경지 확장이 주목적이었다. 간척은 해면간척과 매립으로 구분 할 수 있으며, 해면간척이란 해면하 토지의 이용가치를 높이

기 위하여 공유수면을 토목공학적인 수단에 의하여 축조한 방조제로 바닷물을 차단하여 간사지를 육지화하는 토지 조성사업을 말하며, 매립은 공유수면을 대조 만조위 또는 고수위까지 토사 등으로 매립하여 토지를 조성하는 것을 말한다. 이들 사업은 새로운 국토를 조성하는 의의를 갖고 있으며, 우리나라에서 이제까지 시행한 간척은 대부분이 해면간척으로 시행되었다.

농경지 확장이 주목적이었던 해면 간척은 산업화 과정에서 도시화 및 산업용지로 잠식되는 농경지의 대체 공급으로 토지 수급의 균형을 유지하여 농업의 기계화, 기업농을 위한 우량 농지의 창출은 물론 농공생활용수 등의 수자원 확보, 간척사업과 연계된 권역배후지의 용배수 개선으로 고질적인 한수해 방지 등의 직접적인 효과와 공업용지나 택지 및 공공용지 등을 공급하고 경제성장 여력에 따른 위락 시설로 관광지 개발, 육운망 개선 등 쾌적한 생활 공간을 부여하는 간접 효과를 거둘 수 있는 간척종합 개발의 차원으로 개발되고 있으며, 그 규모도 점차 대규모화 되어가고 있는 추세이다. 즉, 근대 간척사업의 필요성을 요약하면 다음과 같다.

Table 1.1 Present status of tideland reclamation in Korea

구 분	총대상면적(ha)		'94년까지 준공		'95년 시행중		개발예정지	
	매 립	간척지	매 립	간척지	매 립	간척지	매 립	간척지
계	635,418 (348)	401,748	86,820 (178)	62,070	107,902 (21)	67,073	440,696 (149)	272,604
정부 시행	585,238 (346)	361,667	52,274 (177)	34,027	92,268 (20)	56,036	440,696 (149)	272,604
대 단 위	124,317 (10)	70,401	27,290 (4)	14,062	68,627 (5)	41,339	28,400 (1)	15,000
서남 해안	460,921 (336)	291,266	24,984 (173)	19,865	23,641 (15)	14,697	412,296 (148)	257,604
서남 해안	427,660 (64)	265,487	-	-	23,137 (14)	14,374	404,523 (50)	251,113
소규모	15,177 (44)	12,677	15,177 (44)	12,677	-	-	- 856	-
미완공	10,969 (140)	7,218	9,609 (126)	6,140	504 (1)	323	(13) 6,917	755
유휴지	7,115 (88)	5,884	198 (3)	148	-	-	(85)	5,736
민간 시행	50,180 (2) <1,440>	40,081	34,546 (1) <1,439>	29,043	15,634 (1) <1>	11,038	-	-
기업	17,418 (2)	12,655	1,725 (1)	1,649	15,593 (1)	11,006	-	-
소규모	32,862 <1,440>	27,426	32,821 <1,439>	27,394	41 <1>	32	-	-

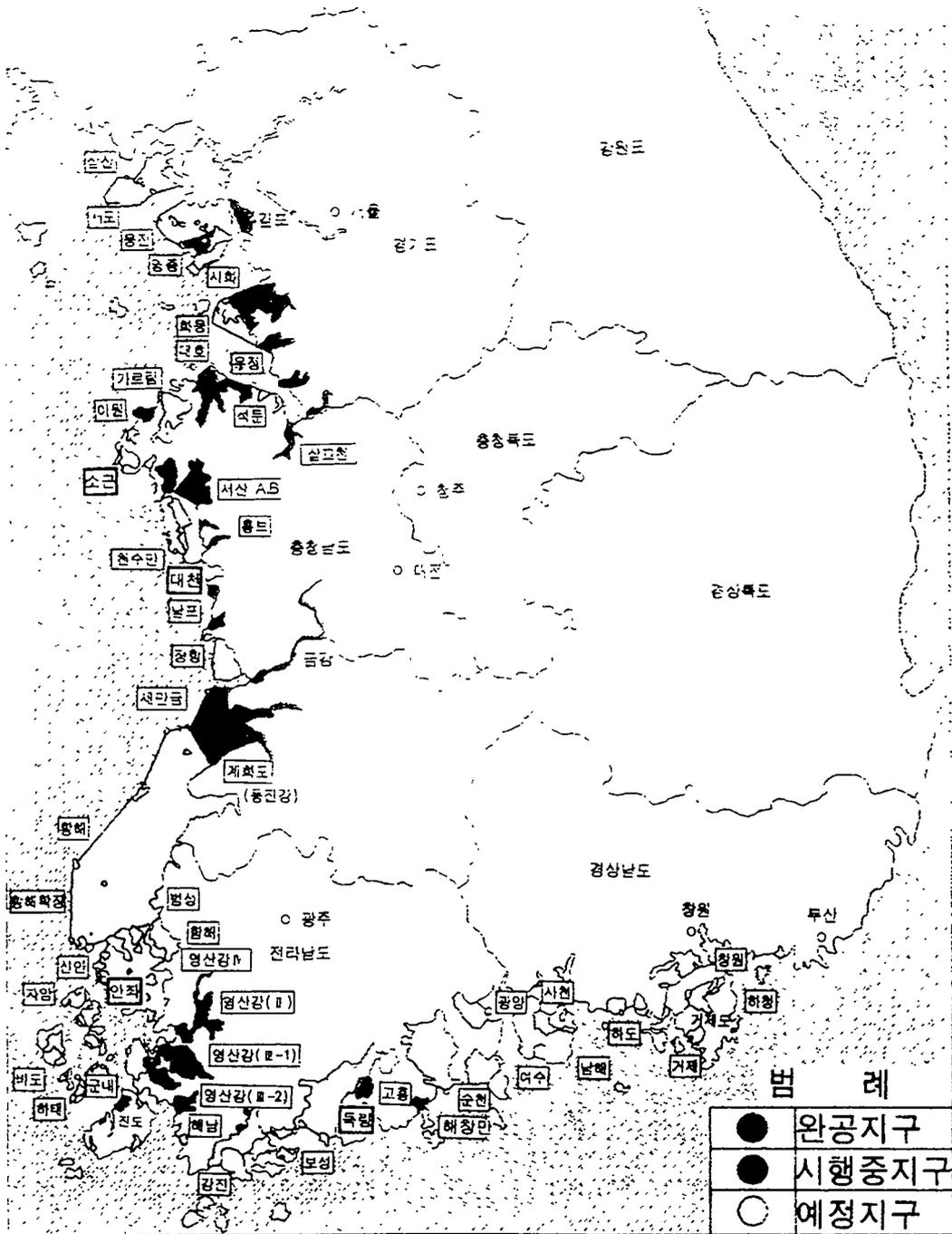


Fig. 1.1 Map of tideland reclamation in Korea

가. 국토 공간의 과밀화와 경제사회 발전으로 인한 토지수요 증대에  
종합적으로 대처

나. 잠식 농지와 한계농지를 대체 개발

다. 일정 수준의 식량자급도 유지를 위한 우량 농지의 확보

라. 담수호에 의한 수자원 개발로 해안지역 용수 해결

마. 서해안 시대의 기반 구축(공단, 공항, 항구의 물량장등)이와 같은 필요성에 따라 현재 주곡인 쌀의 자급 달성과 시장성, 그리고 수급 불균 형에 따라 농업단일 목적 위주로 개발하였던 간척사업이 경제적 발전과 사회적 여건 변화에 따라 종합개발 및 다목적 토지이용 계획으로 달라지고 있으며, 상대적으로 수산자원의 소멸과 환경변화 등의 역기능도 문제점으로 대두되고 있다.

우리나라 서남해안에는 천혜적인 간척적지가 광활하게 펼쳐져 있으며, 총 매립 대상면적은 635,000ha이다. 이중 토지로 개발 가능한 면적은 401,000ha이며, '94년까지 62,000ha가 개발되었고, 현재 공사중인 면적이 67,000ha이며, 앞으로 개발 가능한 면적은 272,000ha에 달한다.

### 3. 간척의 발달사

우리나라의 간척은 세계 어느 나라 못지 않게 일찍 시작되었다고 볼 수 있으며, 네덜란드와 일본을 포함하여 세계 3대 간척입국으로 볼 수 있다. 특히 1970년대 이후에서 현재까지는 세계 어느 나라에서보다 우리나라에서 간척사업이 가장 활발히 진행되고 있다고 보아야 할 것이다.

우리나라는 옛날 문헌의 기록을 보면 고려조 고종 35년(AD 1248)에 병마판관 김방경이 안주이도(安州이도)에 방파제를 막아 백성들에게 경작케한 결과 섬 주민의 식량이 무난히 해결되었다 하며 동 43년에는

군량 확보책으로 강화에 4개포(浦)의 제방을 쌓아 각각 좌우 둔전(屯田)을 삼았다. 이 간척은 당시 수전(水戰)에 약했던 원병(元兵)을 피하여 섬으로 대피한 군인과 민간인의 식량을 해결하기 위하여 발상한 것으로 해면 간척의 기원이라 하겠다.

이조에 와서는 태종 14년에 경기도 통진지구(김포)에 간척지 약 200여석 면적의 땅을 민간인을 동원하여 제방을 쌓았다는 기록이 있다.

간척 기술에 관한 기록 문헌은 이조 정조(正朝)때 정다산의 목민심서에서 간척 사업을 위한 제방 및 배수갑문 축제 방법에 관하여 기록하고 있다. 우리나라 간척은 고려조 이후 식량생산을 위주로 하여 계속 발전해 왔으며 상세한 실적은 문헌상 기록이 없어 구체적으로 소개하지는 못하는 실정이며 1900년대 이후의 사업을 1945년 8월 15일 전후로 구분하여 살펴보고자 한다.

가. 1945. 8. 15 이전은 산미증산 계획을 수립하여 토지 개량 공사를 시행하면서 이 사업의 일환으로 간척 공사를 시행하였으며, 대부분이 소규모이다.

나. 1945. 8. 15 이후 신규 간척 사업은 어느 기간 중단되었다가 일제하에 추진하다가 중단되었던 사업만을 계속 시공하기에 이르렀으며, 1951년도에 착수한 강화 간척 사업이 해방 이후 최초의 간척 사업이다. 1953년에 UNKRA(유엔한국부흥협회)와 수리 및 간척사업에 필요한 협정을 체결함으로써 그 이후 정부사업에 의한 간척사업이 적극적으로 시행되었다. 1961년 5월 제3공화국 탄생 이후 국토건설 사업의 시행과 더불어 농지확대를 위한 개간, 간척등 신규 농경지의 개발과 농지 기반조성에 역점을 두어 추진되었다. 이에 공유수면 매립법이 제정.공포되고 경제개발 5개년 계획이 수립되어 실시되므로 인하여 간척사업도 규모가 대형화되고 활발하게 추진되었다. 1963

년에 우리나라에서는 처음으로 대형면적을 포용한 4,000여ha의 동진강 간척을 시작하였으며, 이어 일부 외국의 차관이 포함되어 대단위 농업종합 개발로 '70년, '71년에 각각 아산, 남양방조제가 착공되었으며, 이어서 '75년, '76년에는 삽교천, 영산강 방조제가 '80년, '83년에는 대호와 금강 방조제가 착공되어 준공되었으며, '90년대에 들어와서는 시화, 화옹, 홍보, 새만금 방조제가 착공되어 공사중에 있으며, 이와 같이 시행되는 과정에서 간척 기술의 획기적인 발전은 물론 규모도 소규모에서 대형화 되어가고 있으며 간척도 천해에서 심해 간척으로 추진되고 있다.

#### 4. 간척기술의 발달과 방조제의 구조 및 현황

우리나라 간척 기술의 발달과정을 연대별로 살펴보면 다음과 같다.

Table 1.2 Major tideland reclamation projects in deifferent decades

년 대	사 업 지 구 명	비 고
1950년대	강화, 대천, 의신, 군내, 광양	준 공
1960년대	대천확장, 지산, 미면, 동진강	"
1970년대	남양, 아산, 소포, 삽교천	"
1980년대	영산강 2단계, 대호, 서산 A, B지구, 낙동강, 금강, 영산강 III - 1	"
1990년대	시화, 화옹, 홍보, 새만금	시공중

사업 목적도 1960년대까지는 단순한 농지조성 목적에서 1970년대에는 각종 용수수요에 대비한 수자원 확보등이 추가되었고, 1980년대에는 각종 산업용지의 조성등 다목적 사업으로 변천되었다.

사업의 규모도 1950년대에는 500ha 정도에서 1980년대에는 10,000ha로 확대되었고 방조제 노선의 최저 지반 고도 대조평균 간조위 부근에서 대조 평균 간조위하 20m까지 깊이 들어가는 등 대규모화되어 가고 있어 간척 기술도 향상되었음을 알 수 있다. 특히, 1991년도에 착공하여 시공 중에 있는 새만금지구는 간척면적이 40,100ha이며, 방조제 연장도 33Km 나 되는 세계적인 대규모 간척 공사이다.

방조제의 외측 비탈의 기울기와 구조가 1960년대까지 동진강 방조제를 제외하고는 일률적으로 1:1 기울기에 돌붙임식의 직립형 단면 형태이었고 1970년대 이후에는 1:2이상의 기울기에 방괴석피복으로 설계한 복식단면 형태를 이루고 있다.

끝막이 공법 및 축제재료의 운반방법은 국가 경제의 규모에 따라 변천되었다.

1950년대 : 장기 끝막이 방식으로 잔교에 의한 교각내 사석충진공법 또는 빈지공법으로 우마차나 인력에 의한 토운차가 이용되었고,

1960년대 : 장기 끝막이 방식으로 덤프트럭에 의한 점축공법 등으로 당시의 여건 하에서 능력의 극대화를 추구한 것이다.

1970년대 : 장기 끝막이 방식으로 덤프트럭에 의한 점축공법

1980년대 : 장기 끝막이 방식으로 대형 덤프트럭에 의한 점축공법과 바지를 이용한 점고식을 병행하는 복합공법으로 시행되었다.

영산강 하구둑(방조제)의 공사는 축제성토도 이제까지 산토로 하던

것을 영산강의 바다모래를 성토재료로 사용하였고 배수갑문도 이제까지 이중문비로 설치하던 것을 단일문비로 설치하였고, 문짝의 규모도 폭을 30m로 크게 설치하는 등 획기적인 변화와 발전을 가져왔으며, 이 지구가 계기가 되어 그 이후로는 이에 준하여 계획·시공되고 있는 실정이다. 참고로 그간 축조된 방조제의 현황은 다음표와 같다.

Table 1.3 Status of sea dike

구 분	지 구 수	몽 리 면 적 (ha)	방 조 제		비 고
			조 수(條數)	연 장 (km)	
계	1,555	108,226	1,914	1,188,186	
국 가	74	72,615	112	226,248	
지방자치단체	1,481	35,607	1,802	961,938	

Table 1.4 Status of sea dike development by year

년 도	몽 리 면 적 (ha)	방 조 제		비 고
		조 수(條數)	연 장 (km)	
'45년 이전	31,040	848	451,110	
'45년~61년	10,164	437	270,383	
'62년~'71년	15,404	424	287,838	
'72년 이후	51,614	205	184,854	

## 5. 방조제의 건설과 환경의 변화

1970년대까지 간척사업은 생존을 위한 식량의 자급달성을 목적으로 정부주도의 개발시대를 거쳐 1980년대 이후 주곡의 자급자족과 국민생활 수준의 향상은 사업목적도 지역사회 발전에 기여하도록 다목적으로 변천되고 사업시행에 있어서도 수산업 및 타산업과의 이해상충에서 오는 경합, 어업권등 각종 기득권의 주장과 보상, 생계대책 및 환경영향 대책등 더욱 심도있는 처리가 필요하게 되었고 기술개발에 의한 경제성 제고에 못지 않게 사업시행의 타당성 검토에 필수적 조건이 되었다. 따라서 앞으로 간척계획 수립의 방향은 간척기술의 개발과 완벽한 토목공학적인 기술처리도 중요하지만 사업목적이 국가종합개발계획과 지역사회 발전계획이 부합되는 종합계획이어야 하며, 정확한 환경영향의 예측과 보전에 관한 기술, 수질관리나 오염대책 및 적정한 보상계획등 사회적인 문제들은 더욱 정도 높게 처리하여야 할 것이다.

특히, 해면간척 사업은 바다에 방조제가 건설되기 때문에 직접적으로 어장이 소멸되고 환경의 변화가 오게 되는데, 특히 조석체계의 변화로 인하여 물환경과 생태환경에 직접적으로 영향을 끼친다. 조위 및 조류 속의 변화는 연안생태계와 수질에 큰 영향을 줄 뿐만 아니라, 장기적으로는 국지적 기상변화와 함께 해안선의 퇴적, 침식 체계의 변화를 초래한다. 특히 어족자원의 보호문제는 간척사업과는 역기능적인 현상으로 발생하게 되는데 이에 대한 연구대책이 요구되고 있다.

어족자원 중에는 생태학적으로 보호할 것이 있겠으나, 특히 수산자원으로 중요한 어족에 대하여는 그들의 서식환경을 조성해 주어야 하기 때문에 방조제를 이용한 대책 연구가 절실히 필요하다.

수산자원과의 문제에 대하여는 간척사업은 수산양식업의 터전인 바다를 육지화시키는 것이므로 무엇보다도 연안어업과 수산양식업에 불

리한 영향을 준다.

바다가 얇고 넓은 간사지가 발달되어 있으며 조수간만의 차가 크고 해안선의 드나듦의 심한 지형조건을 지닌 서해안과 남해안 일대는 간척사업의 최적지이기도 하지만 연안어업과 수산양식업의 최적지로 우리나라 어업과 수산양식업에서 차지하는 비중이 매우 높다.

방조제가 건설되면 방조제 내측의 바다는 어장 자체가 소멸되게 되며, 방조제 외연의 어장은 조류와 연안류의 유속과 유향이 달라질 뿐만 아니라 해저지형이 변화되고 수질이 악화되어 해조류 및 어패류의 종과 수가 감소되고 변화되는 경우가 많다.

전장의 방조제의 현황표에서 보여 주듯이 이와 같이 많은 방조제들에 의하여 영향을 받는 어장 환경의 영향을 어떻게 해야 감소시키고 이를 이용하여 어장환경을 조성해 주는 방안을 연구하여야 할 필요성이 대두되고 있는 실정이다.

현재 시행중인 간척사업지구중 규모가 제일 큰 지구에 대하여 본 연구를 시행하고자 한다.

## 제2절 새만금지구 간척사업

### 1. 사업개요

새만금 간척 종합개발사업은 부안측으로부터 대항리 가력도, 신시도, 야미도, 비용도, 군산측을 연결하는 33km의 방조제를 축조하므로써 40,100ha를 매립하여 28,300ha의 토지를 창출하고 11,800ha의 담수호를 조성하게되며 35,000만톤의 수자원을 확보하여 다목적으로 이용하는 사업이다.

주요 외곽시설로서는 방조제 4조 33km, 지구내 유역으로부터 유입되

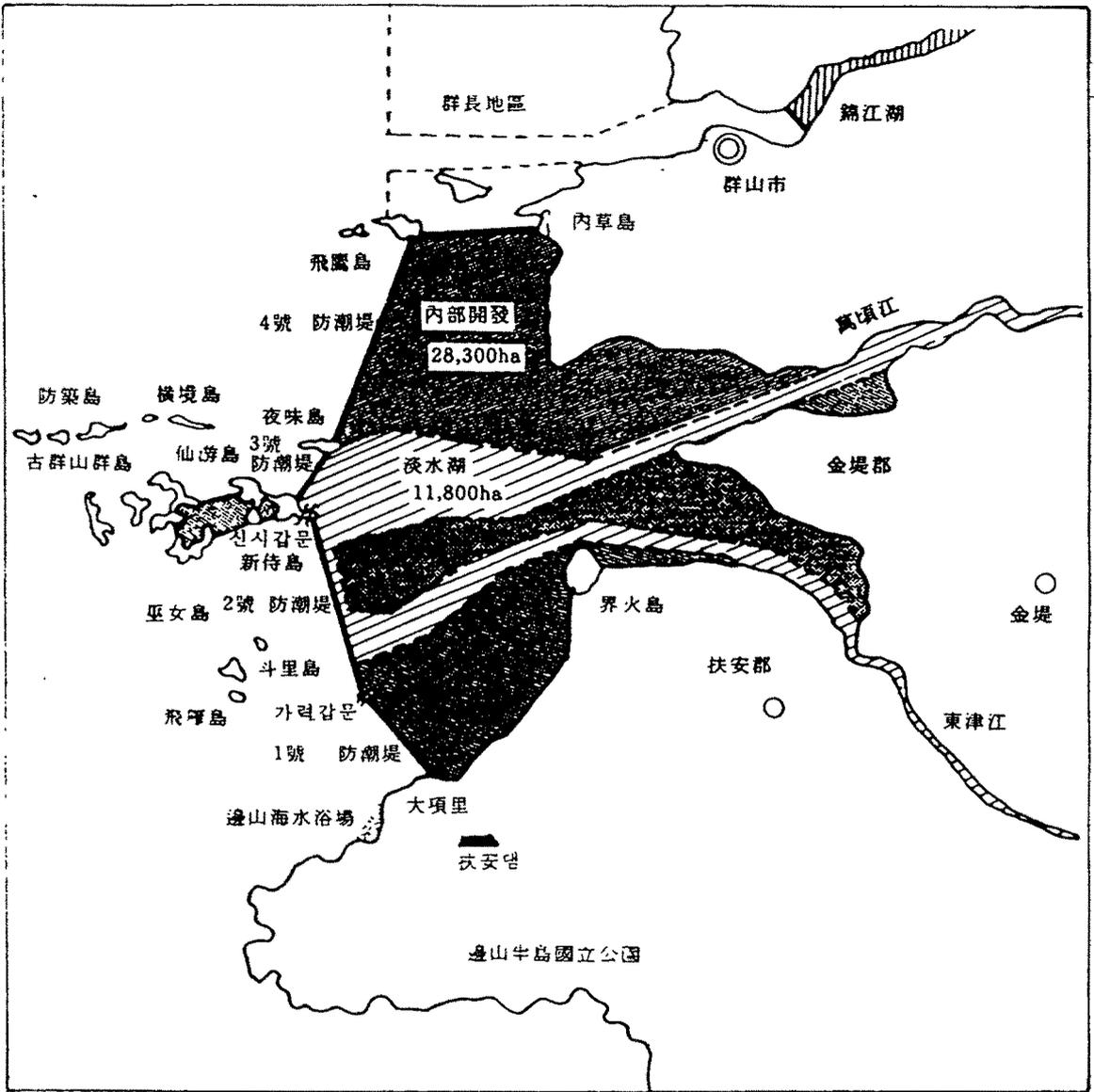


Fig 1.2 Plan of SAE MAN GUM tideland reclamation project

는 홍수량 12,400m<sup>3</sup>/sec를 배수할 수 있는 배수갑문 2개소, 통선문 2개소, 영구선착장 3개소, 어도등을 설치하도록 계획되었다.

## 2. 방조제

방조제 노선은 부안군 변산면 대항리 서두터를 기점으로 군산시 비응도동의 비응도까지 4개(4조)의 방조제 33km를 설치하게 되며 배수갑문 2개소 656m를 설치하여 홍수량을 배제하고 수위를 조절하게 된다.

방조제의 형식은 방조제의 형식이 결정되는 기본조건은 외력인 기상 및 조량의 크기 조건과 기초지반의 토질상태, 인근의 축조재료 분포상태조사 및 체결진행시의 유속등을 분석하여 시공성, 경제성, 안정성을 고려하여 결정하여야 한다.

이 지구는 방조제 노선이 기설 타지구와는 달리 외해에 축조되는 심해 간척 방조제로 외력인파고가 2배이상 크고 체결조건인 매립면적이 40,100ha로 조량의 유출입량이 크며 축조재료중 〇 석재는 인근에 풍부하나 시종점부는 국립공원과 군장지구 고시구역내에 분포되어 있으며 산토는 인근지역에 부존량이 적고 해저에 해사매장량은 풍부하게 산재되어 있다.

방조제 노선의 기초지반상태는 3호방조제가 연약지반이며 여타 방조제 구간은 실트질 모래, 또는 모래층으로 기초지반이 양호한 지반이나 세사구간으로 체결진행에 따라 약간 유속이 증가하여도 세굴내지는 침식의 우려가 예상되는 지형으로 위의 여건을 고려하여 이 지구의 방조제 계획에서는 바다측은 1:4~1:6의 구배로 외력에 저항할 수 있는 석재(石材)로 축조하고 내측은 해사(海砂)로 성토하여 차수가 되도록하며 성토구배는 해사의 안식각 등을 고려하여 1:15로 계획하여 완경사형 토석제(土石提)로 계획하였다.

Table 1.5 Height of sea dike

방조제명	설계고조위	조 파 고	해면상승고	여 유 고	제 고
1 호	EL (+) 4.52	4.46M	0.30M	0.92M	EL(+)10.20M
2 호	"	3.90	0.26	0.92	(+) 9.60
3 호	"	3.10	0.24	0.88	(+) 8.50
4 호	"	5.19	0.44	0.85	(+)11.00

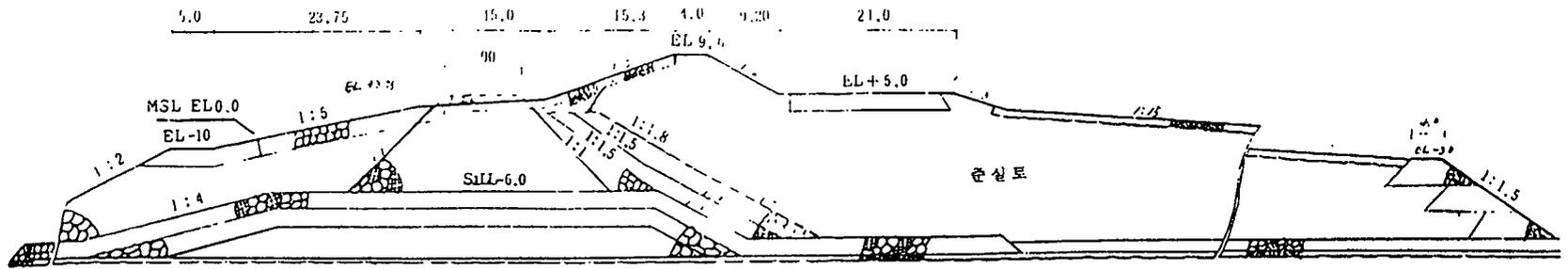


Fig. 1.3 Standard section of final gap closure

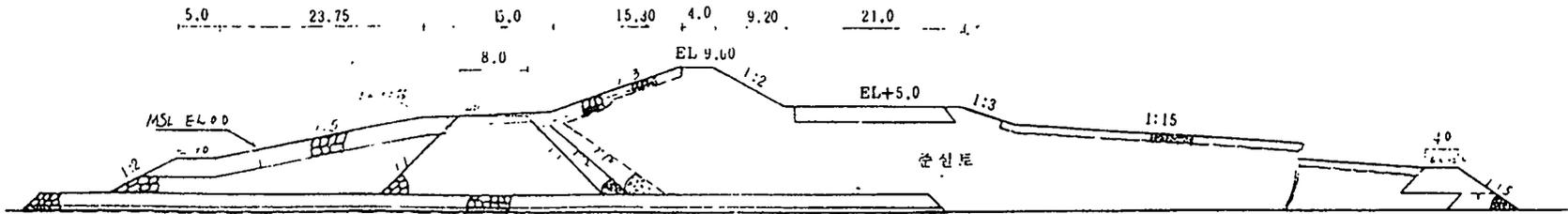


Fig. 1.4 Standard section of preliminary closure

- 17 -

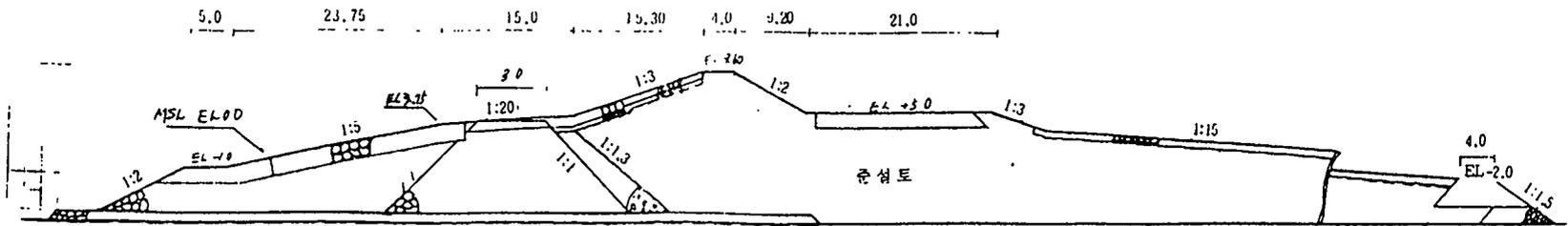


Fig. 1.5 Standard section of sea dike

### 3. 사업계획 개요

#### 가. 개발여건

##### (1) 자연적 여건

- ① 서해안 중심관문으로 중부권 지역에 위치
- ② 금강, 만경강, 동진강등 풍부한 수자원 확보 가능
- ③ 고군산 군도는 대규모 천연항만 입지 조건 구비
- ④ 국제경쟁력과 고도 생산 체계를 구비한 종합산업단지화 최적
- ⑤ 경사가 완만하고 방대한 간석지 발달로 대단위 간척 최적지  
(경사 : 1%, 간만의 차 : 6M, 유속 : 0.7M/초)

##### (2) 사회적 여건

- ① 산업화 및 도시화로 대단위 토지 수요 급증
- ② 중국권 교역에 대비한 대규모 산업시설 기반구축
- ③ 항만개발, 육운개선으로 수출입 화물 적체현상 해소
- ④ 만경강, 동진강 유역 (12,000ha) 상습 침수 피해 방지

#### 나. 사업개요

##### (1)사업구역

Table 1.6 Project area

도	시. 군	읍. 면. 동	비 고
전북	군 산	비용도, 내초, 옥구, 옥서, 회현, 대야, 옥도(7개)	28,525ha
	김 제	광활, 죽산, 만경, 청하, 성덕, 부양, 진봉(7개)	5,290ha
	부 안	계화, 동진, 하서, 변산, 백산(5개)	6,285ha
1도	2시 1군	19읍. 면. 동	40,100ha

##### (2) 개발면적 및 토지 이용계획

- ① 개발면적 40,100ha

- 토지조성 28,300ha

- 담 수 호 11,800ha

② 토지이용계획 28,300ha

- 종합농업단지 10,300ha

- 도시 및 공업단지 : 9,400ha

- 근교원예단지 2,500ha

- 수산개발단지 2,000ha

- 관광단지, 기타 4,100ha

(3) 주요시설

(가) 외곽시설

① 방 조 제

- 위 치 : 전북부안군변산면대항리-고군산 신시도-군산시 비응도

- 연 장 : 33km

- 제 체 적 : 7,300만m<sup>3</sup> (사석 : 3,100만m<sup>3</sup>, 해사 : 4,200만m<sup>3</sup>)

- 최대제고 : 36m

- 최대저폭 : 290m (상폭 : 40m)

- 부설도로 : 35km (4차선 포장도로 : B = 17.0m)

- 축조공법 : 사석, 해사 성토공법

② 배수갑문

Table 1.7 Summary of sluice gate structures

구 분	신시 배수 갑문	가력 배수 갑문
위 치	신시도	북 가 려 도
규 모	30m x 15m x 10련	30m x 15m x 8련
연 장	368.5m	287.5m
통 선 문 형 식	16m x 65m x 1개소 유압식 선형갑문 (Hydraulic Radial Gate)	4m x 30m x 1개소 유압식 선형갑문 (Hydraulic Radial Gate)
부 대 시 설	어도 및 제염 암거	어도 및 제염 암거

(나) 내부개발

- ① 개발면적 : 28,300ha
- ② 내방수제 : 6조 138km
- ③ 양.배수장 : 13 개소
- ④ 용.배수로 : 35조 320km

(4) 사업효과

(가) 직접효과

- ① 국토확장으로 21세기 산업용지 신규 창출
  - ㉠ 국토확장 40,100ha (여의도의 140배)
  - ㉡ 농수산용지 신규 창출 14,800ha
  - ㉢ 도시공업용지 신규창출 13,500ha
  - ㉣ 종합 산업단지로 이용시 9조 2천억원의 수익 발생
- ② 첨단 산업기지로서의 최적지 조성
  - ㉠ 수자원(금강, 만경강, 동진강) 확보로 연간 10억톤 이용가능
    - 농어촌용수.생활용수.공업용수 등
  - ㉡ 중국 등 대륙권 무역기지화 유리
    - 중국 청도항까지 580km (인천 610km, 목표 620km)
  - ㉢ 신국제공항 및 종합유통센터 조성
  - ㉣ 국제 휴양 관광단지 개발여건 최상
  - ㉤ 백제 고도권, 변산국립공원 및 해양관광권(고군산군도) 연계
  - ㉥ 첨단 농업 시범단지 조성으로 국제경쟁력 제고
- ③ 새만금 신국제 무역항 조성
  - ㉠ 수심 20 ~ 25m로 10만톤급 선박 자유입출항 가능한 서해안 중심항구로 최적지
  - ㉡ 연간 하역능력 5천만톤 가능

- 중부권 대량화물 기지항
- 서해안 경제권 중심항
- 관광 및 어업전진기지로 여건 최적

(나) 간접효과

- ① 만경.동진강유역 수해상습지 해소
  - ㉠ 수해상습지 배수개선 12,000ha
  - ㉡ 배수개선에 의한 농작물 증수 및 재해방지로 연간 400억원 수익 발생
- ② 육운개선으로 교통편의 증진
  - ㉠ 해안선 단축 66km
  - ㉡ 해안도로 개설 35km
- ③ 전북지역 유희 노동력 고용 증대
  - ㉠ 노동인구 1,339만명 고용

4. 공사추진계획과 어업권 보상

새만금 사업은 우리나라 간척사상 가장 규모가 큰 사업이며 세계적인 간척사업으로서 여기에 투입되는 총사업비만도 1조 9천 5백여억원 이나 소요되는 사업이다. 이 사업은 현재의 계획으로는 2001년까지 가 야 준공되도록 되었다.

새만금 간척사업은 그 규모면에서나 효과면에서 역사적인 큰 사업인 만큼 이에 반하여 어업 측면에서의 손실 또한 큰 것으로 나타났다.

어업의 손실에 따른 보상액만도 약 4000억원에 달하고 있는 것으로 예상되고있으며 그 내용으로는 면허어업, 어선어업, 채포업, 체조업, 맨 손업등 다양하고 또 그 양과 액수도 대단히 크기 때문에 간척에 따른 역기능 등 주요한 대책마련이 필요 할 것이다.

## 5. 잠재단면의 검토

해면간척사업등의 해상공사로 인하여 손실된 어장환경을 보완하기 위하여 어장환경조성을 위한 새로운 시설물을 설치하는 방법도 검토할 수 있다. 그러나 해면간척사업과 해안보존을 위하여 축조된 수십km의 방조제 (예 : 새만금 간척사업)를 이용한 어장환경조성기술 개발을 위하여 새만금 방조제 축조후의 조석 조류의 특성을 구명하고 방조제 전면에 잠재를 설치하여 수산의 관점에서 검토해 보고저하며 이에따른 토목 공학적인 잠재의 단면을 검토코저 한다.

### (가) 잠재단면의 검토

#### (1) 잠재 단면 검토 인자

- ① 잠재축조 노선의 수심
- ② 축조 재료의 성질과 형상
- ③ 재료의 수중 침강속도
- ④ 작업의 시기, 해상 및 기상 조건
- ⑤ 운반 투하장치의 종류와 조합
- ⑥ 투하방법의 정밀성.신속성
- ⑦ 위치 측정 장비의 정밀.정확성
- ⑧ 조합 작업의 숙련도

#### (2) 잠재노선의 수심

Table 1.8 Water depth at the location of submerged dike

방조제노선	해상도 평균 수심			대조승	대조시 수심	
	훤덤	환산치	미터환산		간조시	만조시
1호방조제	7.5 <sup>f</sup>	1.83 <sup>m/f</sup>	13.7 <sup>m</sup>	5.9 <sup>m</sup>	14.0 <sup>m</sup>	20.0 <sup>m</sup>
2호방조제	18.5 <sup>f</sup>	"	15.6 <sup>m</sup>	6.0 <sup>m</sup>	16.0 <sup>m</sup>	22.0 <sup>m</sup>
3호방조제	-	-	-	-	-	-
4호방조제	12.0 <sup>f</sup>	1.83 <sup>m/f</sup>	1.83 <sup>m</sup>	6.2 <sup>m</sup>	22.0 <sup>m</sup>	28.0 <sup>m</sup>

\* 자료 : S = 1 : 75,000 해도에 의함

(3) 잠재노선의 조류속 추정

Table 1.9 Current velocity in submerged dike

위 치	창 조 시		낙 조 시		비 고
	유 향	유속(cm/sec)	유 향	유속(cm/sec)	
1.호방조제	NE	10 ~ 20	SW	10 - 20	
2호방조제	E	10 ~ 20	SW	10 - 20	
3호방조제	-	-	-	-	
4호방조제	NNE	40	SSW	50	

(4) 사석의 침강속도

Table 1.10 Fall velocity of stone

직 경 (D)	침 강 속 도 (W)
0.01 <sup>m</sup>	0.46 <sup>m/sec</sup>
0.10 <sup>m</sup>	1.44 <sup>m/sec</sup>
0.50 <sup>m</sup>	3.22 <sup>m/sec</sup>
1.00 <sup>m</sup>	4.56 <sup>m/sec</sup>
1.50 <sup>m</sup>	5.58 <sup>m/sec</sup>
2.00 <sup>m</sup>	6.44 <sup>m/sec</sup>

- 공 식

$$W = [(2gV/c_d A) * (r_s/r_w - 1)]^{0.05} \approx 4.56 \times D^{0.5}$$

여기서 W : 석재의 침강속도 (m/sec), c<sub>d</sub> : 형상계수 (≈1.0)

g : 9.8m/sec<sup>2</sup>, v : 입자의 체적 (πD<sup>3</sup>/6)

A : 단면적 (πD<sup>2</sup>/4), r<sub>s</sub> : 2.6, r<sub>w</sub> : 1.0

(5) 노선 위치별 투하재료 이동거리 추산

① 조 건 : 석재규격 : D = 0.5m일시, 침강속도 : W ≈ 3.0m/sec

Table 1.11 Moving distance of falling stone

잠재위치	수 심		침강시간		조류속(최대)		사석확산범위		비 고
	간 조	만 조	간 조	만 조	창 조	낙 조	창 조	낙 조	
1호방조제	m	m	초	초	m/sec	m/sec	m	m	
2호방조제	14.0	20.0	4.7	6.7	0.2	0.2	1.0	1.4	
3호방조제	16.0	22.0	5.3	7.3	0.2	0.2	1.1	1.5	
3호방조제	-	-	-	-	-	-	-	-	
4호방조제	22.0	28.0	7.3	9.3	0.40	0.5	2.9	4.6	

②조건 : 석재규격 : D ≃ 2.0m일시, 침강속도 : W ≃ 6.0m/sec

Table 1.12 Moving distance of falling stone

잠재위치	수 심		침강시간		조류속(최대)		사석확산범위		비 고
	간 조	만 조	간 조	만 조	창 조	낙 조	창 조	낙 조	
1호방조제	m	m	초	초	m/sec	m/sec	m	m	
1호방조제	14.0	20.0	4.7	6.7	0.2	0.2	0.5	0.7	
2호방조제	16.0	22.0	5.3	7.3	0.2	0.2	0.5	0.8	
3호방조제	-	-	-	-	-	-	-	-	
4호방조제	22.0	28.0	7.3	9.3	0.40	0.5	1.5	2.4	

(6) 잠재시공단면의 추정

- 단면하단부, 중위부위는 대형사석으로 형성됨
- 상단부위는 입자 침강속도에 따라 적은 입자로 축조됨
- 양사면 부위는 적은 사석으로 조성
- 1.2호방조제 노선 구역의 잠재 단면은 수심과 조류속이 적으나 바지의 운항관성과 투하지체 시간등으로 인하여 B = 2 ~ 5m ≃ 3.0m정도로 조성될것으로 보며 높이도 축점별로 H = 3 ~ 7m ≃ 5.0m로 조성 될 것임. 따라서 수중 고르기를 하

거나 조류속을 차단하는 수중보가 아니고 어류 양식장 조성 단면이 좋을 수도 있을 것을 추정하나 더 연구 검토가 요망된다.

- 3호방조제 구역은 섬구역으로 제의
- 4호방조제 구역은 수심이 깊고 조류속이 비교적 크므로 바지 투하 작업시간의 제한을 받겠으며 비교적 좋은 해상 및 기상 조건에서도 사석 투하 지체시간의 침강속도 및 시간으로 투하재료 입도 분리가 심하여 잠재단면 조성은 정폭  $B = 2 \sim 8m \approx 5.0m$ ,  $S = 1 : 1.0 \sim 5.0m \approx 1 : 2.0$ 으로 형성될 것이다.
- 앞에서 분석한 바와같이 모든 인자를 감안하여 계산한 결과를 가지고 시공성을 검토하여 실제 형성될 단면을 그려보면 다음과 같다.

이 단면은 실제 시공시에 형성될 수 있는 최소의 단면을 표시한 것이며 필요에 따라서 더 큰 단면으로도 시공할 수 있을 것이다.

잠재의 높이는 수심에 따라서 달라지며 이에따른 저폭도 달라지게 된다. 우리나라의 서남해안은 리아스식 해안으로서 드나듬이 대단히 심하여 간척지구마다 수심, 조차, 조유속, 유향, 조량등 해상조건과 기초지반 그리고 축제재료가 다를 수 있다.

많은 간척으로인한 간사지와 어장의 소멸에 대하여 위에서 설명한 간척지구의 여건에 따라서 방조제의 외측경사를 완하게하거나 현재의 단면을 역단면으로 구상하여 시공하므로써 부분적으로 어장을 조성해주는 효과도 있을 수 있다.

외국에서도 부분적이기는 하지만 지속 가능한 개발로서 미찌게이슨(자연환경에의 완화)의 개념이 인식되어가고 있는중 그의 정으나 해석

혹은 계획평가등의 기술에 관한 논의가 되기 시작하고 있다:

이에 구체적인 실시 예로부터 연구를 전개하는 것이 필요하다고 생각된다.

여기에서 어느개발 행위에 의하여 현상의 생물, 생식환경이나 생태계에 부(負)의 영향을 줄 염려가 있는 경우에 어떠한 저감, 혹은 보다 정(正)으로 전환하는 시책의 사례도 있을 수 있다.

인공간사지의 조성사례도 있어 이의 효과를 관찰하고 있다.

(1) 1, 2호 방조제 노선 구역

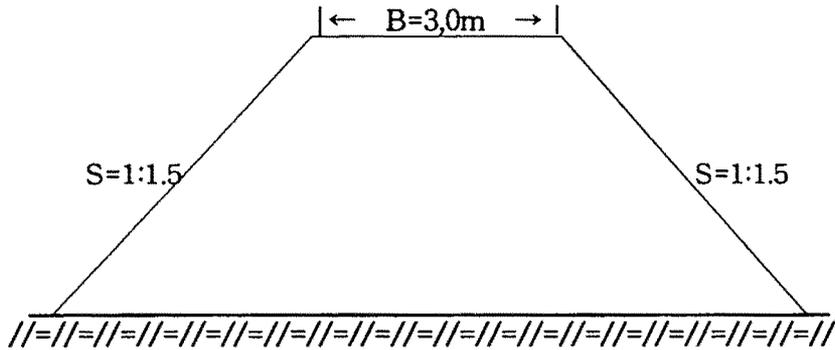


Fig. 1.6 Standard section of submerged dike

(2) 4호 방조제 노선 구역

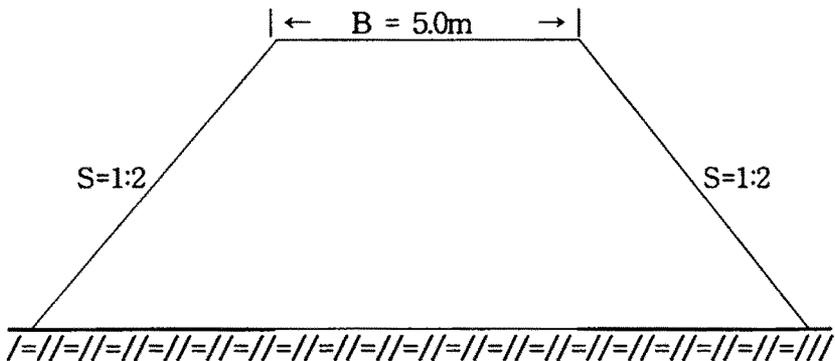


Fig 1.7 Standard section of submerged dike

## 제2장 방조제 축조해역의 조류특성

### 제1절 조류 관측

농어촌진흥공사에서 전북연안에서 관측한 조류·조위의 관측지점은 Fig.2.1과 같다. 1993년 11월 10부터 16일까지 관측한 연도 및 말도의 관측자료중 매시간의 조위를 가지고 단기 조화분석방법으로 구한  $M_2$ 분조의 진폭과 위상은 table 2.1 와 같다.

Table 2.1 Tidal Harmonic Constant of Joenbuk coastal

분 조	명 칭	연 도		말 도		비 고
		H(cm)	K(°)	H(cm)	K(°)	
$M_2$	주태음반일주조	206.0	69.6	205.3	70.4	

새만금지구 외측해역의 조석의 형태수는 0.20내외로 반일주조형 조석형태를 하고 있다. 즉 일주조는 반일주조의 약1/5을 점하며 거의 규칙적으로 1일2회의 간조 및 만조가 일어나며 일조부등은 적으나 조차가 크므로 약간큰 조위의 부등을 볼 수 있다.

Table 2.2 Maximum current in Saemankeum area

측 점	조 별	창조류			낙 조 류			항류 ( m/ sec )
		유향 ( ° )	측정유속 ( m/ sec )	갱정유속 ( m/ sec )	유향 ( ° )	측정유속 ( m/ sec )	갱정유속 ( m/ sec )	
94-R-3	대조	92	0.90	0.77	270	1.24	1.11	-0.17
	중조	87	0.70	0.54	271	0.91	0.76	-0.11
	소조	87	0.48	0.43	265	0.51	0.45	-0.01
94-R-4	대조	36	1.13	0.99	236	1.22	1.09	-0.05
	중조	37	0.60	0.45	239	0.85	0.71	-0.13
	소조	34	0.42	0.40	270	0.27	0.24	0.08

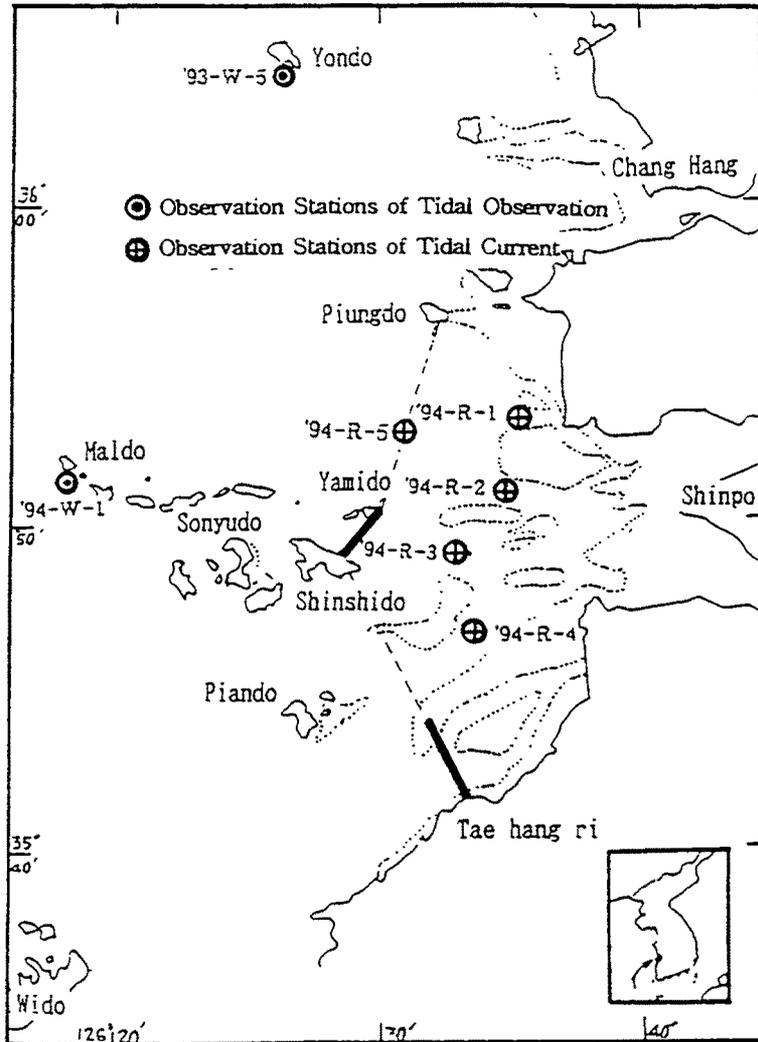


Fig. 2.1 Map of field measurement

관측지점(측점:94-R-3,측점:94-R-4)에서 농어촌진흥공사에서 1993년 9월 7일부터 1993년 9월 16일까지 관측한 유속 stick는 Fig.2.2, Fig.2.3과 같다  
관측간격은 30분이다.  $M_2$ 분조의 조류타원도는 Fig.2.4와 같다.

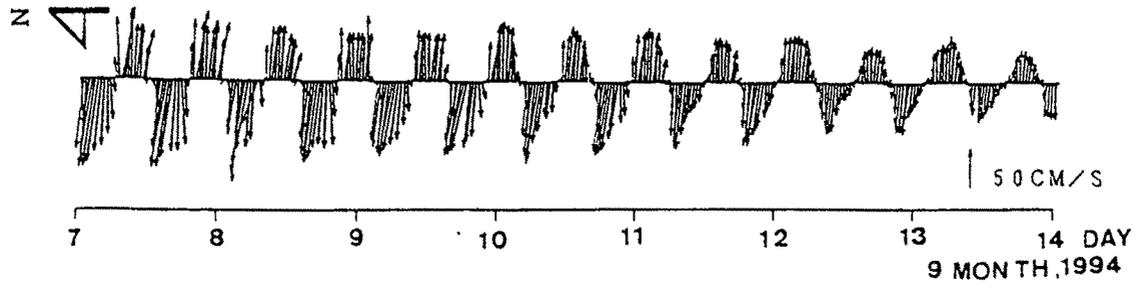


Fig.2.2 Tidal current stick diagrams at saemangeum.(94-R-3)

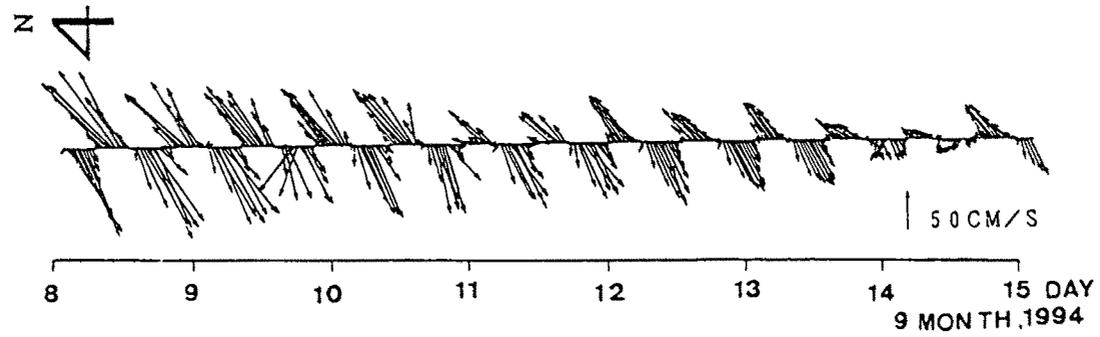
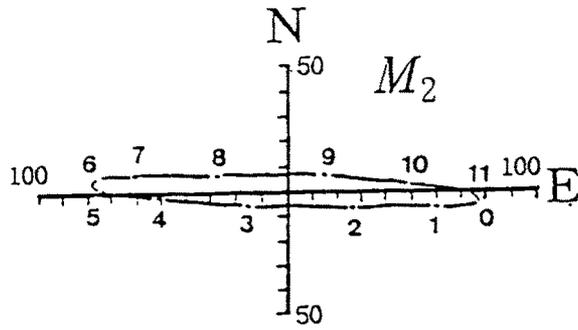
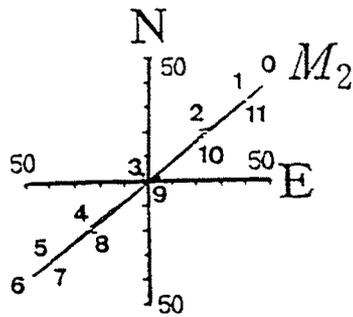


Fig. 2.3 Tidal current stick diagrams at saemangeum(94-R-4)



Observed (94-R-3)



Observed(94-R-4)

Fig. 2.4 Observed  $M_2$ tidal current ellipses at Saemangeum area

## 제2절 조류관측결과

전북 연안 해역의 관측 결과로 부터 얻어진 조류는 창조류시 관측지점 (94-R-4)에서  $M_2$ 분조의 조류는 남서 방향에서 진입하고 있었으며, 측점:94-R-3에서  $M_2$ 분조의 조류는 3호방조제의 축조로 유로가 차단되어 약한 유속을 나타내고 있었다. 낙조류시 관측 지점(94-R-4)에서  $M_2$ 분조의 조류는 외해를 향하여 남서방향으로 흐르고 있었으며 유향은  $230^{\circ}-265^{\circ}$ 였다. 창조류 때의 조류는 남서방향으로 진입하는데 남부의 동진강하류부(관측지점:94-R-4)에 있어서 평균대조기의 유속은  $1.00\ m/sec$ , 관측지점 94-R-3에서는 3호 방조제의 축조로 유로가 차단되어  $0.77\ m/sec$ 의 약한유속을 나타내고 있었다. 창조류의 유향은  $43\sim 99^{\circ}$ 의 방향으로 대체적으로 하구를 향해 북동-동류하고 있었다. 낙조류의 유속은 남부의 동진강 하류부(관측지점:94-R-4)와 신시도·야미도에서  $1.100\ m/sec$ 의 유속으로 창조류보다  $0.10\sim 0.20\ m/sec$ 가 강하였다. 유향은  $233\sim 280^{\circ}$ 의 방향으로 대체적으로 외해를 향해 남서류하고 있었다.

## 제3장 방조제 축조 주변해역의 생물특성조사

### 제1절 해양생산력 조사

새만금 사업으로 형성되는 방조제 설치해역중 해양생태계내의 기초생산자인 식물성플랑크톤의 정적변수와 동적변수를 파악하고자 한다.

해양생산력 조사에서 광은 물에 빨리 흡수되고 부유물에 의해 산란되므로 물을 통과하는 광량이 광합성에 영향을 미치고, 광합성에 관여하는 색소의 종류는 다양하지만 대체로 Chlorophyll a가 다른 색소보다 광합성 생물체에 많이 함유되어 있어서 광합성의 주 색소로 이용되고 있다. 따라서 Chlorophyll a와 광량을 측정함으로써 간접적으로 수계의 생산성을 밝힐 수 있는 지표로 이용하고 있다.

그러므로 해양생태계의 기초생산자인 식물성플랑크톤을 조사하고자 총 4회의 현장조사가 완료되었고, 실험실내에서의 연구가 현재 진행되고 있다. 현장조사 정점은 그림 3.1과 같다.

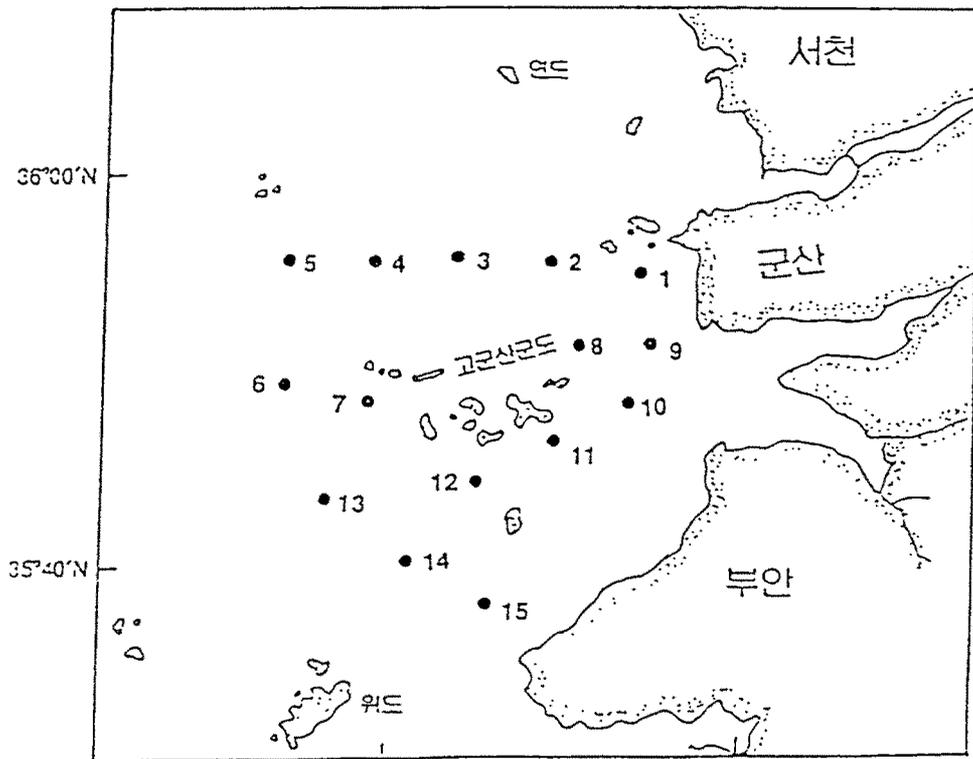


그림 3.1 현장조사 정점

## 제2절 주요연구 개발사업 내용 및 중간결과

### 1. 기초생산력 조사

Chlorophyll a의 함량은 조사정점에서 채수하여 미공여지(공경  $0.45\mu\text{m}$ )로 여과하여 얻은 biomass를 90% acetone으로 녹여, 그 상등액을 663nm, 645nm, 630nm의 파장에서 각각 흡광도를 측정하여 측정치를 UNESCO-SCOR법(1966)에 의하여 Chlorophyll a의 함량을 산출하였으며, 그 결과는 표3.1의 예와 같이 정리하였다. 현재 분석중인 시료에 대해서는 본 연구 기간내에 충분한 시간적 여유를 두고 처리해 나갈 예정이다.

### 2. 식물성플랑크톤의 동정 및 계수

현장 조사시 채취한 시료에 대하여 종조성 및 종별 현존량을 파악하기 위하여 현미경 관찰을 통한 동정 및 계수를 분석하고 있다. 조사된 시료의 총 세포농도, 주요 우점종의 학명 및 우점도, 대분류군별 총 출현종수등을 표 3.1의 예와 같이 정리 하였다.



### 3. 동물성플랑크톤

조사해역에 분포하는 동물성플랑크톤의 조사를 위하여 1995년 5월, 8월, 10월에 Norpac Net로 그림 3.1의 정점에서 수평 채집하였다.

조사기간중 출현한 동물성플랑크톤은 총39개 분류군으로 춘계 5월 29개 분류군, 하계 8월에 37개 분류군으로 하계에 가장 많은 분류군이 출현하였다. 분류군별 종수는 요각류가 24종으로 가장 많았고, 다음으로 유생군이 6개 분류군, 지각류 3종, 모악류 2종, 쌍편모충류, 단각류 및 유형류가 각각 1종씩 출현하였다.

조사기간중 우점 하였던 주요 분류군은 5월과 8월에 *Noctiluca sintillans*였다. 정점별 동물성플랑크톤의 현존량(출현개체수)은 8월에 정점 1에서 최고 2,171개체/m<sup>3</sup>로 나타났고, 계절별 현존량은 춘계에 398~1,137개체/m<sup>3</sup>(평균 601개체/m<sup>3</sup>), 하계에 860~2,171개체/m<sup>3</sup>(평균 1,311개체/m<sup>3</sup>)으로 하계에 출현량이 많았다. 요각류의 우점종은 5월에 *Acartia hudsonica*와 *Centropages abdominalis*, *C. affinis*, 8월에 *Paracalanus indicus*, *Acartia pacifica*, *Corycaeus affinis*로 계절에 따라 우점종이 변화하였다.

### 4. 저서동물

본 조사기간중 그림 의 각 정점에서 출현한 조건대 저서동물을 1995년 5월, 8월, 10월에 채집하였고, 일부 시료에 대하여 미동정된 것이 있으나 동정이 완료된 것은 8문 16강 119종으로 해면동물문 1강 2종, 자포동물문 1강 3종, 연체동물문 3강 59종, 환형동물문 2강 21종, 절지동물문 3강 30종, 극피동물문 2강 4종이 출현하였다. 계절별 출현 양상은 춘계(5월)에 110종, 하계(8월) 119종이 출현하였다. 출현한 우점종은 절지동물문의 *Chthamalus challenger*, 연체동물의 *Crassostrea gigas* 등의 부착생물과 연체동물의 *Litollina brevicula* 등이 우점종으로 나타났다. 동정이 완료된 종들의 정점별 출현 현존량은 5월 288~578개체/m<sup>3</sup>, 8월 313~666개체/m<sup>3</sup>였다.

## 5. 어류

조사기간중 조사해역에서 낭장망으로 어획되는 어류를 '95년 5월, 8월, 10월에 채집하였고, 일부 시료에 대하여 분류가 되지 않은 것이 있으나 완료된 것은 총 32종이 채집되었고, 이것은 표 3.2에 정리하였다.

낭장망에 의한 우점종은 아직 조사가 완료되지 않았으나, 전어, 밴댕이, 응어, 멸치의 출현량이 압도적으로 많이 나타났다.

표 3.2 낭장망에서 채집된 어류(\*\* 1~10개체, \*\* 10~100개체, \*\*\* 100~1,000개체, \*\*\*\* 1,000개체 이상)

학 명	국 명	출현개체수	
		1995년 5월	1995년 8월
<i>Raja kenojerei</i>	홍 어	+	+
<i>Dasyatis akajei</i>	노랑가오리	+	+
<i>Konosirus punctatus</i>	전 어		++
<i>Harengula zunasi</i>	밴댕이	+++	++++
<i>Ilisha elongata</i>	준 치	+	++
<i>Setipinna taty</i>	반 지	+	++
<i>Thrissa kammalensis</i>	청 멸	++	++
<i>Engraulis japonica</i>	멸 치	++	++++
<i>Coilia ectenes</i>	응 어	++	++
<i>Conger myiaster</i>	붕장어	+	+
<i>Hemiramphus sajori</i>	학공치		+
<i>Syngnathus schlegeli</i>	실고기	+++	++
<i>Mugil cephalus</i>	승 어	++	+
<i>Lateolabrax japonica</i>	농 어	++	+
<i>Silago japonica</i>	청보리멸		+++
<i>Nibea albi flora</i>	수조기	+	+
<i>Argyrosomus argentatus</i>	보구치	+	++
<i>Collichthys lucidus</i>	황강달이	++	++
<i>Pholis fangi</i>	흰베도라치	+++	+
<i>Ammodytes personatus</i>	까나리	+++	+
<i>Repomucenus ornatipinnis</i>	꽃돛양태	+++	++
<i>R. koreanus</i>	참돛양태	++	++
<i>Trichiurus lepturus</i>	갈 치		++
<i>Pampus argenteus</i>	병 어	+	++
<i>Scomberomorus niphonius</i>	삼 치		+
<i>Leiognathus nuchalis</i>	주등치	+	++
<i>Sebastes schlegeli</i>	조피볼락	+	+
<i>Chelidonichthys spinosus</i>	성 대	+	+
<i>Platycephalus indicus</i>	양 태	++	++
<i>Cynoglossus joyneri</i>	참서대	++	++
<i>Zebrias fasciatus</i>	노랑각시서대	++	+
<i>Takiugu vermicularis</i>	매리복	+	+

가. 방조제 주변해역에 서식 분포하는 어획대상 어종의 생태와 습성에 관한 자료조사

방조제 주변해역에서 연간 어획되어 위탁 판매되고 있는 주요 어획물은 어류 19종, 패류를 포함한 연체동물 14종이며 이들의 생태와 습성은 다음과 같다.

(1) 숭 어 *Mugil cepahalus cepahalus*

① 분 포

세계각지의 온대지방 및 열대지방에 넓게 분포하나, 열대의 서아프리카에서 모로코 연안에는 분포를 볼 수 없다. 우리나라에는 전연안, 일본은 북해도 이남, 중국에서는 발해를 비롯 각 연안에 분포한다.

② 성 장

2년어 32cm, 3년어 40cm, 4년어 45cm, 5년어 50cm, (大島 1951)

③ 생 식

산란기는 지역에 따라 다소 차이를 보이나 10 - 11월이 피크, 최소 성숙체장은 35cm, 산란장은 대마난류의 영향을 직접받는 외해 혹은 외해에 면한 장소이다. 포란수는 220만 낱 전후임.

(2) 조피볼락 *Sebastes schlegelii*

① 분 포

우리나라 연안을 비롯, 일본 북해도 이남 및 중국의 북부연안에 분포한다. 본 종은 수온이 하강하기 시작하는 가을부터 겨울에 걸쳐 황해 북부의 각 연안에서 남하를 시작, 1월에는 35 °N 선에 달하고 동해역으로 부터 남부해역에 걸쳐 3월경까지 체류하여 월동한다. 그 후는 수온의 상승과 더불어 다시 북상한다.

## ② 성 장

2년어 23.5cm, 3년어 31cm, 4년어 35cm, 5년어 38cm, 6년어 40 - 41cm, (산 1978)

## ③ 생 식

산란기는 4 - 6월, 수온 15~16 °C 전후, 장소는 연안 암초부근, 포란수는 10 - 40만 말 전후.

### (3) 농 어 *Leteolabrax japonicus*

#### ① 분 포

우리나라 연안을 비롯하여 중국 연안역에 분포, 봄-여름에는 주로 먹이를 찾아 얕은 곳으로 이동한다. 황해에서는 주로 산동성의 석도 근해에서 황해남부에 걸쳐 분포. 겨울철에는 월동산란을 목적으로 깊은 곳으로 이동한다. 치어는 봄에 연안과 내만으로, 여름에는 내만 담수역까지 소하. 가을이 되면 다시 깊은 곳으로 이동.

#### ② 성 장

1년어 26cm, 2년어 36cm, 3년어 45cm, 4년어 52cm, 5년어 59cm, 6년어 65cm, 7년어 70cm, 최대체장은 1m를 넘는다.

#### ③ 생 식

산란기는 11 - 4월, 성숙은 약 3년이 되어야 한다. 포란수는 약 20만 낱이고 산란장은 연안 암초부근

### (4) 넙 치 *Paralichthys olivaceus*

#### ① 분 포

우리나라 서해안을 비롯, 사할린, 일본각지에 분포한다. 여름철에는 요동성 대연연해에 많다. 가을이 되면 남하하기 시작하여, 10월에

는 산동반도 연해로 옮긴다. 1월에는 35 °N에 출현 3월경까지 월동하고 그 후는 산란을 위하여 북상하나, 일부는 한국 서해안과 산동반도 남안 근처로 향한다.

## ② 성 장

1-6년생의 전장은 각각 17, 27, 36, 46, 51, 59cm이다.

## ③ 생 식

산란기는 3-5월을 중심으로, 남부해역에서는 빠르고, 북부해역에서는 느리다. 산란은 수회 걸쳐 나누어 한다. 30cm정도 성장하면 성숙하지만 일반적으로 45cm 전후에서 성숙한다. 숫컷의 성숙체장은 암컷보다 10cm 전후 작다. 성어는 수온이 15 °C 이상이 되면 접안하여 산란한다.

## (5) 전 어 *Clupanodon punctatus*

### ① 분 포

우리나라 전해역에 분포하고, 일본 중부이남, 중국, 인도, 폴리네시아에도 분포함. 내만성 또는 연안성.

### ② 성 장

1년어 10.7-15cm, 2년어 이상이면 18cm 이상이고, 최대체장은 전장 31cm이다. 수명은 7년이다.

### ③ 생 식

산란기에 접안하여 방란하며, 만 깊은 곳이나 만 중앙 깊은 곳의 하층에서 산란장이 형성되고, 산란성기는 만 입구 부근에서 산란한다.

(6) 민 치 *Engraulis japonica*

① 분 포

연안 회유어로서 우리나라 전 연안에 분포하고, 일본 각지 및 중국 등지에도 분포한다.

② 성 장

부화후 1개월에 3cm, 6개월에 8cm, 1년에 되면 10-12cm, 최대체장은 13cm이다.

③ 생 식

산란기는 3-7월(5-6월)이며 200m 등심선으로 부터 10마일 밖까지가 주 산란장이다. 수심 20m 전후에서 산란하다.

(7) 붕장어 *Astroconger myriaster*

① 분 포

우리나라와 일본 연안에 많고, 수심 10-20m의 근해와 섬 주변에 많다. 서식수온은 7-29 °C이다.

② 성 장

1년어에서 7년어까지 각각 15, 30, 34, 45, 65, 75, 85cm이다. 최대체장 90cm이상, 생후 8년 전후 또는 그 이상에서 산란 사망

③ 생 식

성숙은 3년 내지 4년어, 산란기는 6-12월이며, 일본의 서남안, 각 섬의 근해에 접한 쿠로시오 해역 또는 지류해역이 산란장이다. 포란 수는 110-1,200만 낱.

(8) 갯장어 *Muraenesox cinereus*

① 분 포

우리나라 서남부 연해, 일본, 중국 등지에 널리 분포한다. 동지나해 분포 중심은 동지나해의 중앙부에 있으며, 대부분 이른 봄에 대만 북쪽을 향하여 남하하고, 초여름에서 여름에 산란기를 맞이한다. 여름에서 가을에 걸쳐 또다시 중앙부에 되돌아 오고 일부는 북상하여 발해만 근해까지 이른다.

② 성 장

14년어가 7cm, 2년어가 14cm, 3년어가 20cm, 5년어 30cm, 7년어 37cm, 9년어 43cm, 15년어 60cm이다. 최대체장은 약 2m 정도이다.

③ 생 식

산란기는 7월 중순에서 9월 중순이며 주로 동지나해, 황해, 중국 대륙 연안에 산란한다. 생물학적 최소체장은 암컷이 30cm이고, 수컷은 21cm이다. 포란수는 18-120만 낱.

(9) 학꽁치 *Hemiramphus sajori*

① 분 포

연안성 어류로서, 우리나라 남해안에 많고 사할린, 일본 북해도 이남, 대만 등지에 분포한다. 봄, 여름에 북상. 가을, 겨울에 남하 회유한다.

② 성 장

1년생은 20cm, 2년생은 25cm, 최대체장은 40cm이며 수명은 만 2년이다.

③ 생 식

산란기는 4-6월이며 잘피가 무성한 얕은 곳 및 해조류에 산란한다.  
포란수는 체장 27cm에 3,000개 정도임.

(10) 참 돔 *Pagrus major*

① 분 포

우리나라 연안 및 일본 동남아 연안의 인공어초나 천연어초에 많은 분포를 보인다. 암초, 자갈이 많은 곳으로 유동이 좋은 곳. 수심 30-150m

② 성 장

최대체장은 100cm이며 1년어 11.8cm, 3년어 25.5cm, 5년어 33.7cm, 7년어 39.2cm, 9년어 44.4cm이다.

③ 생 식

산란기는 5-7월이며 사질, 돌, 암초지대의 수심 50-150m 정도에서 한번에 8-11만개를 여러번에 나누어 산란한다.

(11) 삼 치 *Scomberomorus niphonius*

① 분 포

난해성, 우리나라 남부해역, 일본, 중국, 호주의 북동해역에 분포함.

② 성 장

1년어 50cm, 2년어 76cm, 3년어 94cm이며 최대체장은 약 100m이다.

③ 생 식 .

산란기는 4-6월이며 일본 남부해역의 내만에서 보통 하루중 이른 새벽에 55-87만 알의 산란을 한다.

(12) 문절망둑 *Acanthogobius flanimanus*

① 분 포

우리나라 전 연해, 일본 북해도 이남, 중국 연안에 분포한다. 겨울의 산란기와 함께 내만의 깊은 곳으로 이동한다.

② 성 장

1년어 11-12cm, 2년어가 18cm이며 최대체장은 20cm이다. 수명은 만 2년정도이나 대부분이 1-2년이고, 드물게 3-4년생도 있다.

③ 생 식

산란기는 1-5월이며 저조시 수심 2-15m의 사니질 바닥, 잘피 등이 다소 나있는 장소에 산란한다. 포란수는 체장 10.2-17.3cm가 6,000-32,000개 정도이다.

(13) 문치가자미 *Limanda yokokamae*

① 분 포

연안 저서성 어족으로, 우리나라 연안을 비롯 일본 북해도 이남, 동남아 각지에 분포한다. 10-100m의 수심에서 봄, 여름 안안 앞은 곳에서 가을, 겨울에 근해 깊은 곳으로 이동한다.

② 성 장

1년어 8cm, 2년어 12cm, 3년어 15cm, 4년어 18cm, 5년어 20cm, 정도이며 최대체장은 7년어 40cm이다.

③ 생 식

산란기는 주로 12-1월에 행해지며, 연안 맑고 깨끗한 사니질에서 주로 밤에 행하여 진다. 포란수는 체장 20cm가 15-30만개 정도, 체장 38cm가 160만개이다.

(14) 도다리 *Pleuronichthys cornutus*

① 분 포

우리나라 연안, 일본연안, 동지나해의 대륙붕상 중북부 근해에 많은 분포를 보인다.

② 성 장

1년어 99-113mm, 2년어 169-172mm, 3년어 211-212mm, 4년어 236-239mm이며, 최대체장은 380mm임.

③ 생 식

산란기는 가을에서 초겨울에 걸쳐서 한다. 생물학적 최소형은 암컷이 11cm, 수컷이 10cm임. 산란은 동지나해 중북부 근해이며, 포란수는 9~39만 낱 이다.

(15) 자주복 *Fugu rubripes*

① 분 포

우리나라 전 연해 및 일본 북해도 이남, 타이완 및 중국 연안등지에 분포한다.

② 생 태

3-5월에 걸쳐 만 입구 또는 섬 사이의 조류가 빠른 곳에 점착, 침성란으로 산란한다. 부화된 어린새끼는 산란장 부근 간조대에 살다가 하구에 올라 가기도 하고 늦여름부터 초가을에 걸쳐 해조장에 떼지어 산다. 수명은 만 5년이며 최대크기는 70mm이다. 난소와 간장은 Tetrodotoxin이라는 강한 독을 가지고 있는데 피부, 정소, 혈액과 살에도 독이 있는 경우가 있다.

(16) 아 귀 *Lophiomus lituron*

① 분 포

우리나라 성해안, 일본의 북해도 이남의 연안, 중국의 하북성 연안역에 분포한다. 산동성 근해에서 1-2월 수온이 내려감과 동시에 남하하기 시작, 3-4월 제주도 서쪽 깊은 곳에서 월동한다.

② 성 장

성장이 좋기로 이름이 나있음. 2월에서 6월까지의 기간에 성장이 가장 좋다. 체장 증가에 따른 성장상태의 계절적 변화는 공주 개체 출현율의 계절적 변화에 대응한다.

③ 생 식

산란기는 2-6월이며 최소성숙 체장은 50cm 이상이다.

(17) 민 어 *Miichthys miiuy*

① 분 포

우리나라 서해안을 비롯하여 발해, 동지나해에 분포한다. 가을에 발해, 강소성 북부의 해주만 방면으로부터 남하하여 제주도 서남해역에서 월동한다. 그후 봄이 되면 산동반도를 향하여 북상하며 일부는 한국 서해안으로 이동한다.

② 성 장

본종의 비늘은 연령형질로 이용되며 윤문 형성시기는 7-9월로서 산란기와 일치한다. 1-5월은 성장중지, 6-12월은 급속히 성장한다. 1년어는 전장 33cm, 2년어 43cm, 3년어 51cm, 4년어 56cm, 5년어 60cm, 6년어 63cm이다.

③ 생 식

산란기는 7-9월이나 남쪽이 빠르고 북쪽이 느린 경향이 있다. 우리

나라 서해안에서는 9-10월 장강일대는 7-8월이다. 산란장은 발해북부, 인천연안으로 알려져있다. 성숙체장은 50cm 이상이다. 포란수는 72-216만 낳는다.

(18) 양 태 *Platycephalus indicus*

① 분 포

우리나라 서해안, 일본 치바현, 니이기타현 이남에 분포한다. 수온이 하강하기 시작하는 가을쯤 북부 연안에서 남하를 시작하여 12월쯤 되면 35 °N에 이른다. 1-3월에는 제주도 북서 해역 깊은 곳에서 월동한다.

② 성 장

만1년에 전장 13cm, 2년어가 23cm, 3년어가 32cm, 4년어 39cm, 5년어 45cm, 6년어 50cm, 7년어 54cm이다.

③ 생 식

산란기는 5-7월, 산란은 주로 천해의 모래가 고운 곳에서 행해진다. 최소성숙체장은 전장 30cm(만 3년어)로 알려져 있다.

(19) 흥 어 *Raja kenojei*

① 분 포

우리나라 서해안을 비롯하여 일본 아오모리현 이서지방 동지나해에 분포한다. 회유경로는 잘 알려져 있지 않으나 가을에 황해 북부의 각 연안으로부터 남하하여 제주도 서부에서 남부해역에 걸쳐 월동한다. 그후 봄, 여름에 걸쳐서 한반도 서해안 산동반도 남쪽의 천해로 향한다. 또한 31 °N 이남에서는 어획이 거의 없는 것으로 보아 북방계 가오리 종류이다.

## ② 성 장

주체에 형성된 윤문이 년륜이다. 제 1륜의 체 반폭은 12-16cm, 제 2륜은 22cm전후, 제 3륜은 27cm, 제 4륜은 33cm 제 5륜은 37cm이다 주로 2-4 이 주로 어획되며, 수명은 5-6년이다.

## ③ 생 식

산란기는 가을에서 이른 봄이며, 산란성기는 11-12월이다. 생성기에 좌우의 난소내에는 7-8개의 대형 알(직경 20mm 전후)이 있음.

### (20) 주꾸미 *Octopus ochellatus*

저질이 사력질로 된 곳에 서식하며 우리나라에서는 남해, 서해안에서 많이 생산되고 있다. 몸 길이는 20cm까지 성장하고, 팔의 길이는 거의 같다. 5-6월경에 산란하는데 산란기에 어획된 것이 특히 맛이 좋다.

### (21) 갑오징어 *Sepia esculenta*

우리나라 연안, 일본 이바라키 현 이남지방, 동지나해에 많이 분포한다. 수명은 1년이며 7월에 부화한 것이, 부화후 약 100일이 되면 패각이 5-10cm, 200일에 19-15cm로 성장하며 그 후 성장이 둔화된다. 산란기는 군산 근해에서 5월 하순부터 6월 초순이며, 수온 15-20 °C의 내만, 해조가 무성한 수심 2-10M의 곳에서 행해진다.

### (22) 대 하 *Penaeus(Fenneropenaeus) chinansis*

#### ① 분 포

우리나라 서해안, 발해 연안에 분포한다. 가을에 발해만에서 남하하기 시작, 11월 하순-12월에 걸쳐 남하를 계속 제주도 서방해역에서 분산 월동한다. 3월이후는 산란장으로 향하여 복상한다.

## ② 성 장

수명은 1년이며, 성장은 상당히 빨라서 부화후 3-4개월에 체장이 16cm까지 성장한다. 5-6개월이 되면 암컷은 체장이 18-23cm, 수컷은 13-20cm전후가 된다. 암컷은 최대체장이 26cm, 체중이 150g이다.

## ③ 생 식

산란기는 4-6월이며, 산란장은 한반도 서해안 하구부근, 발해연안 산동 반도 남안의 수심 10m이하의 부드러운 저질해역, 산란수온은 변화가 크고, 13-23 °C전후이다. 산란 최저수온은 13 °C이다.

### (23) 꽃 게 *Porittunus(Porittunus) trituberculatus*

#### ① 분 포

우리나라 연근해를 비롯하여 일본 아오모리 이남, 구주, 오키나와, 대만등지에 널리 분포한다. 주로 수심 50m 이천에 많이 서식한다. 100m 이심이 되면 찾아보기 힘들다. 생존수온은 7-35 °C로서 10 °C 이하가 되면 모래속에 잠복하여 동면한다.

#### ② 성 장

6월에 부화한 개체는 3-4개월에 전 갑폭 10-14cm, 11-12개월에 13-17cm, 23-24개월에 18-23cm, 26-27개월에 22-26cm가 된다. 수명은 2년이나, 일부 암컷은 3년생이다.

#### ③ 생 식

교접기는 8월 하순-10월 중순으로서 암컷이 탈피한 때로 제한된다. 즉, 수컷은 탈피 전의 암컷을 등쪽에서 안은 자세로 수일간 기다려, 암컷 탈피 직후 연갑 상태일 때 교접한다. 포란수는 45만 낱에서 400만 낱으로 알려져 있다.

(24) 꽃새우 *Trachypenaeus curvirostris*

내만 수심 20-30m의 외양에 접한 곳에 주로 서식하며 수온 21-29 °C에서 부화한다. 하구역에 많고, 성장함에 따라 근해로 이동한다. 산란을 위해서 외로 부터 내로 이동하며 10m 보다 깊은 곳이 산란장이 된다. 산란수는 6만이며 5-6월이 산란기이다.

(25) 개량조개 *Macra chinensis*

일명 해방조개라고도 하며 북방향으로 방사무늬가 명백하고 동해안에서 많이 나는 것은 북방 개량조개라고 부른다. 우리나라 전 연안, 일본의 구모마도현 이북에서 생산된다. 고운모래와 진흙이 많은 조간대에 살며 특히 서해안의 서천, 옥구, 부안, 김제 등지에서 다산한다. 각폭이 크고 둥근 삼각형이며 특히 각정부가 크고 높이가 돌출한다. 회백색이고 각피는 황갈색이며 광택이 있다. 바지락, 백합과 생활장소가 같다.

(26) 백 합 *Meretrix lusoria*

담수의 영향을 받는 비교적 평탄한 조간대 혹은 천해의 모래와 진흙에 서식하며 수산업상 중요한 패류로서 서해안에서 많이 양식하고 있다. 산란기는 5-11월이고, 유패는 조류를 타고 이동한다. 각질은 중후하고 둥근 삼각형이다. 인대는 흑색으로 짧고 크게 돌출한다. 각표는 미끈하고 반투명한 각피가 있다.

(27) 소 라 *Batillus cornutus*

보통 잘 알려져 있는 소라로서 각표에는 굵고 긴 관상의 돌기가 있고 전면에 뚜렷한 성장맥이 있다. 뚜껑은 석회질로 되어 있으며 갈색

이다. 조간대하의 암초에 살며 자웅 이체이고 육안으로 보아 생식선이 백선이면 숫컷이고, 녹색이면 암컷이다.

(28) 꼬 막 *Tegillarca granosa*

남부지방에서 널리 식용되고 있으며 양식도 하고 견제품으로 수출도 한다. 화석이나 패총에서 많이 발견되고 있고, 남해안의 보성만, 순천만이 주 산지이다. 산란기는 지방에 따라 다소 다르나 8-10월경이며, 조간대에서부터 수심 10m까지의 빨바닥에서 서식한다.

(29) 수염고동 *Monoplex australasiae*

일명 공뱅이라고 한다. 각고 100m 정도, 각표는 두껍고 거친 다갈색 각피를 가지고 있다. 뚜껑은 장란형, 핵은 전단에 있다. 연체부는 담황색으로 무늬가 아름답다. 조간대 하의 암초에 산다.

(30) 동 죽 *Macra veneriformis*

각폭이 크고 등근 삼각형이며 특히 각정부가 크고 높이 돌출한다. 회백색이고 각피는 황갈색이며 광택이 있다. 조간대의 모래나 진흙이 많은 곳에 살며 바지락, 백합과 생활장소가 같다. 서해안에서 다산되어 내장에 모래가 많이 들어 있다. 산란기는 4-7월.

(31) 피조개 *Scapharca broughtonii*

각장 120mm 정도로서 이들 유사 종류중에서는 가장 크며 패각은 전단에 비하여 후단부가 잘 발달되어 있다. 연체부가 적자색을 띄고 혈색소, 헤모글로빈을 가지고 있어 피가 붉게 보이므로 피조개라 한다. 진해만, 충무만, 벌교 등지는 천연어장으로 유명하다. 수심 15-50m의

전혹에 살며 식용으로 가치가 높다.

(32) 키조개 *Atrina(Servatrina) pectinata japonica*

각장 250-300mm의 대형종으로 모양이 직각삼각형이며, 양각이 상접하는 곳이 배면이고 직선으로 되어있다. 조간대부터 수심 20m의 모래벌에 산다. 암수 이체이고 산란기는 7-8월이다. 발생후 1년이면 100mm정도 성장하고 5-6년생이면 300mm이상 자란다. 보성만, 광양만일대에서 다산한다.

(33) 바지락 *Tapes(Amygdala) philippinarum*

조개라면 먼저 바지락을 생각할 만큼 다산하고 많이 식용하는 종류이며 껍질표면의 무늬는 변이가 심하다. 교면에는 주치가 3개 있고 외투선은 크게 만입한다.

간조시 4-5시간 노출되는 곳이 적지이며 치패는 족사로 돌에 착생하기 때문에 모래가 많은 빨에 자갈 섞인 곳이 착생율이 좋다. 산란기는 3-9월이며 전 연안에 분포하고 특히 선재도 일대, 안면도, 줄포만, 강진만, 사천만 등지에서 다산한다.

## 제4장 방조제축조에 따른 물리변화예측

### 제1절 방조제축조에 따른 물리변화예측

현재 대규모 간척사업으로서 새만금종합개발사업이 전북 부안군 변산면 대항리를 시점으로 고군산군도의 신시도,야미도와 군산시 비응도를 종점으로 하는 33km의 방조제를 축조하여 4만1백ha의 국토를 확장하는 사업으로써 만경강,동진강하구의 연안해역에 대규모적으로 실시되고 있다. 방조제는 수심20m 이상의 깊은 바다에 축조되며 조석량이 최대 5억톤까지 유출입하는 대규모간척사업이다. 이러한 대규모 간척사업을 施行함으로써 일어날 수 있는 自然과 水産資源의 破壞등 생태계 변화예측을 위해서는 우선 조류가 강한 서해안에서는 조석과 조류에 대한 이해가 기본적으로 필요하다. 바람,하천유량,기상조건등도 연안해역의 유동에 영향을 미치지만 일시적인 형태로서 유동에는 큰영향을 미치지못한다고 본다. 그러나 조류는 해수유동에 큰 영향을 미친다고 연구되고 있다.

### 제2절 방조제축조에 따른 물리변화예측 목적

조석잔차류는 조류의 유속에 비하여 작지만 장기적인 관점에서 볼 때 연안해역에서 물질수송에 큰영향을 미치고 있다. 연안해역에서 임의의 한점에 있는 물입자는 조석 한 주기후에 최초의 위치로 돌아오지 않는다. 이것은 잔차류와 난류의 영향인 것으로 연구되었다. 특히 잔차류는 해수표면에서 바람응력,평균해수면경사,수평 밀도구배,조류의 비선형성등에 원인이 있다고 한다. Yanagi, Takeoka and Muraove(1993)에 의하면 계절적 잔차류의 주요 원인은 조석 잔차류와 밀도류라는 연구 결과가 있다.그리고 수일주기의 잔차류의 주원인은 바람과 하천유량의 변동에 의한다고 보고되고 있다. 연안해역

에서는 보통 半日周 潮流(semi-diurnal tidal current)이 매우 뚜렷하기 때문에 半日(12시간 25분) 혹은 1일(24시간 50분)의 관측결과를 평균하면 平均流는 대략 0으로 될 것이 예상된다. 하지만 실제 현장해역에서 관측을 행하면 平均류는 0으로 되지 않는다. 얼마간의 평균치가 얻어지는 것이 보통이다.

종래 이와같은 平均류는 일본에서 恒流(constant flow)라고 했으나 장기간 측정해 보면 恒流는 언제나 일정하지 않다. 일일 변동이 크기 때문에 恒流라고 하는 명칭은 적절하지 않다. 따라서 현재는 測流結果의 平均시간(半日, 日, 15주야 또는 그이상)에 상관없이 그 平均류는 潮流成分을 제외한 것이라는 의미로 殘差流(residual flow)라고 칭해지고 있다. 한때 이 平均류로서의 잔차류는 조석주기로 평균한 흐름이라는 의미로 “조석잔차류”라고 칭해진 일도 있었지만 後에 기술되는 潮流運動의 非線形成에 의해 발생하는 조석잔차류로 혼동하기 쉽기 때문에 殘差流로 칭하는 것이 더 적절할 것이다.

종래의 연안해역의 물질확산에 가장 뚜렷한 조류의 역할이 크다고 생각되어졌다. 그러나 실제 연안해역에서의 물질교환과 확산을 주의 깊게 관찰해보면 수 조석주기 이상의 장기간의 물질교환은 뚜렷한 왕복류인 조류보다도 미약하지만 한 방향으로 흐르는 잔차류의 역할이 크다는 것이 밝혀졌다. 연안해역의 잔차류의 주성분은 조류운동의 非線形成에 의해서 생기는 조석잔차류(Tide induced residual current), 바람에 의해 생기는 취송류(Wind driven current), 밀도편차에 의해 생기는 밀도류(Buoyancy driven current, density driven current)의 세가지가 있다.

우리나라 서해안 해역에서 유동은 조류·조석잔차류·밀도류·취송류가 탁월하며 서해안 연안 해역의 수온·염분 분포는 기본적으로 이러한 유동장에 의 하여 지배되고 있다. 따라서 연안 해역의 물질의 분산, 어류의 난·치어 등과 같은 생물의 이동·분산을 예측하려면 우선 유동, 수온·염분 분포 등 물리 요소의 분포를 정량적으로 재현할 수 있는 수치 model의 작성이 요구

된다.

본 장에서는 새만금간척사업과정에서 방조제 최종체절구간에서 잔차류의 변화특성을 알아보는 것은 수산자원의 재생과 자원 관리·평가등 자원 변동 기구를 명확히 하기 위하여 중요하다고 판단되어 방조제 최종체절구간에서 해역의 조류,조석잔차류,밀도류,취송류등이 포함된 잔차류의 변화에 관하여 연구하고자 한다.

### 제3절 조류의 수치계산

#### 1. 해수유동의 기본방정식

전북 연안 해역의 조류·조석잔차류 계산을 위하여 해역에서 평균해면을 원점으로 하여 직교 좌표계를 Fig.3.3.1와 같이 나타내었다.

여기서,  $x$ ,  $y$ 축은 수평면,  $z$ 축은 연직방향으로 하고  $u$ ,  $v$ ,  $w$  는  $x$ ,  $y$ ,  $z$  축 방향의 유속성분으로 한다. 그리고  $z = -h$  및  $z = \zeta$  는 해저 및 해면으로 한다.

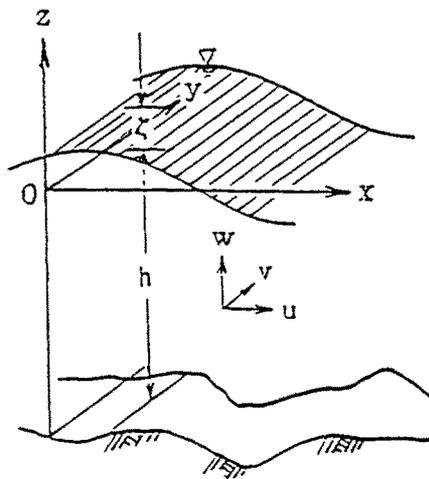


Fig.4.3.1 Three dimensional coordinate

계산의 편리를 위하여 몇 가지 가정을 설정하면 유체는 점성, 비압축성이고 압력은 정수압 분포를 한다.

연직방향의 흐름은 시간적 변화량  $\left( \frac{\partial w}{\partial t}, \frac{\partial w}{\partial x}, \frac{\partial w}{\partial y}, \frac{\partial w}{\partial z} \right)$ 을 무시한다.

새만금 간척지구해역의 조석, 조류를 계산하기 위하여 이용한 계산식은 다음과 같이 나타 낼 수 있다.

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} &= X - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \nu \nabla^2 u \\ \frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} &= Y - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} + \nu \nabla^2 v \\ \frac{\partial w}{\partial t} + u \frac{\partial w}{\partial x} + v \frac{\partial w}{\partial y} + w \frac{\partial w}{\partial z} &= Z - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} + \nu \nabla^2 w \end{aligned} \right\} \quad (4.3.1)$$

여기서

$u, v, w$  :  $x, y, z$  方向의 速度成分

$X, Y, Z$  : 單位質量當에 作用하는 外力

$\rho$  : 물의 密度

$p$  : 壓力

$\nu$  : 動粘性係數

連續方程式은

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \quad (4.3.2)$$

외력  $X, Y, Z$ 는 연안해역에 있어서 지구의 중력으로 한다.

$$X = 0, \quad Y = 0, \quad Z = g \quad (4.3.3)$$

또한 수역이 넓은 경우에는 지구의 自轉에 의한 遠心力(coriolis의 力)을 생각 할 수 있다.

流體壓은 일반적으로 長波의 傳波에 따라 물의 運動은 不安定하지만 흐름

은 서서히 변하여 가므로 정수압 분포를 한다. 長波의 경우 波長은 수심에 비교하여 대단히 크므로 Z축방향의 수입자의 가속도는 무시된다. 그러므로 (4.3.1)식의 제3식은 다음과 같이 된다.

$$\partial P / \partial z = \rho \cdot g \quad (4.3.4)$$

自由表面의 정수면에서 水位(偏差)  $\zeta$ 을 鉛直方向을 +로하면 (4.3.4)식은

$$p = \rho \cdot g(\zeta + z) + p_0 \quad (4.3.5)$$

가 된다 여기서  $p_0$ 는 大氣壓으로 颶風등의 이상기압을 취급하는 이외에는 일정하다고 가정한다 (4.3.5)식을  $x, y, z$ 로 미분하면 다음과 같다.

$$\partial p / \partial x = \rho \cdot g \partial \zeta / \partial x \quad \partial p / \partial y = \rho \cdot g \partial \zeta / \partial y \quad (4.3.6)$$

粘性力은 (4.3.1)식의 Navier-Stokes方程式에서 粘性係數를 일정하다고 했지만 이것은 層流에서만 성립한다. 그래서 亂流의 상태에서도 성립할수 있도록  $\nu$ 는 흐름상태와 규모에 의해서 변하는 것으로 하여 다음과 같이 정의 하였다.

$$\left. \begin{aligned} \nu \nabla^2 u &= \nu \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} + L \left( \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) \\ \nu \nabla^2 v &= \nu \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} + L \left( \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) \end{aligned} \right\} \quad (4.3.7)$$

즉 亂流에 있어서 動粘性係數를 鉛直面  $\nu$ 와 水平面 L의 係數로 나누어 전자를 鉛直渦動粘性係數, 후자를 이 경우 L은 평면渦動粘性係數이다. 이상의 결과를 이용하면 조류의 運動 및 연속식은 다음과 같다.

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} &= g \frac{\partial \zeta}{\partial x} + \nu \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} + L \left( \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) \quad (a) \\ \frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} &= g \frac{\partial \zeta}{\partial y} + \nu \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} + L \left( \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) \quad (b) \\ \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} &= 0 \quad (c) \end{aligned} \right\} \quad (4.3.8)$$

윗 식 (a),(b),(c)를 연립으로 풀 경우 미지함수는  $u, v, w$  및  $\zeta$ 이다. 이것에 비하여 方程式은 3개이므로 그대로 풀 수 가없다.

그래서  $u, v$  대신에 평균유속  $U, V$ 을 도입하여  $u, v$ 를 다음과 같이 정의한다.

$$\left. \begin{aligned} u &= U + u' & v &= V + v' \\ \int_{-\zeta}^h u' dz &= 0 & \int_{-\zeta}^h v' dz &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (4.3.9)$$

여기서  $h$ 는 平均水深,  $U, V$ 는 鉛直方向에 관한 水平成分의 平均流速이고,  $u'$  및  $v'$ 는  $U, V$ 에 대한 1차미소량이다. 유량  $M, N$ 은 다음과 같이 된다.

$$\left. \begin{aligned} M &= \int_{-\zeta}^h u dz = (h + \zeta)U & (a) \\ N &= \int_{-\zeta}^h v dz = (h + \zeta)V & (b) \end{aligned} \right\} \quad (4.3.10)$$

이렇게 하여 (4.3.8)(a) 및 (b)식 좌변의 각 항을  $-\zeta$ 에서  $h$ 까지 積分한다. 우선 (4.3.8)(a)식 제1항의 積分을 구하기 위하여 (4.3.10)(a)식의 양변을  $t$ 로 微分하면 다음과 같이 된다.

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial M}{\partial t} &= \int_{-\zeta}^h \frac{\partial u}{\partial t} dz + \frac{\partial h}{\partial t} u_b + \frac{\partial \zeta}{\partial t} u_s \\ \int_{-\zeta}^h \frac{\partial u}{\partial t} dz &= \frac{\partial M}{\partial t} - \frac{\partial h}{\partial t} u_b - \frac{\partial \zeta}{\partial t} u_s \end{aligned} \right\} \quad (4.3.11)$$

여기서  $u_b, u_s$ 는 각각 海底 및 表面에 있어서  $u$ 의 값이다. 단  $u_b = 0$ 으로 한다. 같은 방법으로 (4.3.8)(b)식 좌변의 제2항 이하의 積分을 구하기 위하여 다음과 같이 변형한다.

$$u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} = \frac{\partial u^2}{\partial x} + \frac{\partial uv}{\partial y} - u \left( \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \right) + w \frac{\partial u}{\partial z} \quad (4.3.12)$$

이 식에 (4.3.8)(c)식을 대입하면 우변은

$$\begin{aligned} \int_{-\zeta}^h \left( u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} \right) dz &= \int_{-\zeta}^h \left( \frac{\partial u^2}{\partial x} + \frac{\partial uv}{\partial y} + \frac{\partial uw}{\partial z} \right) dz \\ &= [uw]_{-\zeta}^h + \int_{-\zeta}^h \frac{\partial u^2}{\partial x} dz + \int_{-\zeta}^h \frac{\partial uv}{\partial y} dz \end{aligned} \quad (4.3.13)$$

여기서

$$\left. \begin{aligned} [uw]_{-\zeta}^h &= u_b w_b + u_s w_s \\ \frac{\partial}{\partial x} \int_{-\zeta}^h u^2 dz &= \int_{-\zeta}^h \frac{\partial u^2}{\partial x} dz + \frac{\partial h}{\partial x} u_b^2 + \frac{\partial \zeta}{\partial x} u_s^2 \\ \frac{\partial}{\partial y} \int_{-\zeta}^h uv dz &= \int_{-\zeta}^h \frac{\partial uv}{\partial y} dz + \frac{\partial h}{\partial y} u_b v_b + \frac{\partial \zeta}{\partial y} u_s v_s \end{aligned} \right\} \quad (4.3.14)$$

이것을 (4.3.13)식에 대입하면

$$\begin{aligned} &\int_{-\zeta}^h \left( u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} \right) dz \\ &= \frac{\partial}{\partial x} \int_{-\zeta}^h u^2 dz + \int_{-\zeta}^h uv dz - u_s \left( u_s \frac{\partial \zeta}{\partial x} + v_s \frac{\partial \zeta}{\partial z} \right) \\ &\quad - u_b \left( u_b \frac{\partial h}{\partial x} + v_b \frac{\partial h}{\partial y} \right) + u_b w_b - u_s w_s \end{aligned} \quad (4.3.15)$$

(4.3.11)식과 (4.3.15)식으로 부터 (4.3.8)(a)식 좌변은 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 & \frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \int_{-\zeta}^h u^2 dz + \int_{-\zeta}^h uvdz \\
 & - u_s \left( \frac{\partial \zeta}{\partial t} + u_s \frac{\partial \zeta}{\partial x} + v_s \frac{\partial \zeta}{\partial y} + w_s \right) \\
 & - u_b \left( u_b \frac{\partial h}{\partial x} + v_b \frac{\partial h}{\partial y} - w_b \right)
 \end{aligned} \tag{4.3.16}$$

여기서 4항과 5항을 해면과 해저의 연속방정식으로서 0가 되며 2,3항을 평균유속으로 나타내면 (4.3.17)식과 같다.

$$\left. \begin{aligned}
 \int_{-\zeta}^h u^2 dz &= U^2(h + \zeta) + \int_{-\zeta}^h u'^2 dz \\
 \int_{-\zeta}^h uvdz &= UV(h + \zeta) + \int_{-\zeta}^h u'v' dz
 \end{aligned} \right\} \tag{4.3.17}$$

(4.3.17)식의 우변 3번째항은 1항에 비하여 그 차이가 미소량이므로 생략한다. 이같은 방법으로 (4.3.8)(b)에 대해서도 행하면 결국 運動方程式 좌변의 적분은 다음과 같이 된다.

$$\left. \begin{aligned}
 & \int_{-\zeta}^h \left( \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} \right) dz = \\
 & \frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \{ (h + \zeta) U^2 \} + \frac{\partial}{\partial y} \{ (h + \zeta) UV \} \\
 & \int_{-\zeta}^h \left( \frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} \right) dz = \\
 & \frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \{ (h + \zeta) UV \} + \frac{\partial}{\partial y} \{ (h + \zeta) V^2 \}
 \end{aligned} \right\} \tag{4.3.18}$$

그리고  $H = h + \zeta$ 로 하면 위식은 다음과 같이 된다.

$$\left. \begin{aligned}
 & \int_{-\zeta}^h \left( \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} \right) dz \\
 & \quad = \frac{\partial M}{\partial t} + \left( 2 \frac{\partial U}{\partial x} + \frac{\partial V}{\partial y} + \frac{U}{H} \frac{\partial H}{\partial y} \right) + M \left( \frac{\partial U}{\partial y} + \frac{U}{H} \frac{\partial H}{\partial y} \right) N \\
 & \int_{-\zeta}^h \left( \frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} \right) dz \\
 & \quad = \frac{\partial N}{\partial t} + \left( 2 \frac{\partial V}{\partial y} + \frac{\partial U}{\partial x} + \frac{V}{H} \frac{\partial H}{\partial y} \right) + N \left( \frac{\partial V}{\partial x} + \frac{V}{H} \frac{\partial H}{\partial x} \right) M
 \end{aligned} \right\} \quad (4.3.19)$$

해저마찰은 (4.3.8)(a) 및 (b)식의  $\nu$  항을 적분하면

$$\left. \begin{aligned}
 & \int_{-\zeta}^h \nu \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} dz = \nu \left[ \left( \frac{\partial u}{\partial z} \right)_{z=h} - \left( \frac{\partial u}{\partial z} \right)_{z=-\zeta} \right] \\
 & \int_{-\zeta}^h \nu \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} dz = \nu \left[ \left( \frac{\partial v}{\partial z} \right)_{z=h} - \left( \frac{\partial v}{\partial z} \right)_{z=-\zeta} \right]
 \end{aligned} \right\} \quad (4.3.20)$$

이 된다. 여기서  $\nu(\partial u/\partial z)_h$ 와  $\nu(\partial u/\partial z)_{-\zeta}$ 의 항은 각각 해면과 해저면에 미치는 수직한 응력  $x$ 의 성분으로

$$\left. \begin{aligned}
 & \frac{1}{\rho} \tau_s^x = - \left[ \nu \frac{\partial u}{\partial z} \right] \\
 & \frac{1}{\rho} \tau_b^x = - \left[ \nu \frac{\partial u}{\partial z} \right]
 \end{aligned} \right\} \quad (4.3.21)$$

$\nu(\frac{\partial v}{\partial z})_h$  와  $\nu(\frac{\partial v}{\partial z})_{-\zeta}$  에 대해서도 같은형태  $\tau_s^y, \tau_b^y$  로 나타낼 수 있다.

그리고 해면에 미치는 응력·풍압성분을 고려하지 않는다고 하면

$$\tau_s^x = \tau_b^y = 0 \quad (4.3.22)$$

다음과 같이 된다. 또한  $\tau_b^x, \tau_b^y$  는 저면에 수직한 응력 즉 해저마찰 성분으로 조류와 같이 해면에서 해저부근 까지 거의 유속이 변하지 않는 경우에는 다음식이 성립한다.

$$\left. \begin{aligned} \tau_b^x &= \rho^2 U (U^2 + V^2)^{1/2} \\ \tau_b^y &= \rho^2 V (U^2 + V^2)^{1/2} \\ \gamma^2 &= 2.6 \times 10^{-3} \end{aligned} \right\} \quad (4.3.23)$$

그러나 얕은곳의  $\gamma^2$ 의 값은 일반적으로 깊은곳의  $\gamma^2$ 의 값보다 크다. 이것은 저면의 粗度와 저질 및 수심에 관계하기 때문이다. 특히 얕은곳에서는 관측하여  $\gamma^2$ 의 값을 정하여야 한다. 하천에서는 1차원 흐름에 대하여 저면 마찰을 다음식으로 하는 경우도 있다.

$$\tau_s = \rho \cdot g n^2 u^2 / (h + \zeta)^{1/3}$$

2차원 흐름에서도 윗식이 성립한다면

$$\left. \begin{aligned} \tau_b^x &= \rho \cdot (f^2 + V^2)^{1/2} \\ \tau_b^y &= \rho \cdot fV(U^2 + V^2)^{1/2} \\ f &= n^2 g / (h + \zeta)^{1/3} \end{aligned} \right\} \quad (4.3.24)$$

이며, 단  $n$ 은 Manning의 粗度係數이다. 그러므로 (4.3.20)식은

$$\left. \begin{aligned} \int_{-\zeta}^h L \frac{\partial u^2}{\partial z^2} dz &= - \frac{n^2 g (U^2 + V^2)^{1/2}}{(h + \zeta)^{4/3}} M \\ \int_{-\zeta}^h L \frac{\partial v^2}{\partial z^2} dz &= - \frac{n^2 g (U^2 + V^2)^{1/2}}{(h + \zeta)^{4/3}} n \end{aligned} \right\} \quad (4.3.25)$$

으로 된다.

水平混合項  $L$ 의 값은 정확한 값은 없지만 現象 규모의 4/3승에 比例하고 그의 比例常數는  $10^{-2}$ 정도로 하고 있다. 또한 이 항의 값은 대단히 작으므로 運動方程式을 적분한 식으로 부터 분리하여 계산하여도 관계없다.

$$\left. \begin{aligned} \partial U / \partial t &= L \Delta U \\ \partial V / \partial t &= L \Delta V \end{aligned} \right\} \quad (4.3.26)$$

連續方程式의 積分은 (4.3.8)(c)을 적분한다. 우선 해면을 나타내는 식은

$$F(x, y, z, t) = \varphi(x, y, t) + z = 0 \quad (4.3.27)$$

이 되며 (4.3.27)식을 전미분하면

$$\frac{DF}{Dz} = \frac{\partial \zeta}{\partial t} + u_s \frac{\partial \zeta}{\partial x} + v_s \frac{\partial \zeta}{\partial y} + w_s = 0 \quad (4.3.28)$$

이 된다. 같은 방법으로 해저를 나타내는 식은

$$h(x, y) - z = 0 \quad (4.3.29)$$

이 되며 (4.3.29)식을 적분하면

$$u_b \frac{\partial h}{\partial x} + v_b \frac{\partial h}{\partial y} - w_b = 0 \quad (4.3.30)$$

이 된다. 따라서 이는 다음과 같다.

$$\int_{-\zeta}^h \frac{\partial w}{\partial z} dz = w_b - w_s = \frac{\partial \zeta}{\partial t} + u_s \frac{\partial \zeta}{\partial x} + u_b \frac{\partial h}{\partial x} + v_s \frac{\partial \zeta}{\partial y} + v_b \frac{\partial h}{\partial y} \quad (4.3.31)$$

한편 이를 정리하면

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial M}{\partial x} &= \frac{\partial}{\partial x} \int_{-\zeta}^h u dz = \int_{-\zeta}^h \frac{\partial u}{\partial x} dz + u_s \frac{\partial \zeta}{\partial x} + u_b \frac{\partial h}{\partial x} \\ \frac{\partial N}{\partial y} &= \frac{\partial}{\partial y} \int_{-\zeta}^h v dz = \int_{-\zeta}^h \frac{\partial v}{\partial y} dz + v_s \frac{\partial \zeta}{\partial y} + v_b \frac{\partial h}{\partial y} \end{aligned} \right\} \quad (4.3.32)$$

이 된다. (4.3.31)과 (4.3.32)식으로 부터

$$\int_{-\zeta}^h \left( u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial w}{\partial z} \right) dz = \frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = 0$$

되고 基礎方程式은 (4.3.8)(a,b,c)식의 적분에 의하여 얻을 수 있다.

$$\begin{aligned} \frac{\partial M}{\partial t} &= - \left[ \frac{n^2 g}{(h + \zeta)^{4/3}} (U^2 + V^2)^{1/2} + 2 \frac{\partial U}{\partial x} + \frac{\partial V}{\partial y} + \frac{U}{h + \zeta} \frac{\partial(h + \zeta)}{\partial x} \right] M \\ &\quad - \left[ \frac{\partial U}{\partial y} + \frac{U}{h + \zeta} \frac{\partial(h + \zeta)}{\partial y} \right] N - g(h + \zeta) \frac{\partial \zeta}{\partial x} \\ \frac{\partial N}{\partial t} &= - \left[ \frac{v^2 g}{(u + \zeta)^{4/3}} (U^2 + V^2)^{1/2} + 2 \frac{\partial V}{\partial y} + \frac{\partial U}{\partial x} + \frac{V}{h + \zeta} \frac{\partial(h + \zeta)}{\partial y} \right] N \\ &\quad - \left[ \frac{\partial V}{\partial x} + \frac{V}{h + \zeta} \frac{\partial(h + \zeta)}{\partial x} \right] M - g(h + \zeta) \frac{\partial \zeta}{\partial y} \\ \frac{\partial \zeta}{\partial t} &= - \left( \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} \right) \end{aligned}$$

이 식이 潮流의 基礎方程式이다.

## 2. 境界조건

조류 계산을 위하여 수평 격자의 크기는  $1.0\text{km} \times 1.0\text{km}$  하였으며, 계산시간 간격  $\Delta t$  은 27초로 하였다.

금강, 만경강, 동진강의 년평균 유입량을 폐경계에서 각각

금강:  $5 \times 10^9 \text{m}^3$ , 만경강:  $1.048 \times 10^9 \text{m}^3$ , 동진강:  $8.60 \times 10^8 \text{m}^3$ 을 사용하였다. 경계는 서·남·북 경계로, 농어촌진흥공사에서 관측으로 부터 얻어진  $M_2$ 분조의 진폭과 위상을 다음식과 같이 수위를 주었다.

$$\begin{aligned} \zeta &= \zeta_o \sin \left( \frac{2\pi}{T_M} t - P \right) \\ v &= 0 \end{aligned} \tag{4.3.33}$$

여기서,  $\zeta_o, P$ 는 open boundary의 진폭과 위상이고,

$T_M$ 는  $M_2$ 조석의 주기,  $t$ 는 시간이다.

초기 조건은  $u=0$ ,  $\eta=0$ 로 하여 계산 영역을 정방형 격자로 나누고, CFL(Courant Friedrichs Lewy)조건을 만족하게 time step를 결정하였다.

Courant 수의 식은 다음과 같다.

$$C = u \frac{\Delta t}{\Delta x} \leq 1 \quad (4.3.34)$$

여기서  $c$ 는 Courant number,  $\Delta x$ 는 mesh크기,  $\Delta t$ 는 time step,  $u$ 는 가장 빠른 천해파의 전파속도( $\sqrt{gh}$ )이다. 경계는 서·남·북경계로 하였다. 경계치는 농어촌진흥공사에서 관측으로 부터 얻어진  $M_2$ 분조의 진폭과 위상을 남쪽 경계에서 163 ~ 204Cm,  $54.25^\circ \sim 65.45^\circ$ , 북쪽 경계에서 167.5 ~ 217.0Cm,  $80.7^\circ \sim 88.70^\circ$ , 서쪽 경계에서 160.2 ~ 172.8Cm,  $54.25^\circ \sim 82.0$ 으로 계산하였다. 해면은 평균 수면으로(기본수준면+평균해면:3.4m) 하였으며 정지하고 있는 상태에서 계산을 시작하였다. 계산4주기 후에 정상적인 진동이 일어났다 따라서 결과는 5주기의 조석과 조류의 계산 결과를 조화분해 하였다. 또한 방조제 축조 후의 결과도 계산 4주기 후에 정상적인 진동이 일어나 5주기의 조석과 조류의 계산 결과를 조화분해 하였다. 조류 계산을 위한 Parameter는 table 4.3.1과 같다.

Table 4.3.1 Parameter for  $M_2$  tidal current Calculation

Mesh size ( $\Delta x, \Delta y$ )	1.0km	
(Time step ( $\Delta t$ )	27 sec	
Coef. of ho. eddy viscosity( $\nu_h$ )	$10^4 \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$	
Grav. acceleration ( $g$ )	$980 \text{ cm sec}^{-2}$	
Coriolis parameter ( $f$ )	$8.55 \times 10^{-5} \text{ sec}^{-1}$	
Bo. frictional coefficient ( $\gamma_b^2$ )	$2.6 \times 10^{-3}$	
River discharge	Geum river	$5 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$
	Mankyung river	$1.048 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$
	Dongjin river	$8.606 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$

### 3. 계산결과

#### 가. 방조제 축조前後와 잠재설치후의 조류계산결과

방조제축조전후와 잠재설치후에서 조류를 계산하기 위하여 사용된 수심분포는 Fig.4.3.3.1.1(a,b,c)과 같다. 전북 연안해역의 방조제축조전후와 잠재설치후의 계산결과로부터 얻어진  $M_2$ 분조의 진폭과 위상분포는 Fig.4.3.3.1.2(b-1,2),(c-1,2),(d-1,2)와 같다.

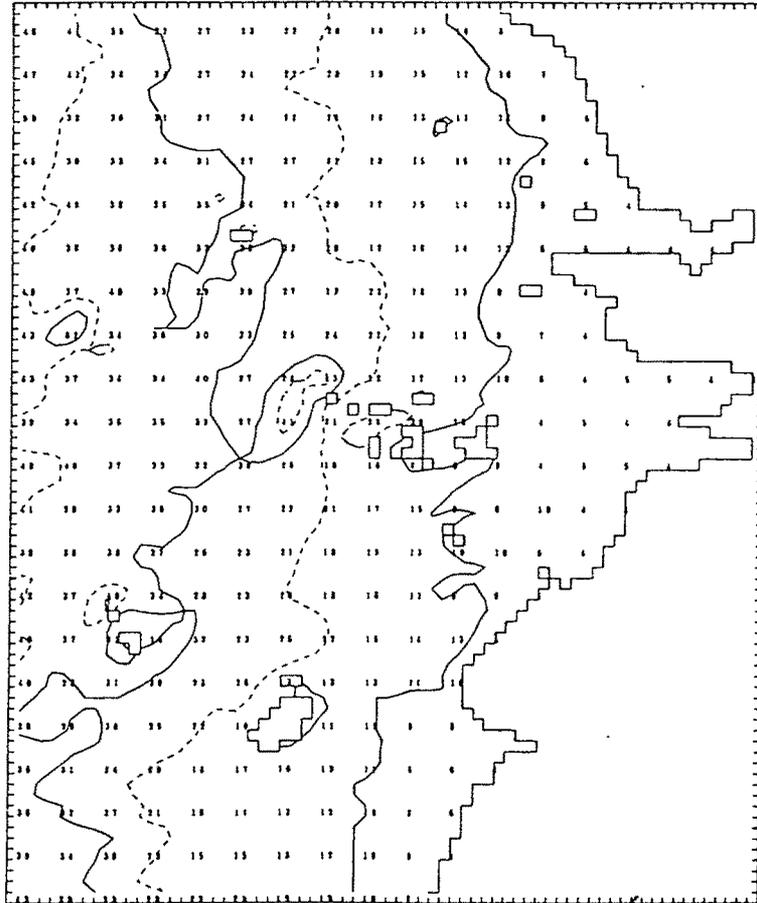


Fig.4.3.3.1.1(a) Geometry before the construction of dike

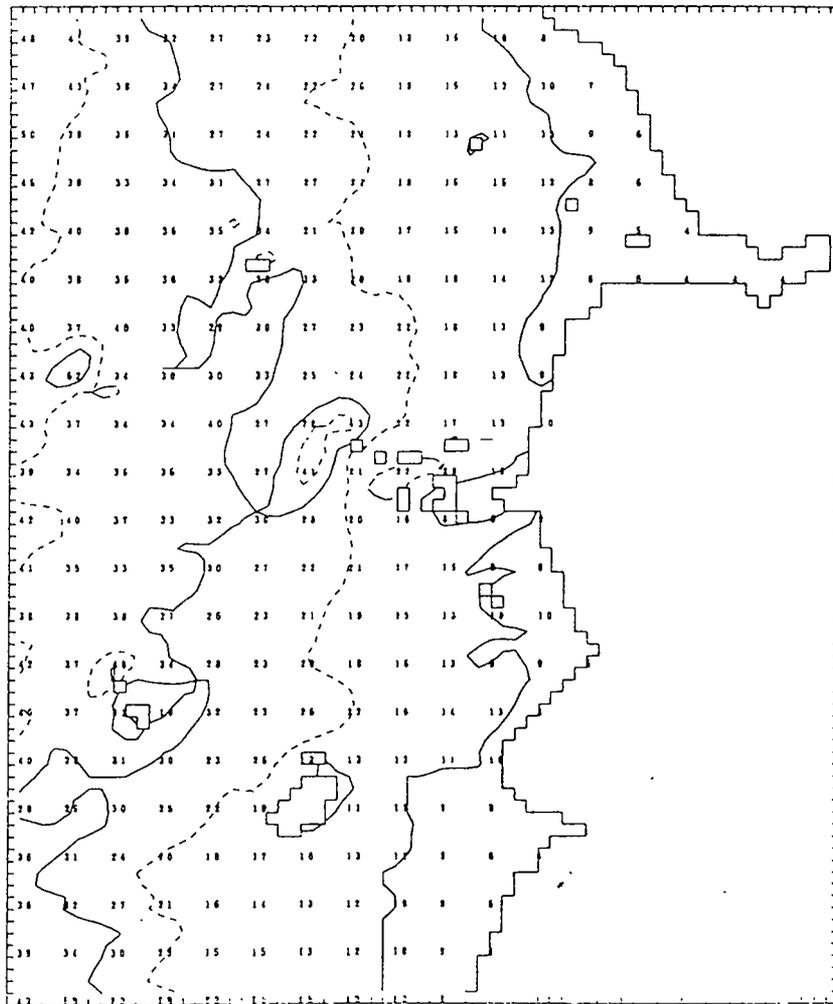


Fig.4.3.3.1.1(b) geometry after the construction of dike

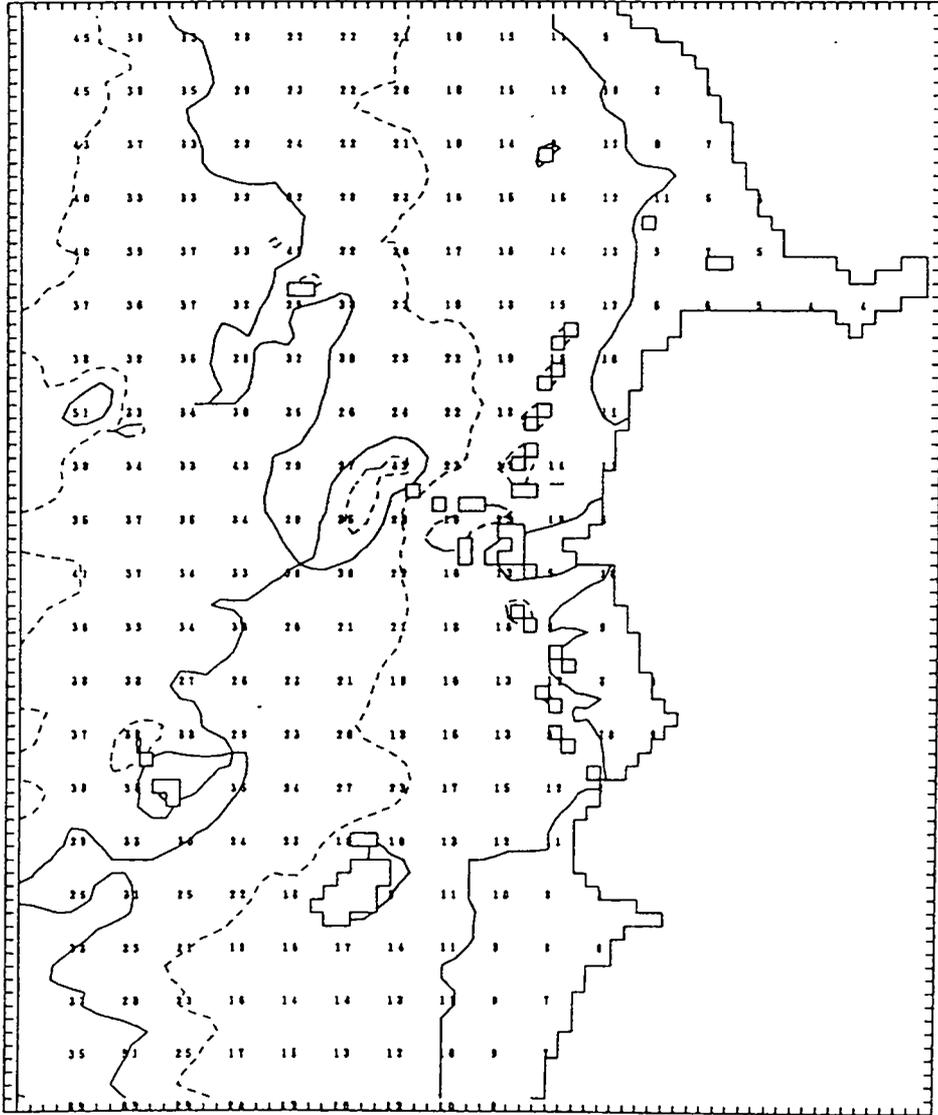


Fig.4.3.3.1.1(c) Geometry after the construction submerged breakwater

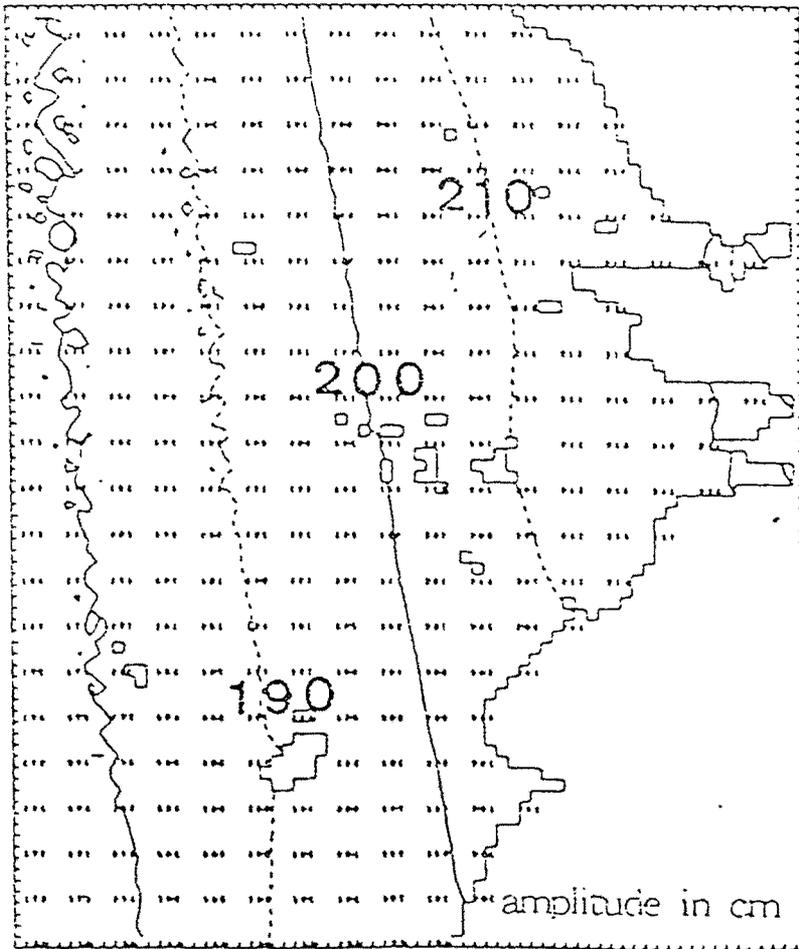


Fig.4.3.3.1.2(a-1) Calculated co-range chart of  $M_2$  tide

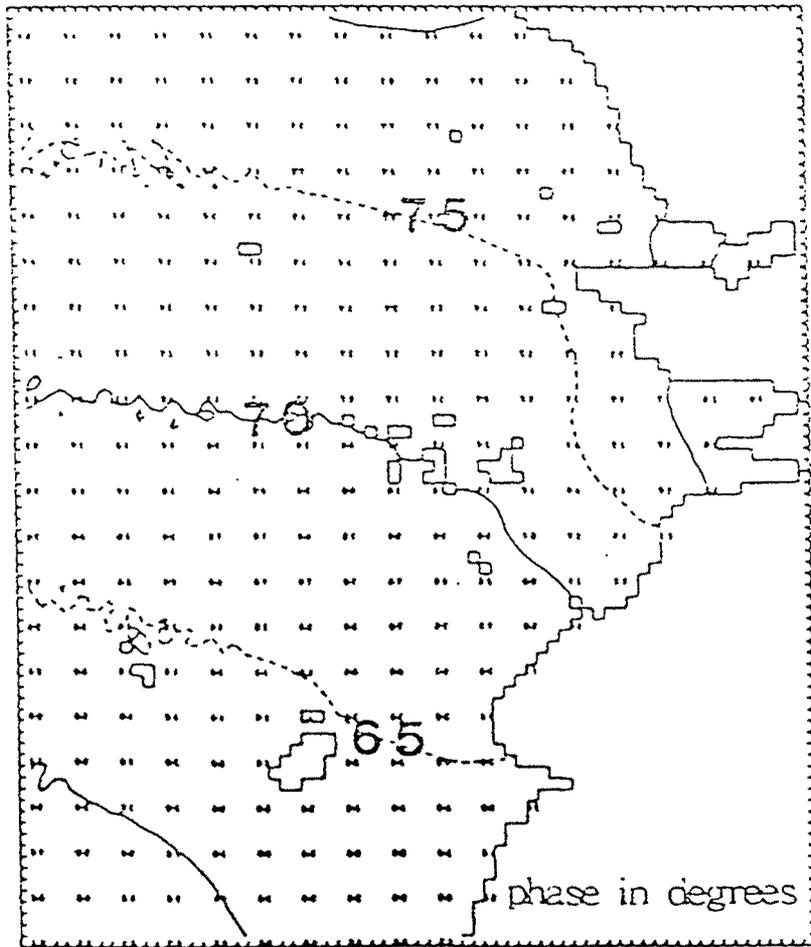


Fig.4.3.3.1.2(a-2) Calculated co-tidal chart of  $M_2$  tide

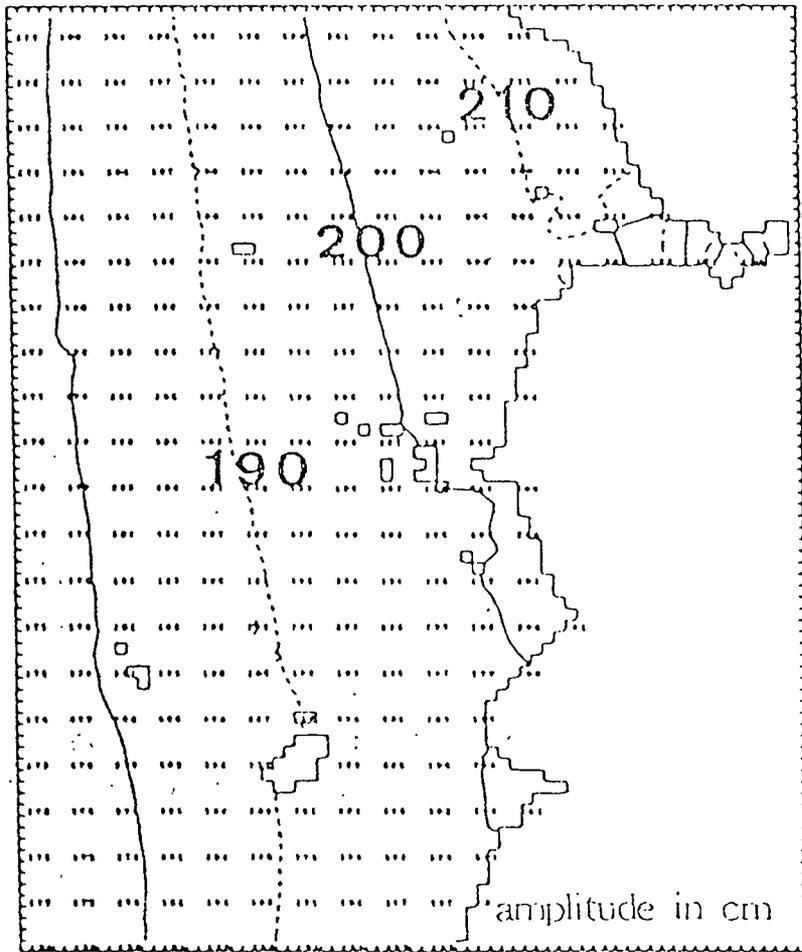


Fig.4.3.3.1.2(b-1) Calculated co-range chart of  $M_2$  tide after the dike construction.

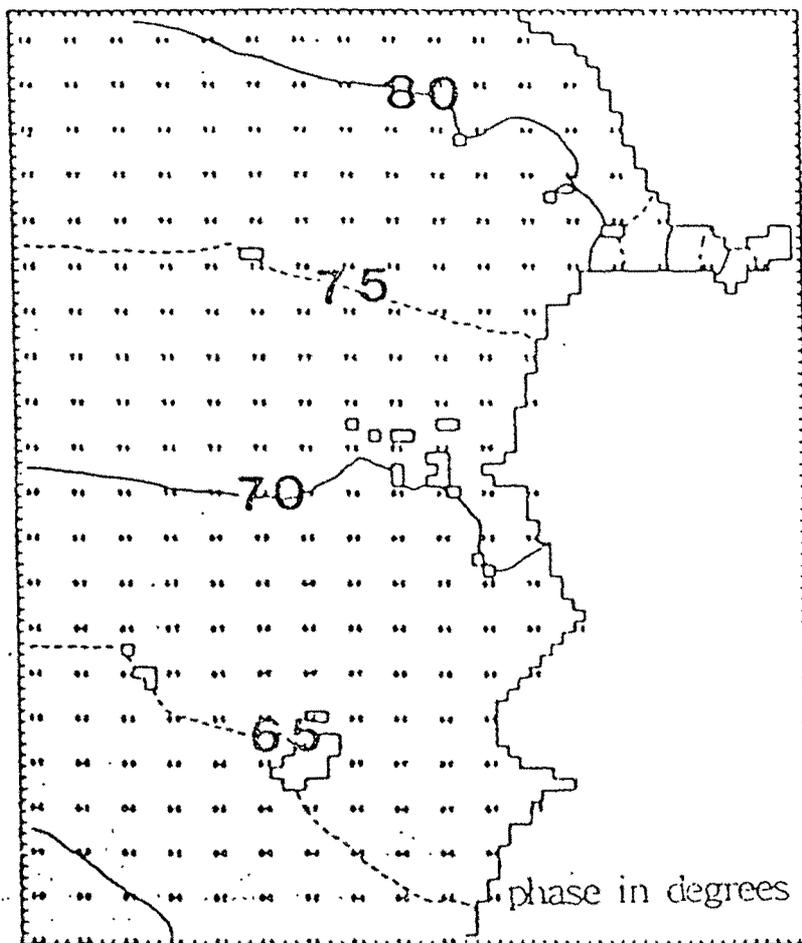


Fig.4.3.3.1.2(b-2) Calculated co-tidal chart of  $M_2$  tide after the dike construction.

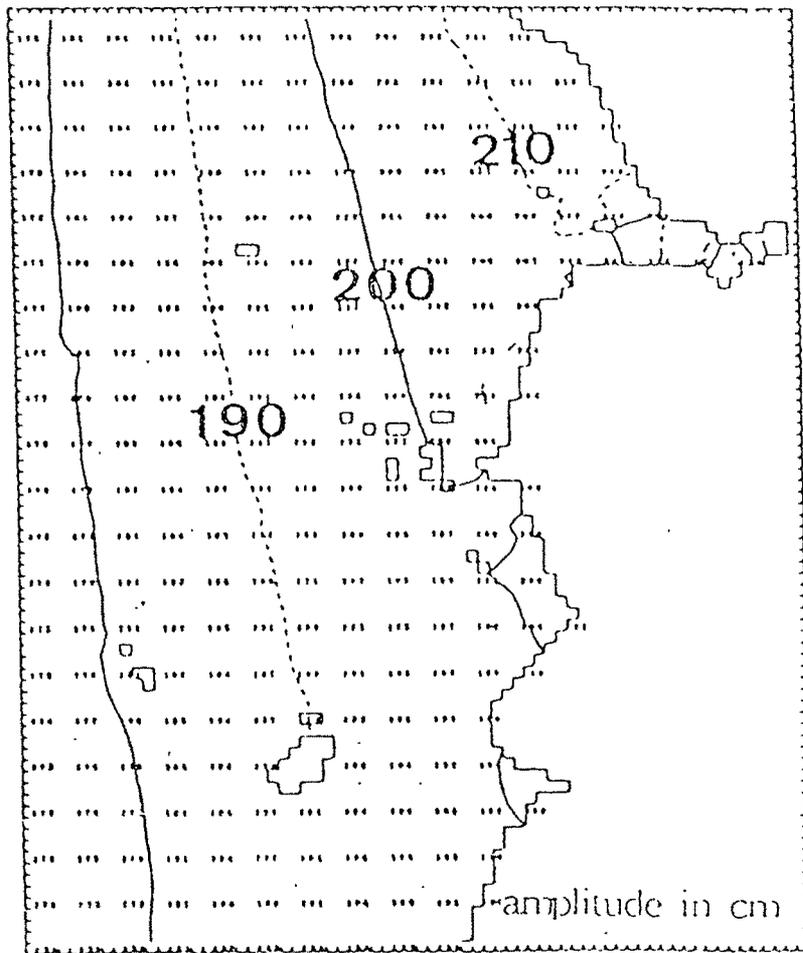


Fig.4.3.3.1.2(c-1) Calculated co-range chart of  $M_2$  tide after the submerged breakwater construction.

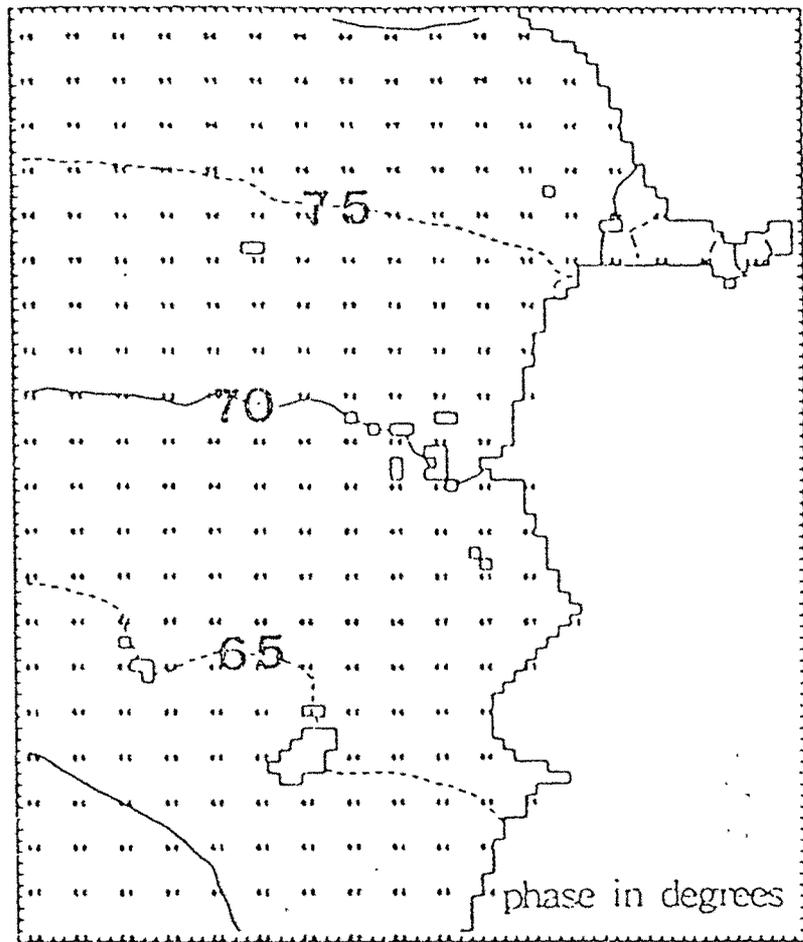


Fig.4.3.3.1.2(c-2) Calculated co-tidal chart of  $M_2$  tide after the submerged breakwater construction.

방조제 축조전의 관측결과로 부터 얻어진  $M_2$ 분조의 진폭과 위상분포  
 을 방조제 축조전의 계산결과로 부터 얻어진  $M_2$ 분조의 진폭과 위상분포  
 을 비교하여 보면, 관측결과로 부터 얻어진 고군산의  $M_2$ 분조의 진폭  
 (H:Cm) 과 위상(K)은 각각 204 Cm,75(K)였으며,계산 결과로 부터 얻어  
 진 고군산의  $M_2$ 분조의 진폭(H:Cm) 과 위상(K)은 각각 204 Cm,71(K)로  
 계산치는 관측치를 잘 재현하였다고 본다. 방조제 축조후 계산결과로 부  
 터 얻어진 고군산의  $M_2$ 분조의 진폭(H:Cm) 과 위상(K)은 각각  
 200Cm,71(K)로 나타났다.

계산결과로 부터 얻어진 간척전의 창조시와 낙조시 조류속이 가장 빠른  
 유황은 Fig.4.3.3.1.3(a-1,2,3,4,5,6), 간척후의 창조시와 낙조시 조류속이 가  
 장 빠른 유황은 Fig.4.3.3.1.4(a-1,2,3,4,5,6)과 같고, 잠제설치후의 창조시와  
 낙조시 조류속이 가장 빠른 유황은 Fig.4.3.3.1.5(a-1,2,3,4,5,6)와 같다.

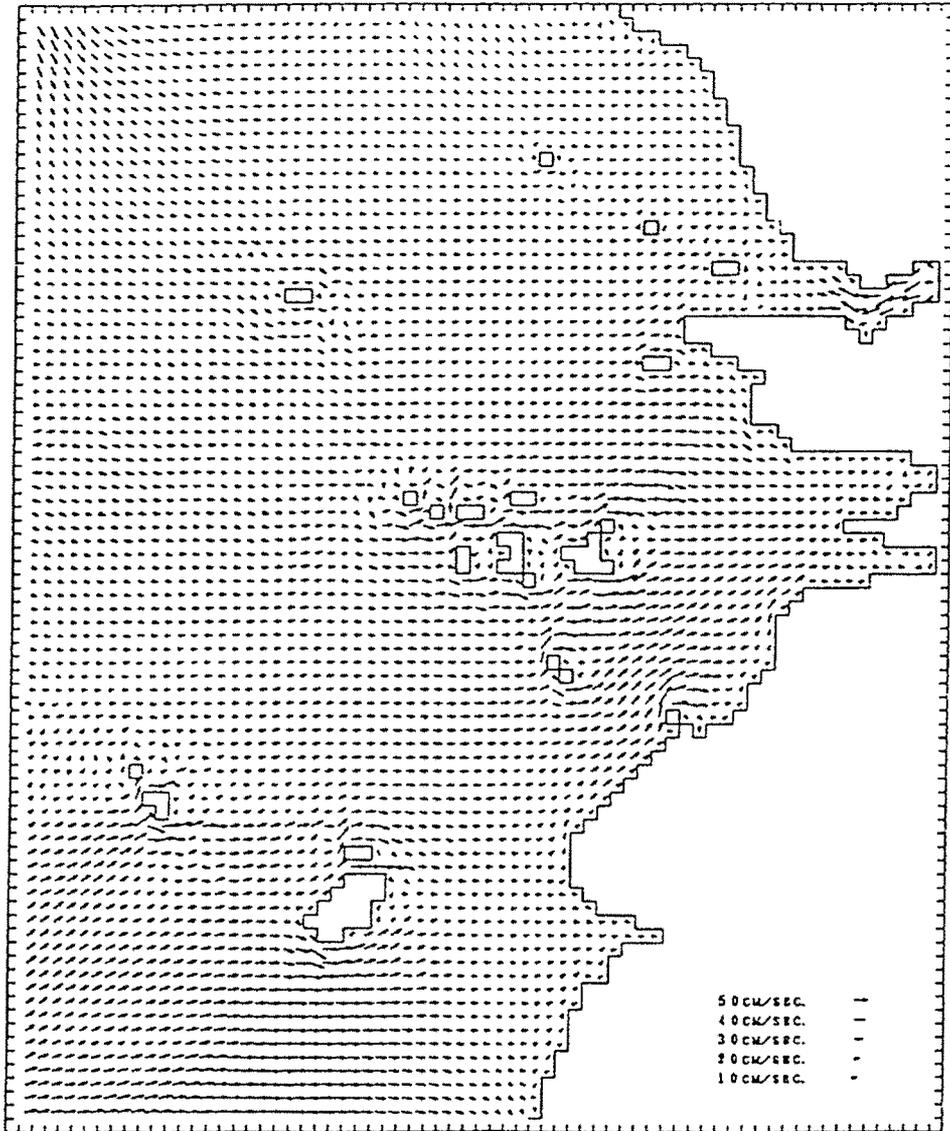


Fig.4.3.3.1.3(a-1) Flow pattern before the Saemangeum dike construction.(2 hour)

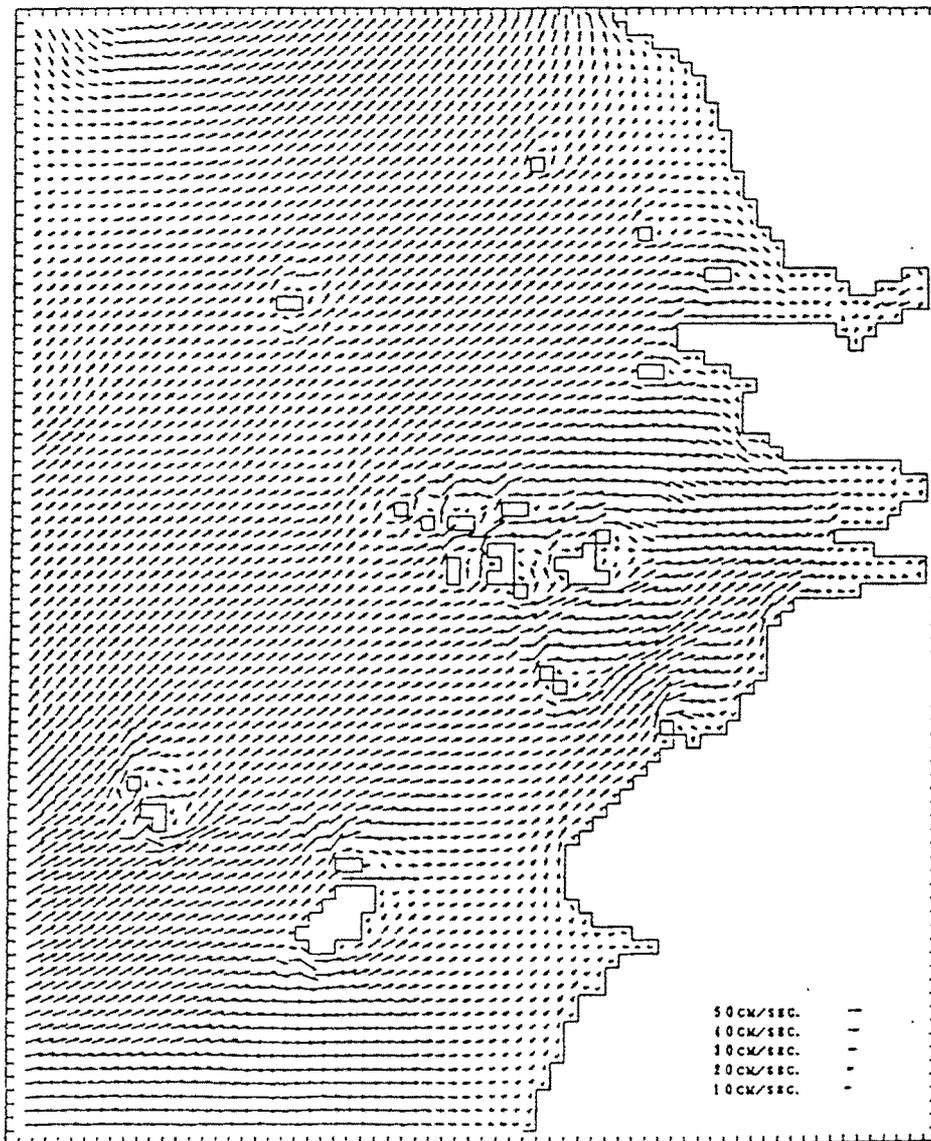


Fig.4.3.3.1.3(a-2) Flow pattern before the Saemangeum dike construction.(4 hour)

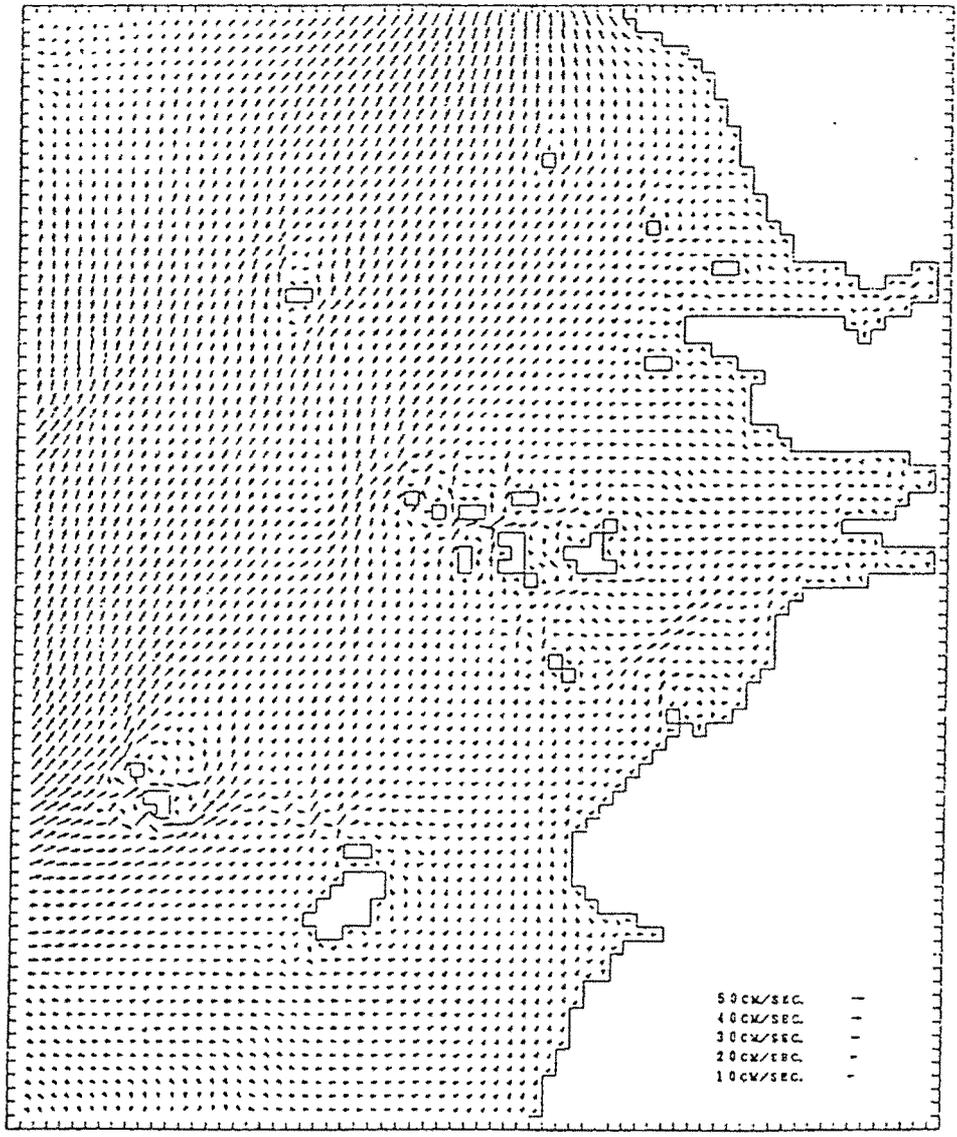


Fig.4.3.3.1.3(a-3) Flow pattern before the Saemangeum dike construction.(6 hour)

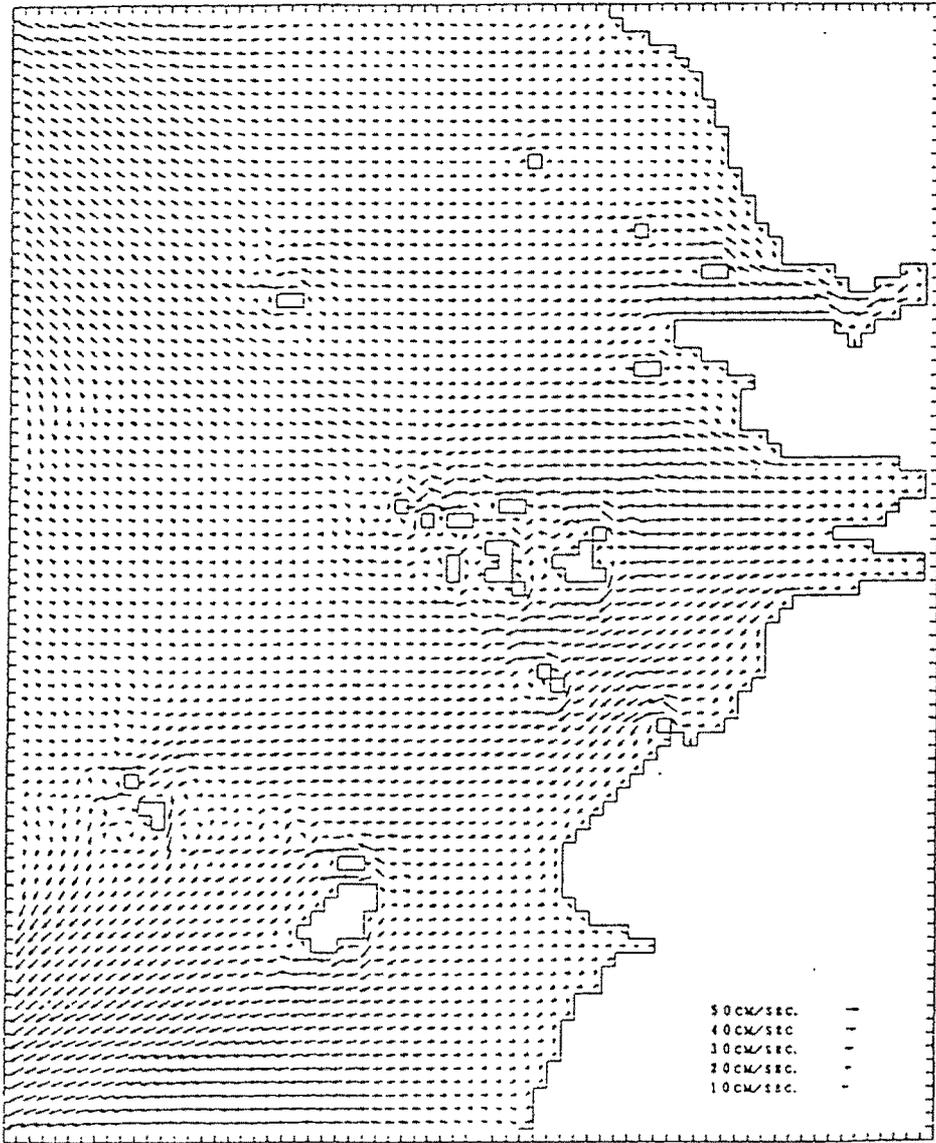


Fig.4.3.3.1.3(a-4) Flow pattern before the Saemangeum dike construction.(8 hour)

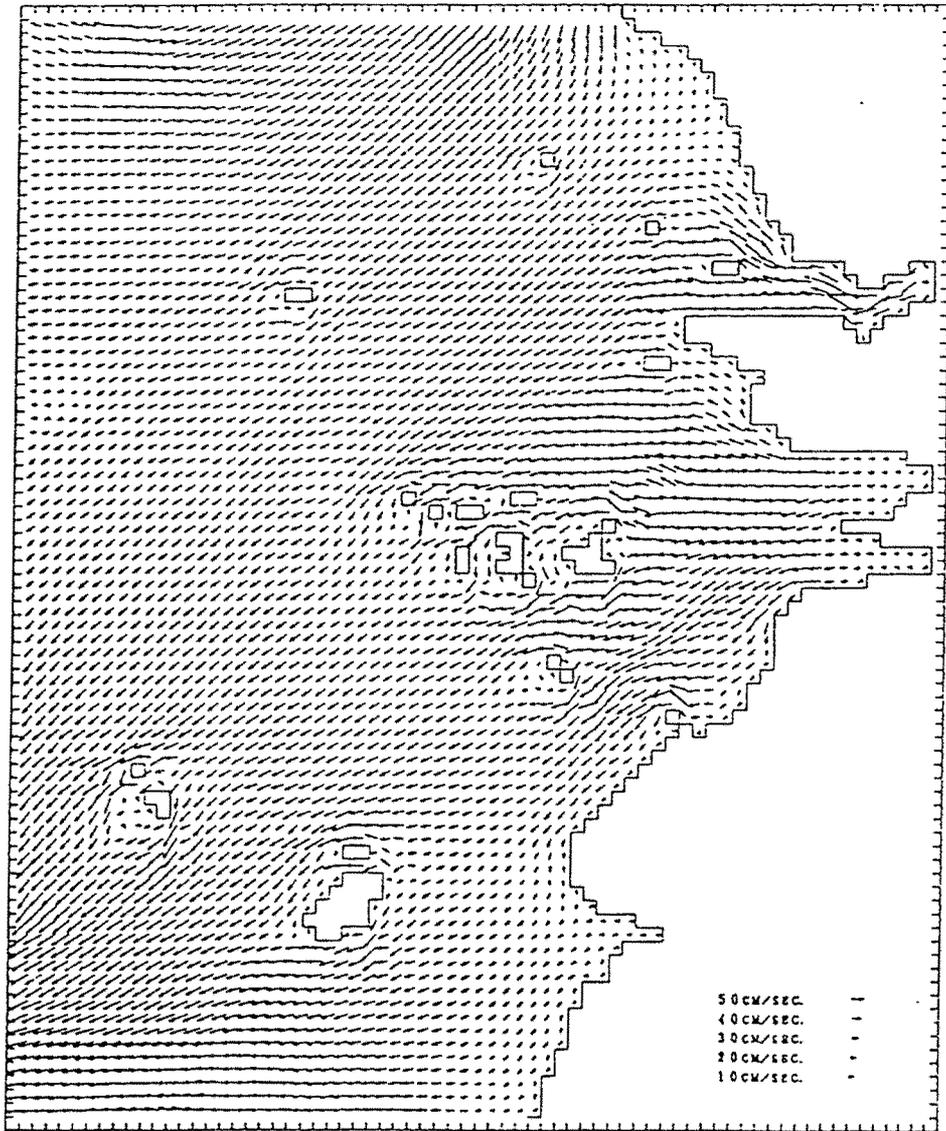


Fig.4.3.3.1.3(a-5) Flow pattern before the Saemangeum dike construction.(10 hour)

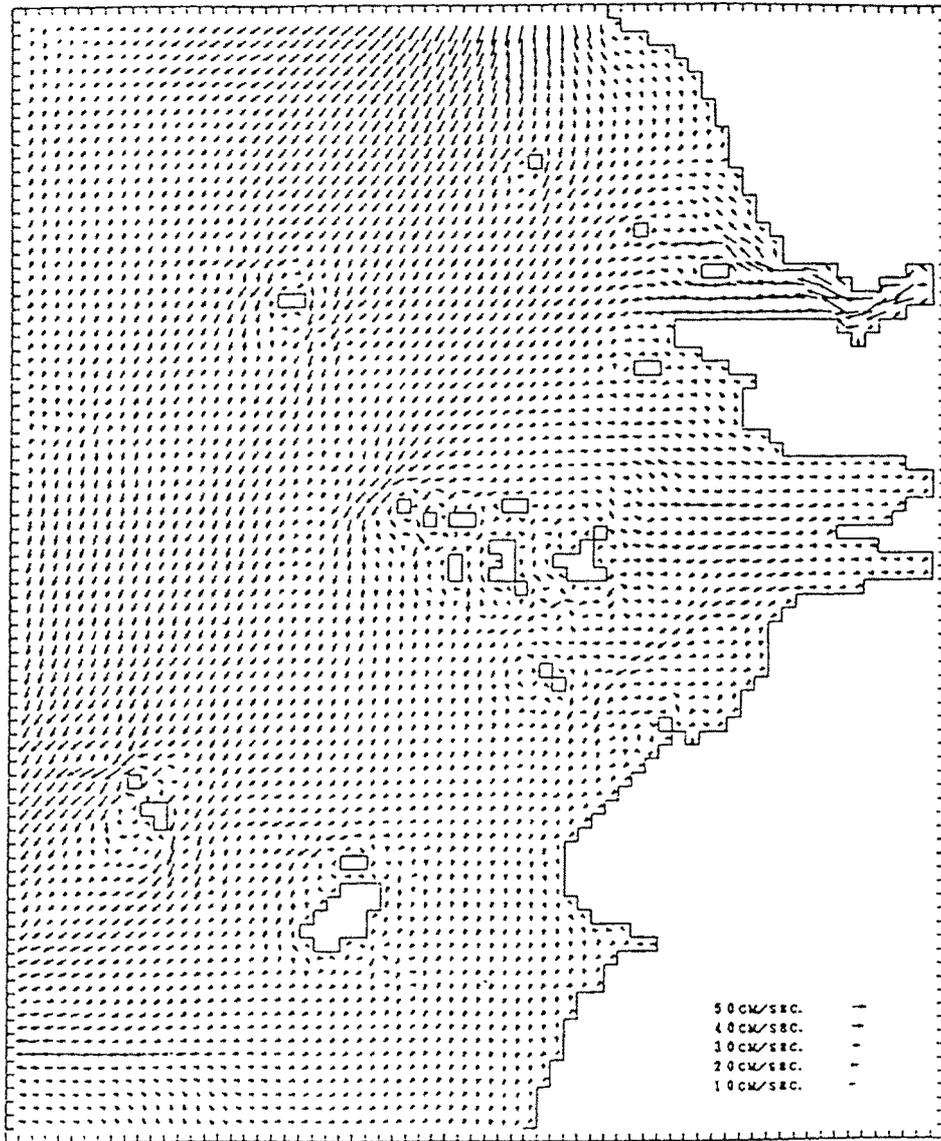


Fig.4.3.3.1.3(a-6) Flow pattern before the Saemangeum dike construction.(12 hour)

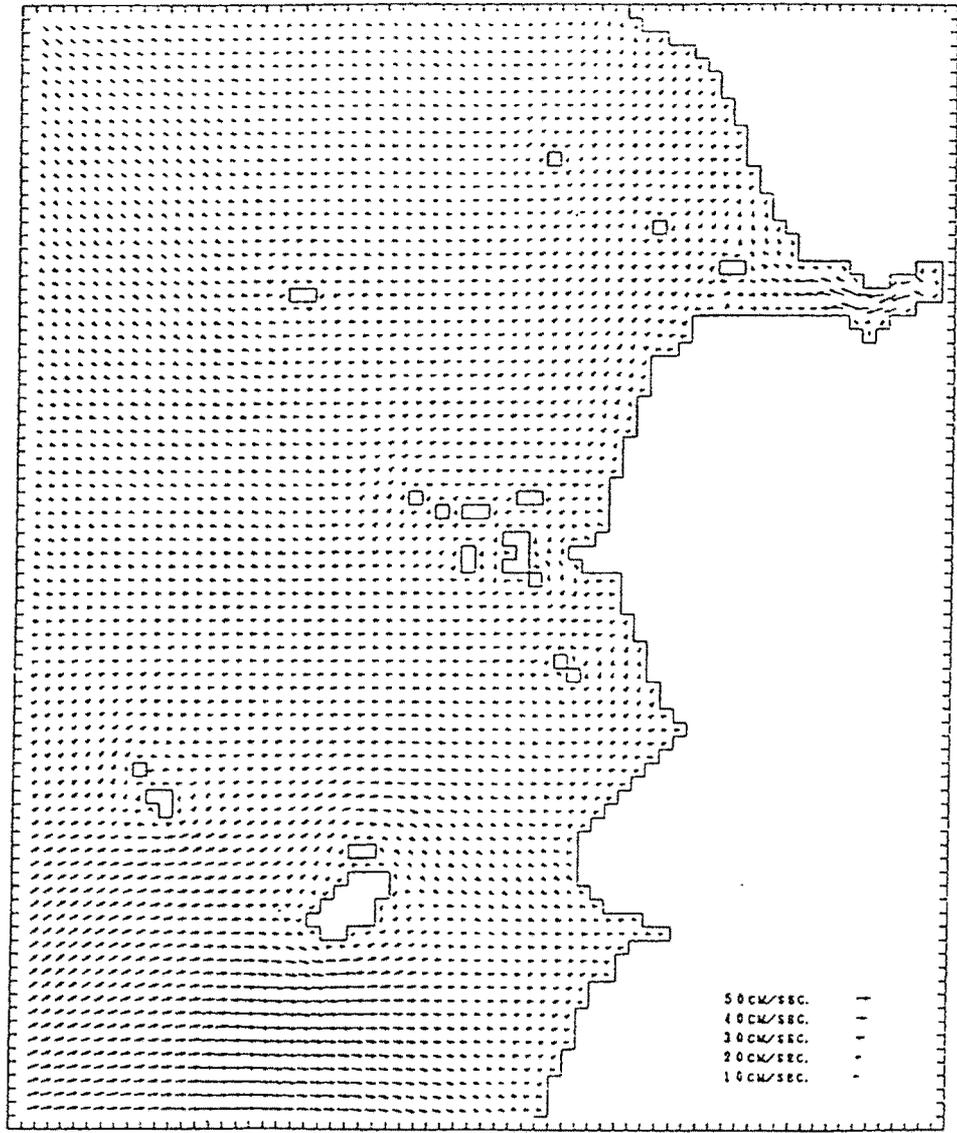


Fig4.3.3.1.4(a-1) Flow pattern after the Saemangeum dike construction.(2 hour)

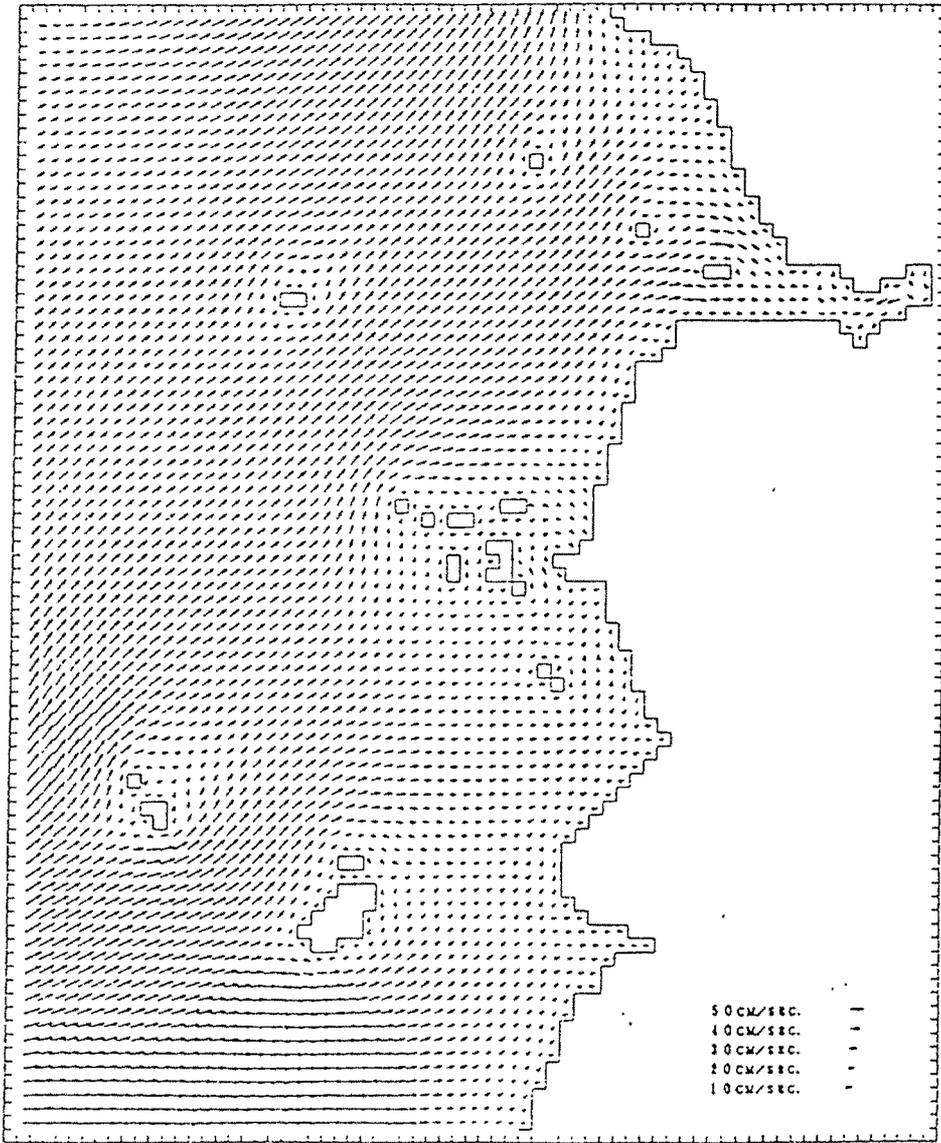


Fig.4.3.3.1.4(a-2) Flow pattern after the Saemangeum dike construction.(4 hour)

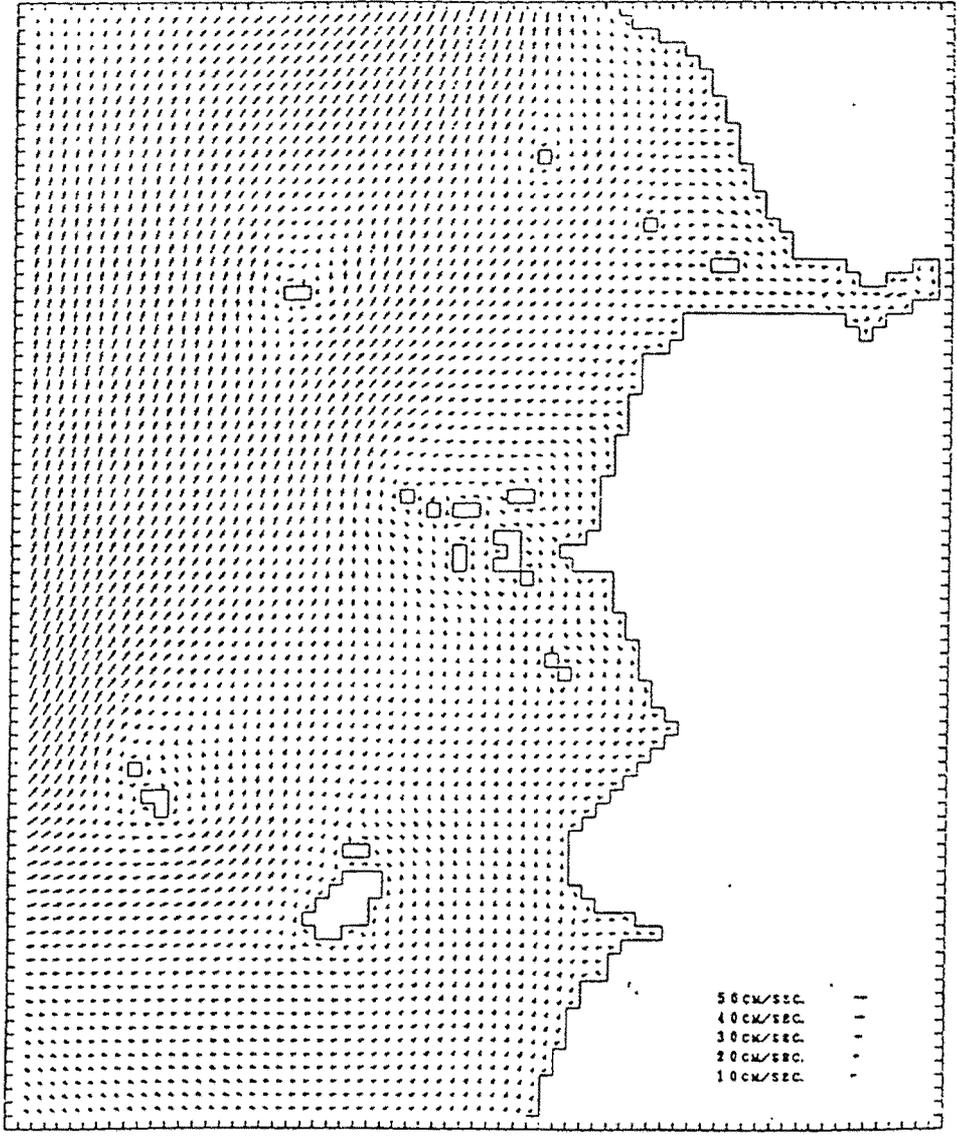


Fig.4.3.3.1.4(a-3) Flow pattern after the Saemangeum dike construction.(6 hour)

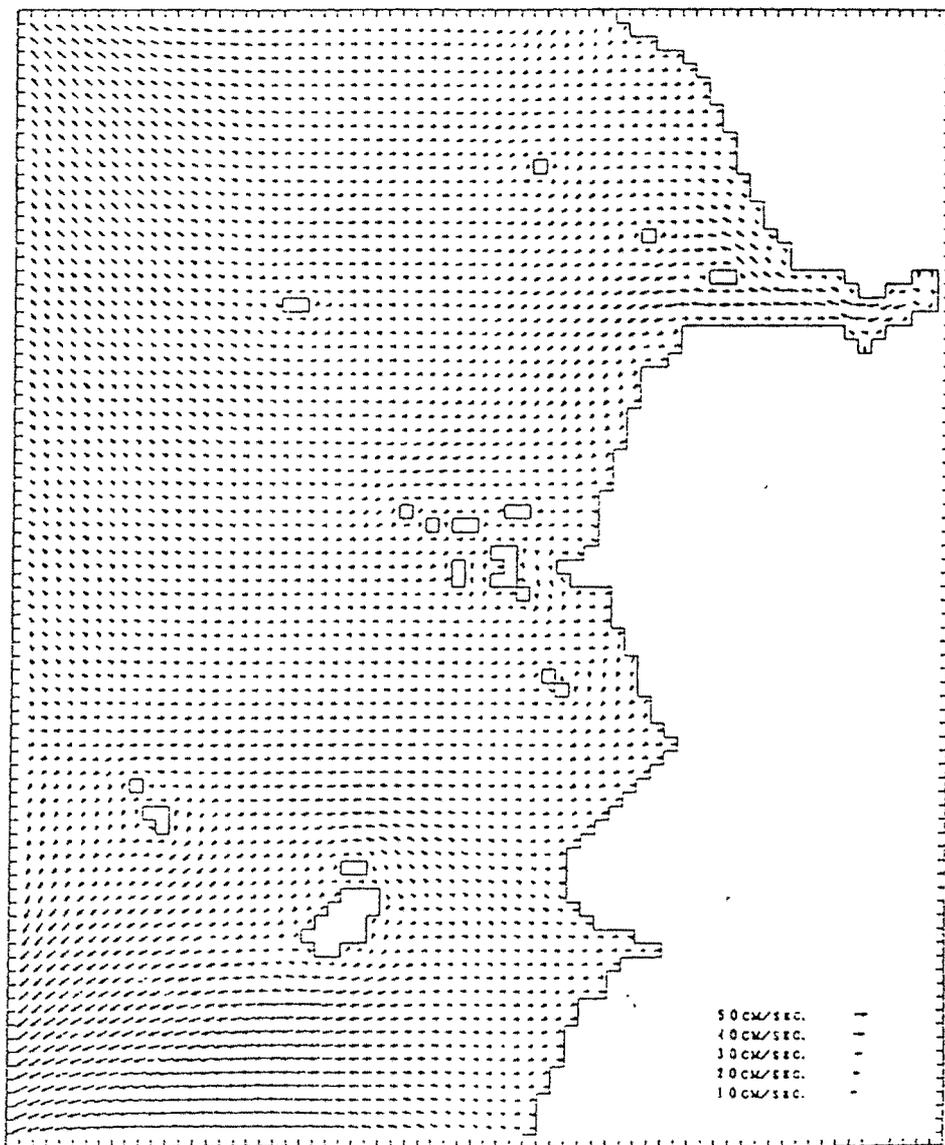


Fig.4.3.3.1.4(a-4) Flow pattern after the Saemangeum dike construction.(8 hour)

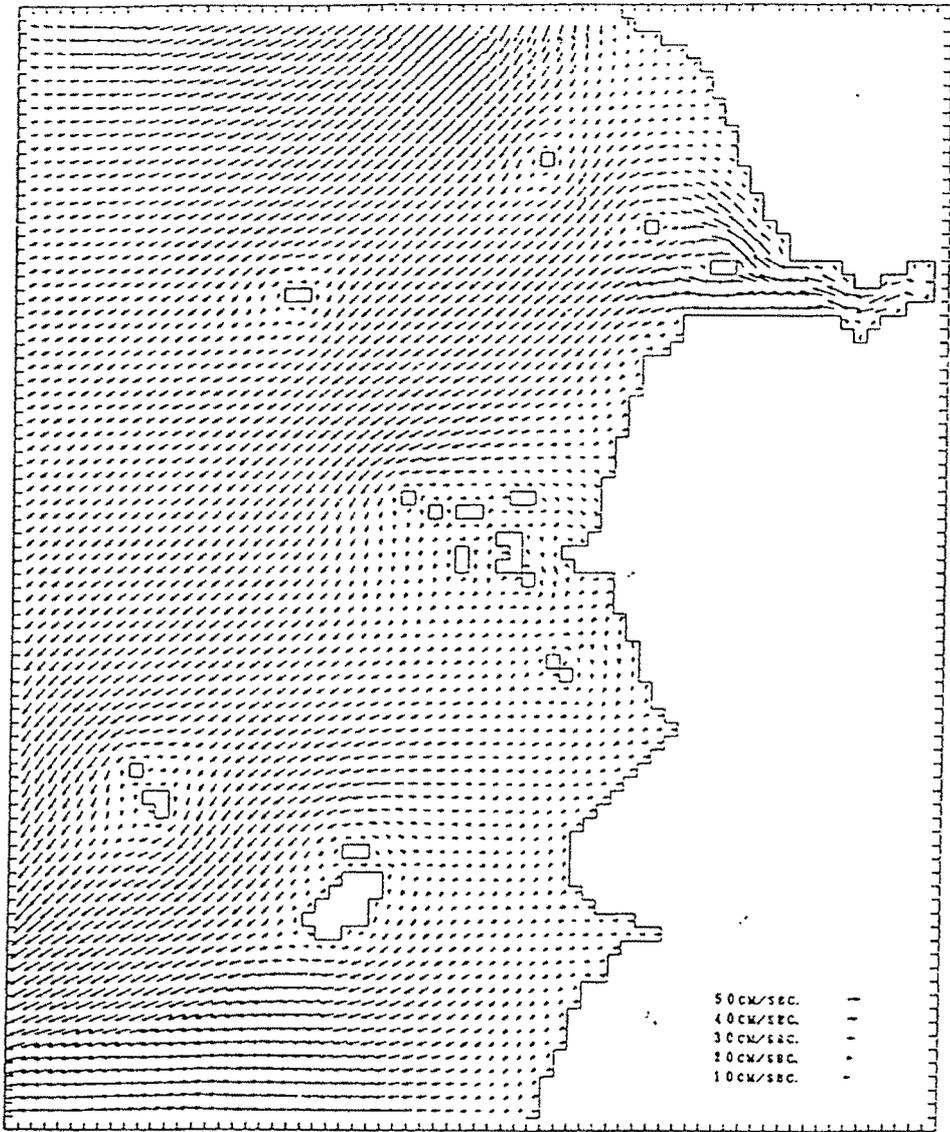


Fig.4.3.3.1.4(a-5) Flow pattern after the Saemangeum dike construction.(10 hour)

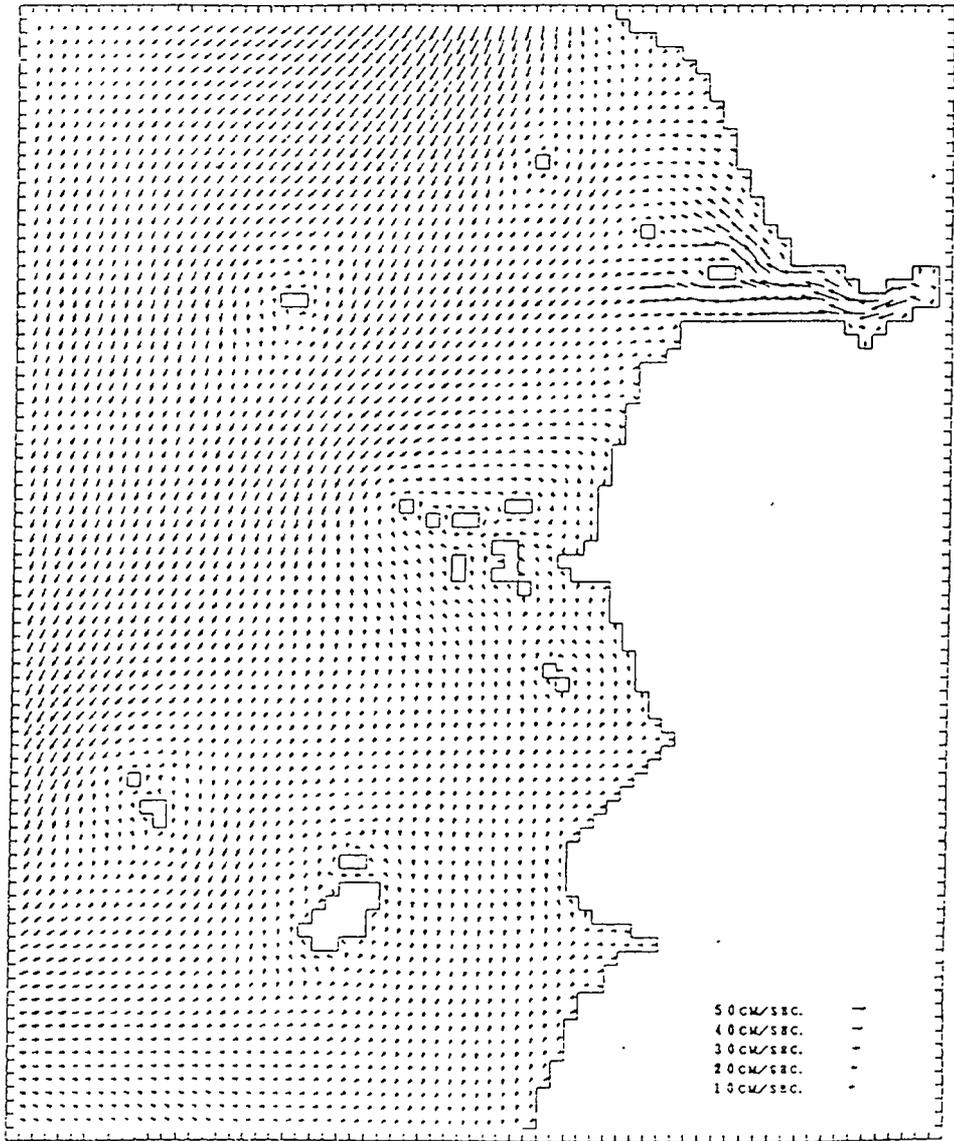


Fig.4.3.3.1.4(a-6) Flow pattern after the Saemangeum dike construction.(12 hour)

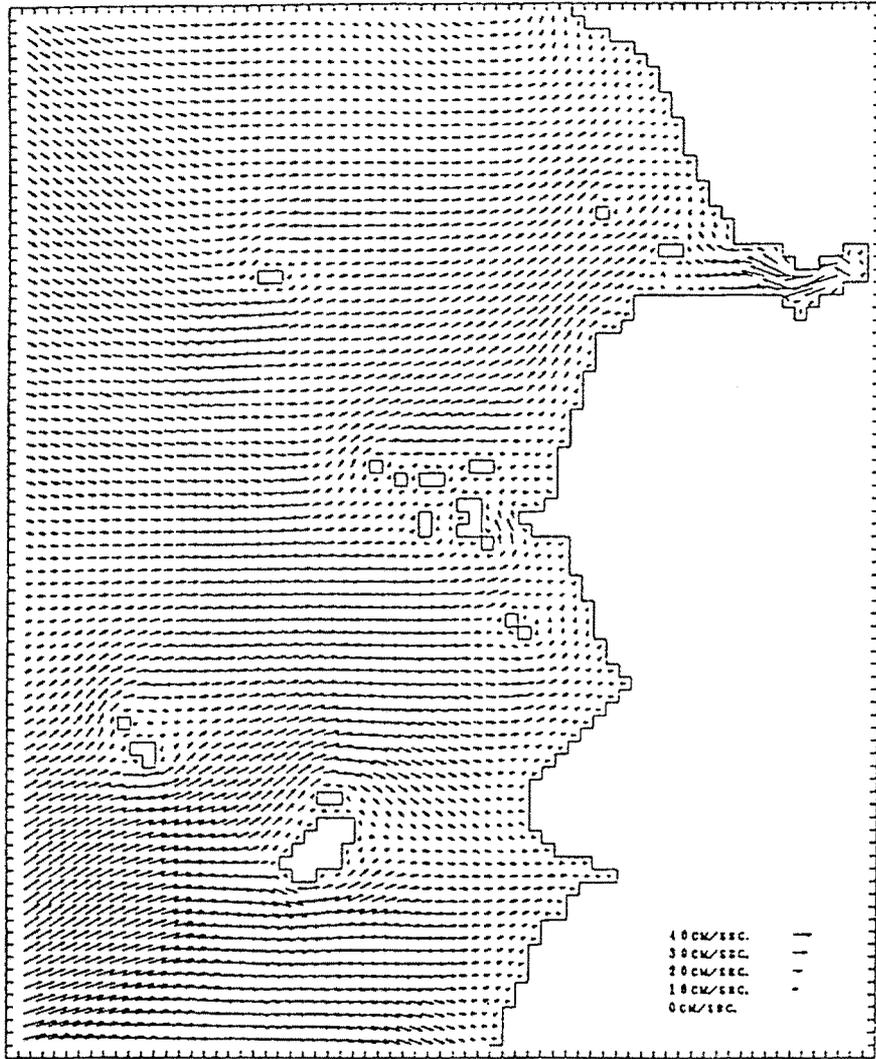


Fig.4.3.3.1.5(a-1) Flow pattern after the submerged breakwater construction.(2 hour)

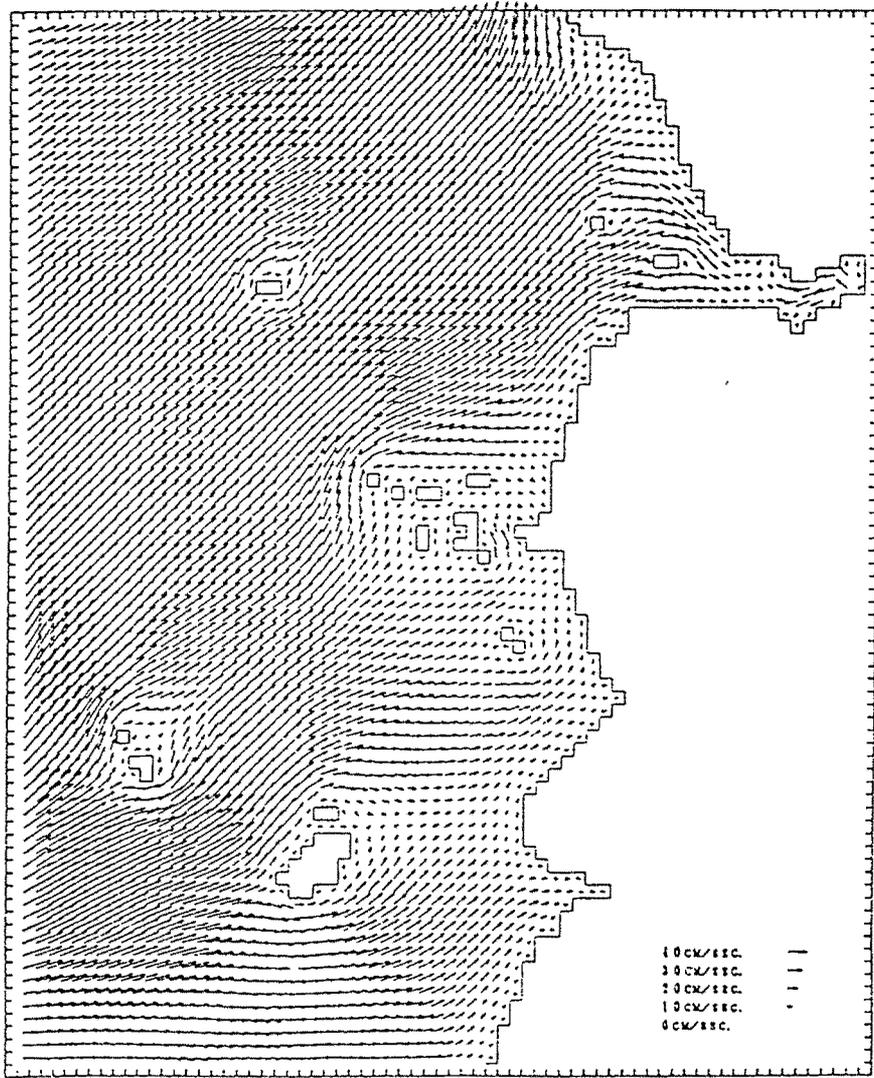


Fig.4.3.3.15(a-2) Flow pattern after the submerged breakwater construction.(4 hour)

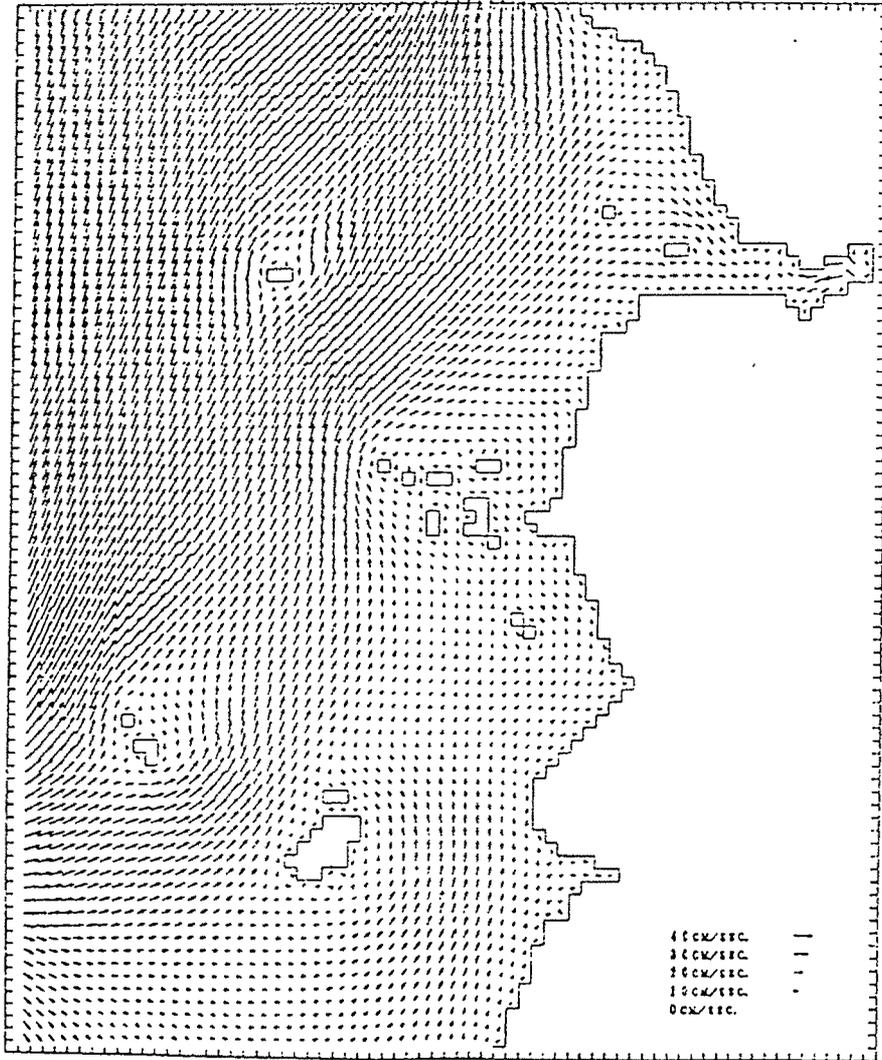


Fig.4.3.3.15(a-3) Flow pattern after the submerged breakwater construction.(6 hour)

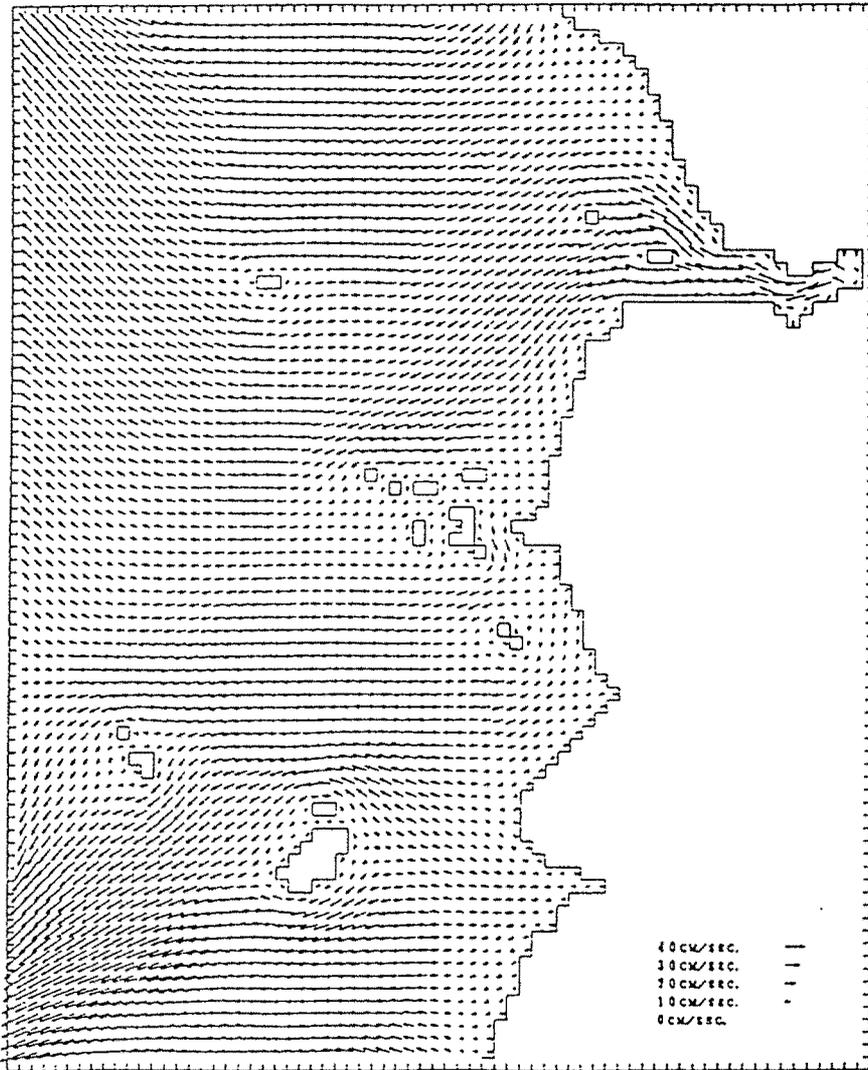


Fig.4.3.3.1.5(a-4) Flow pattern after the submerged breakwater construction.(8 hour)

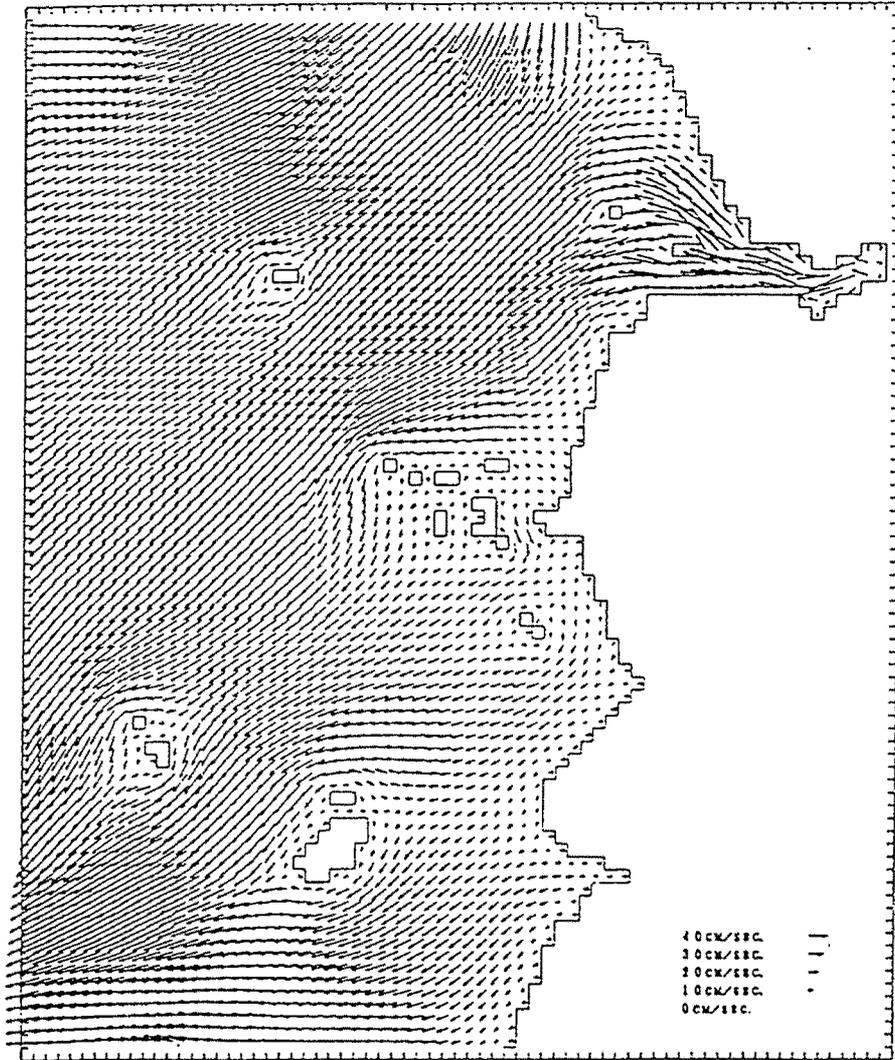


Fig.4.3.3.1.5(a-5) Flow pattern after the submerged breakwater construction.(10 hour)

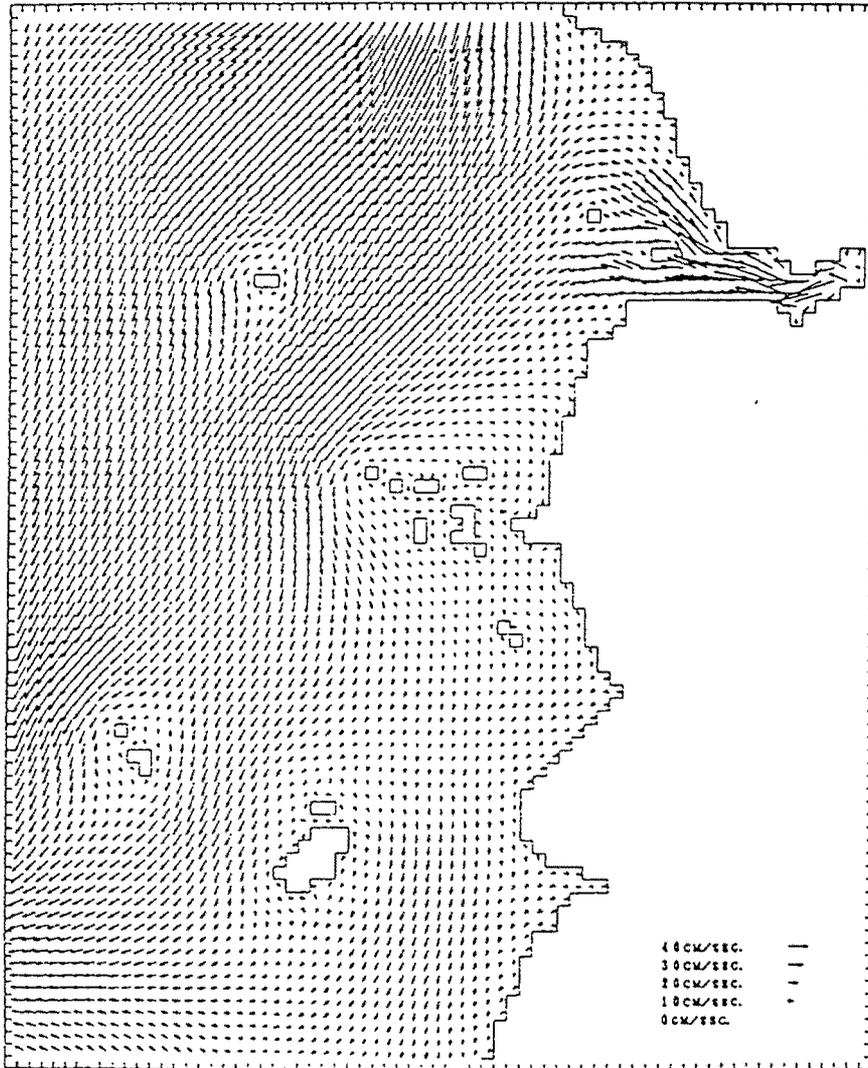
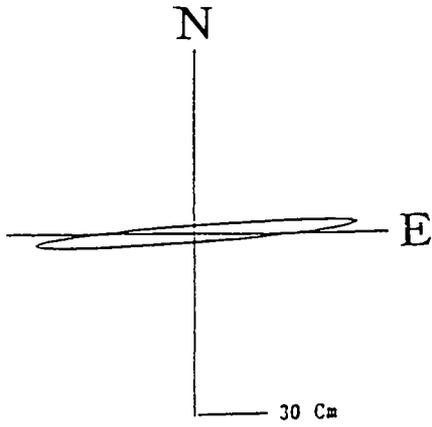


Fig.4.3.3.15(a-6) Flow pattern after the submerged breakwater construction.(12 hour)

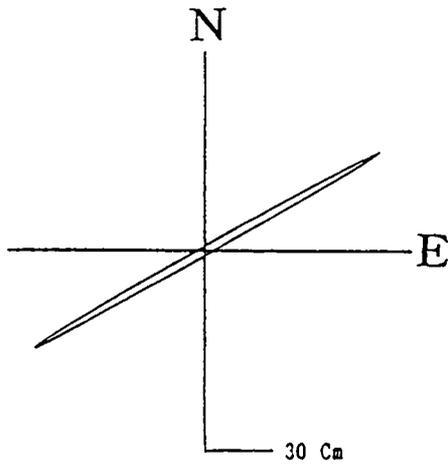
관측지점(94-R-3),(94-R-4)에서 계산결과에 의한  $M_2$ 분조의 조류타원도는 Fig.4.3.3.1.6와 같다.

창조류시 관측지점(94-R-4)에서  $M_2$ 분조의 조류는 남서방향에서 진입하고 있었으며,측점:94-R-3에서  $M_2$ 분조의 조류는 3호방조제의 축조로 유로가 차단되어 약한 유속을 나타내고 있었다.

낙조류시 관측지점(94-R-4)에서  $M_2$ 분조의 조류는 외해를 향하여 남서방향으로 유향은  $230^{\circ}-265^{\circ}$  였다.방조제가 축조됨에 따라 창조류보다 낙조류의 흐름이 약간 빠른 형태를 보이고 있었다.그 원인은 만경강과 동진강의 하천수의 영향으로 판단된다.



(94-R-3)



(94-R-4)

Fig.4.3.3.1.6 Calculated  $M_2$  tidal current ellipse at saemankeum

계산결과로부터 얻어진 계산지점(측점:94-R-4,측점:94-R-3)의 조화분석한  $M_2$ 분조의 조류타원도는 관측 결과로부터 얻어진 관측지점(측점:94-R-4,측점:94-R-3)의 조화분석한  $M_2$ 분조의 조류타원도를 잘 재현하였다고 판단된다. 계산결과로부터 얻어진  $M_2$ 분조류에 의한 간척전후와 잠제설치후의 조석응력은 Fig.4.3.3.1.7(a,b,c)으로 나타내었다. 이 응력에 의한 간척전후와 잠제설치후의 조석잔차류는 Fig.4.3.3.1.8(a,b,c)로 나타내었다. 조석응력은 조류의 비선형성분의 일조석주기 평균으로 부터 파생된 항으로서 일종의 Radiation stress 이다. 다음식으로 정의 할 수 있다.

$$T_S = - \overline{(U \cdot \nabla)U}$$

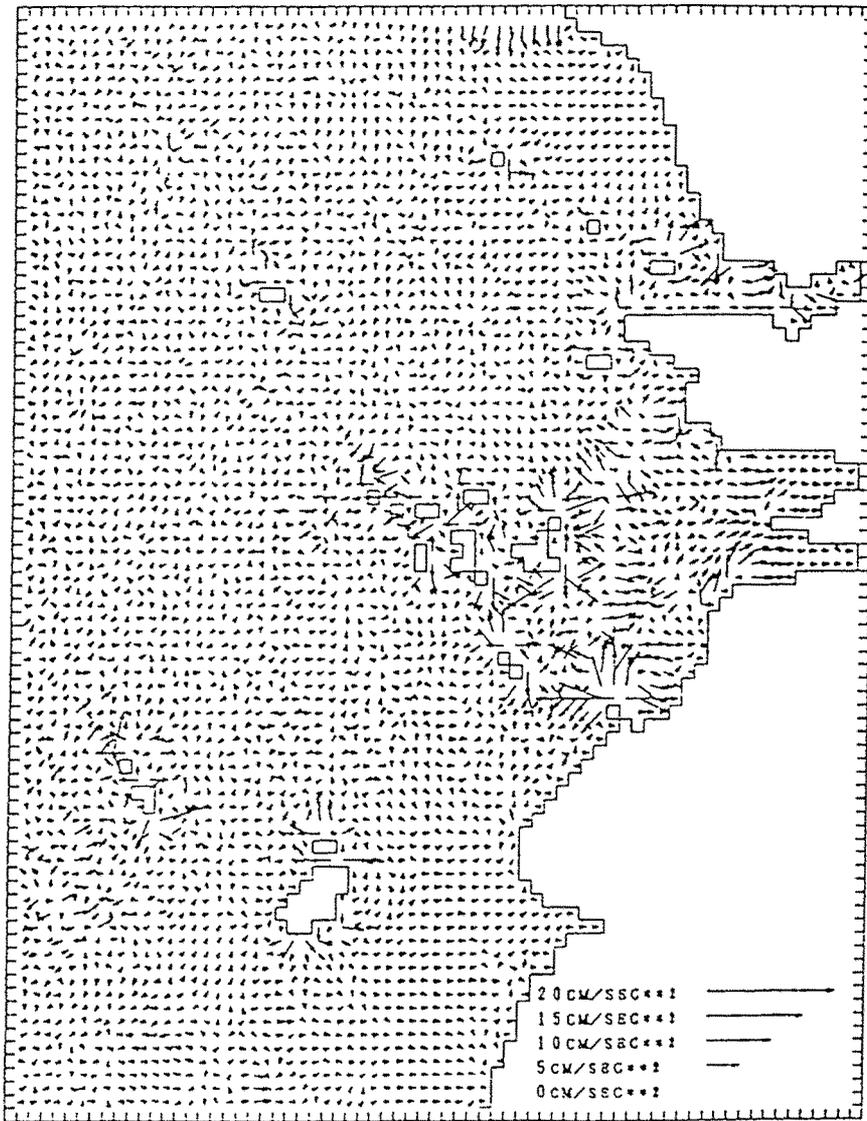


Fig.4.3.3.1.7(a) calculated  $M_2$  tidal stress before dike construction at Saemankeum

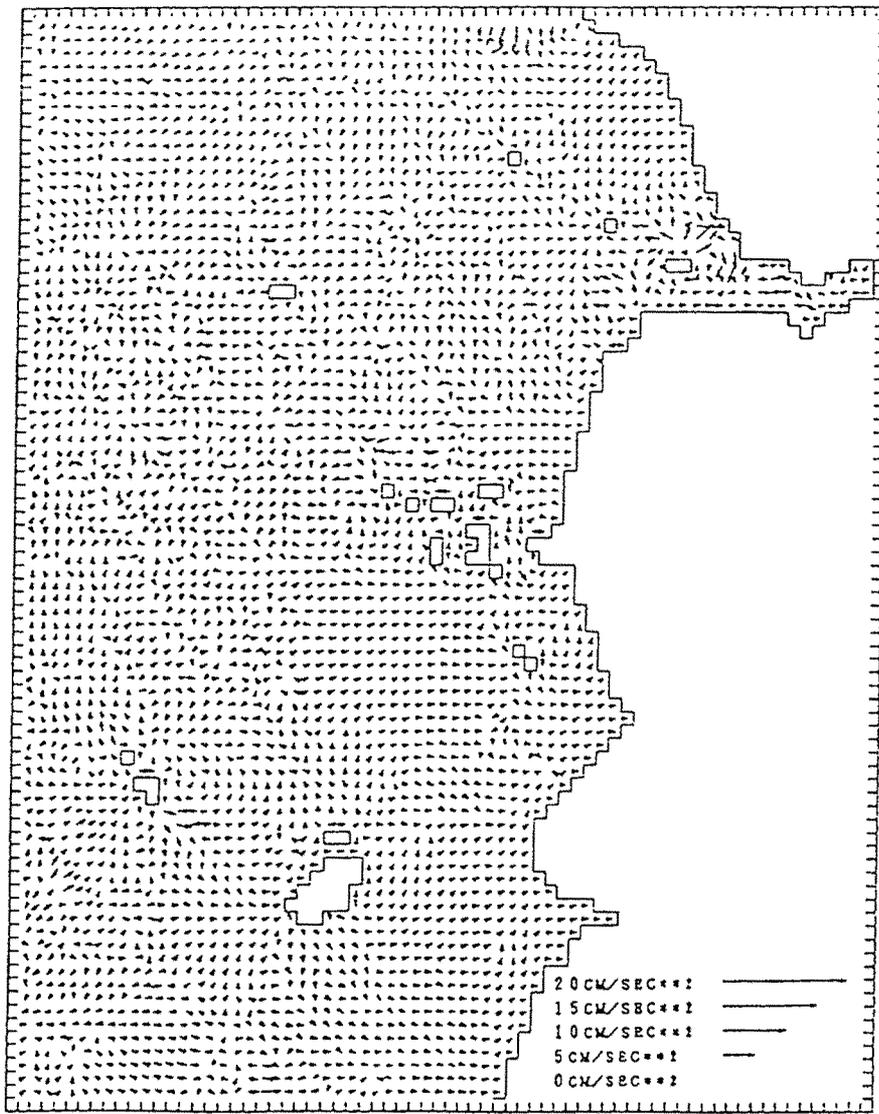


Fig.4.3.3.1.7(b) calculated  $M_2$  tidal stress after dike construction at saemankeum

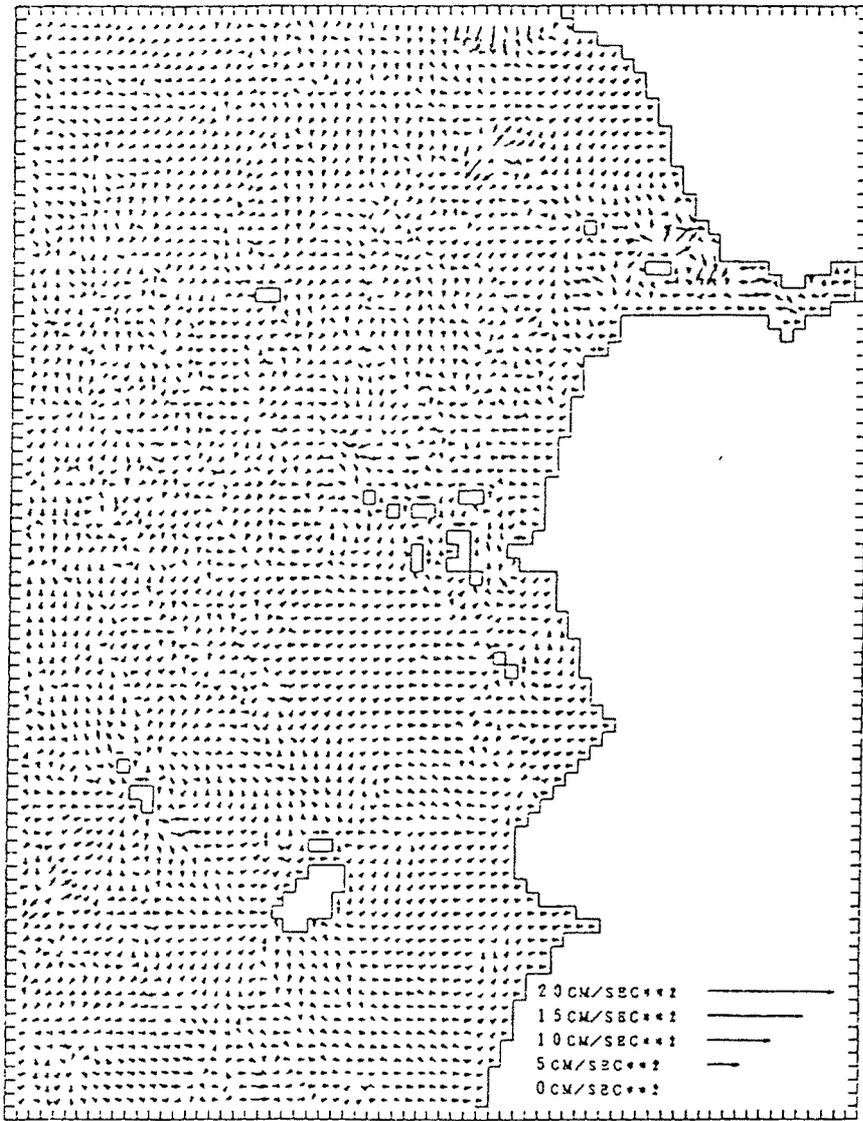


Fig.4.3.3.1.7(c) calculated  $M_2$  tidal stress after submerged construction at saemankeum

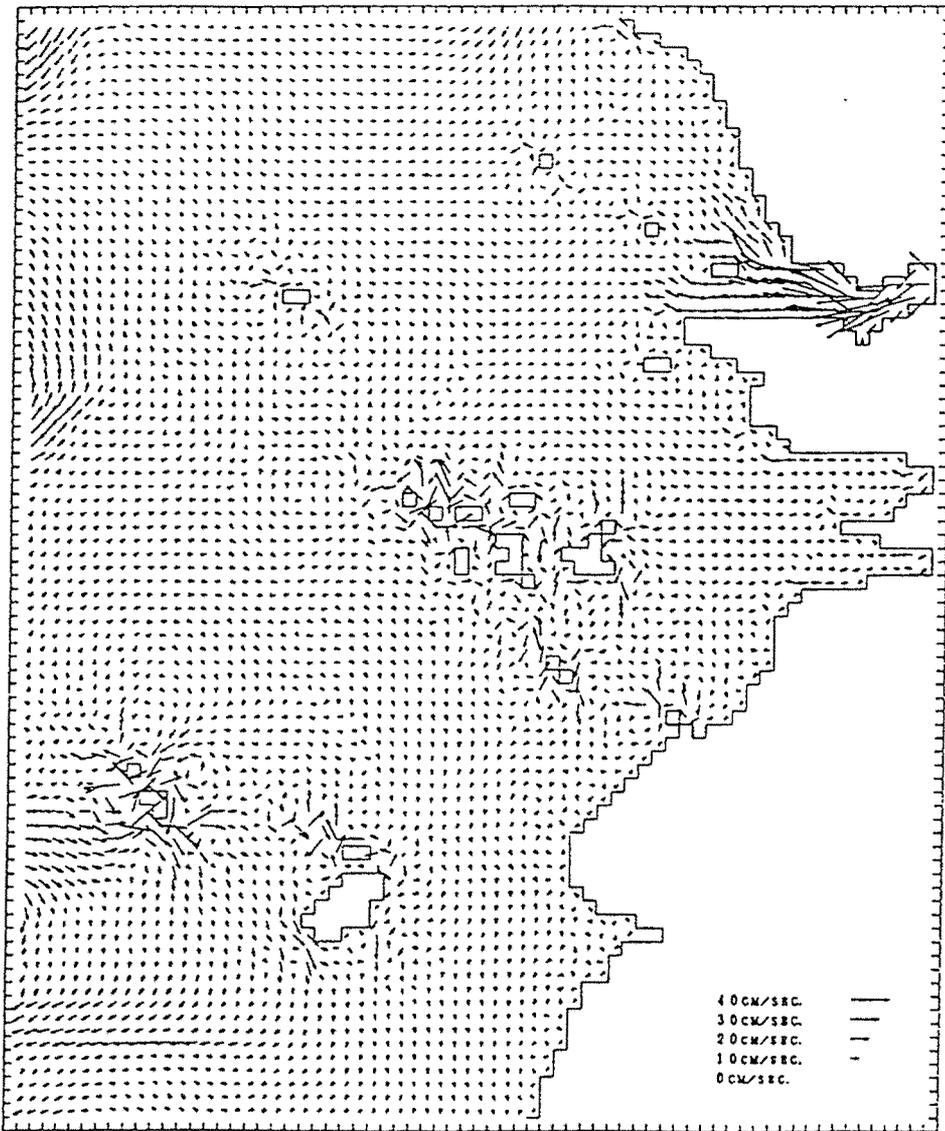


Fig.4.3.3.1.8(a) calculated  $M_2$  tide-induced current before dike construction at saemankeum

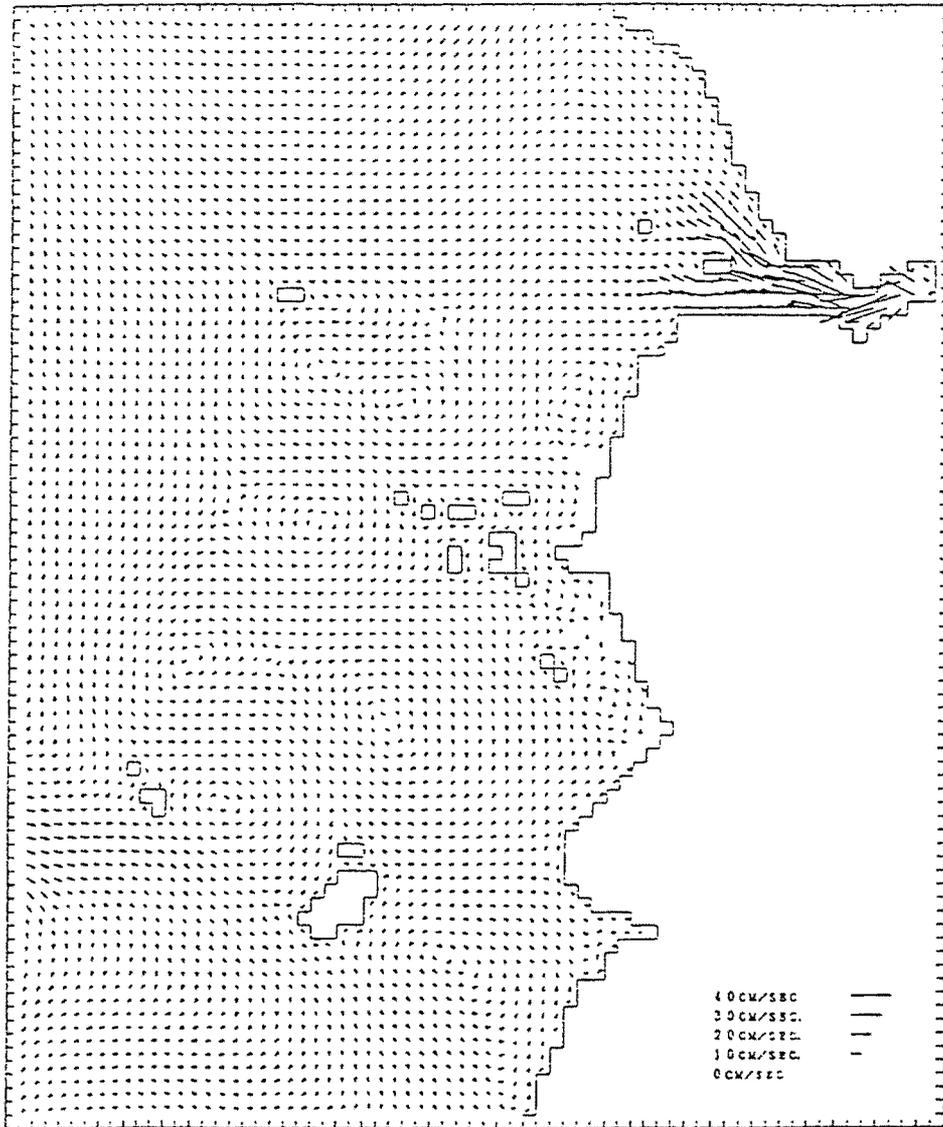


Fig.4.3.3.1.8(b) calculated  $M_2$  tide-induced current after dike construction at saemankeum

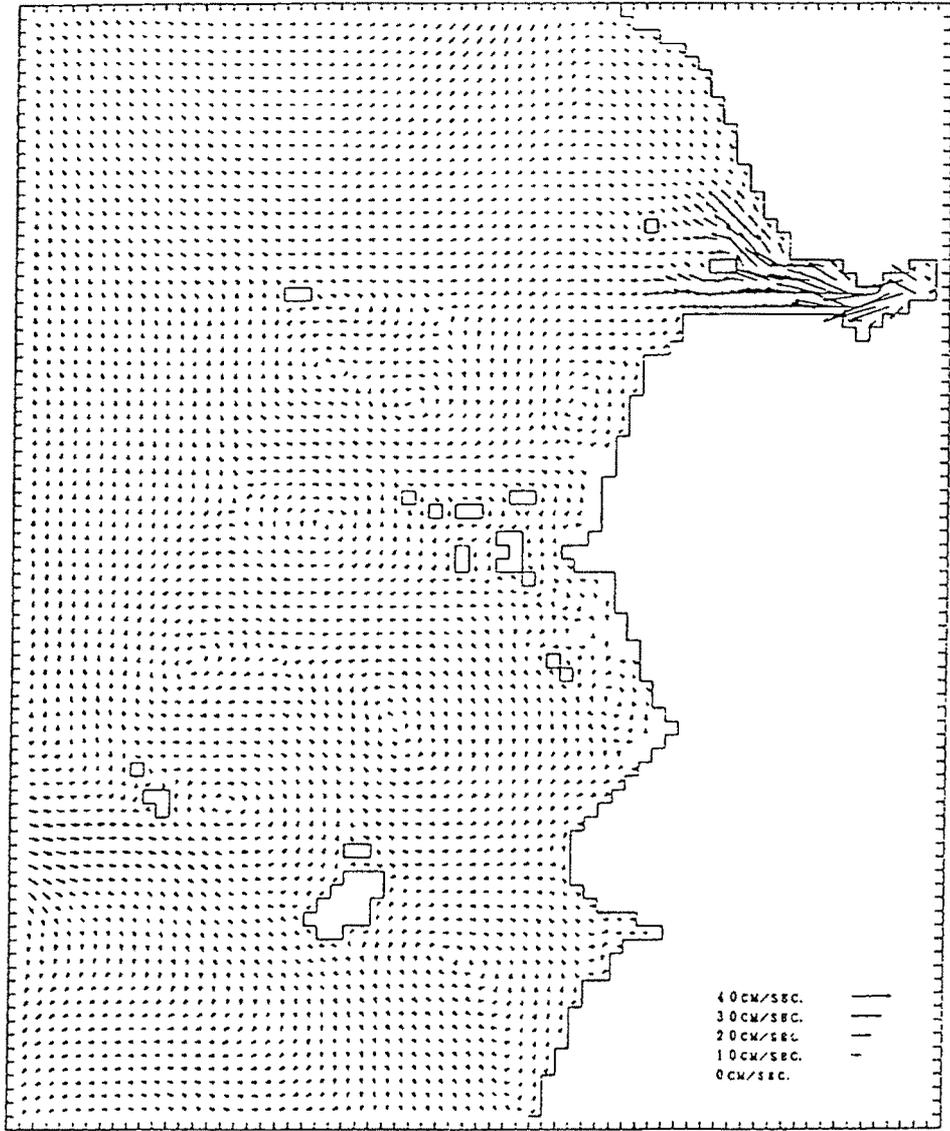


Fig.4.3.3.1.8(c) calculated  $M_2$  tide-induced current after submerged construction at saemankeum

방조제 축조전(A),방조제 축조후(B),잠재설치후(C)의 조류진폭은 Fig.4.3.3.1.9(a,b,c)와 같다. 또한 잠재설치후의 조류진폭(C) - 방조제 축조후의 조류진폭(B)은 Fig.4.3.3.1.10(a)와 같다.

방조제축조후의 조류진폭(B) - 방조제 축조전(A)의 조류진폭은 Fig.4.3.3.1.10(b)와 같다. 잠재설치후의 조류진폭(C) - 방조제 축조후의 조류진폭(B)을 한 경우 잠재설치 앞부분에서 잠재설치전 유속보다 빠른 분포를 하고 있었다.

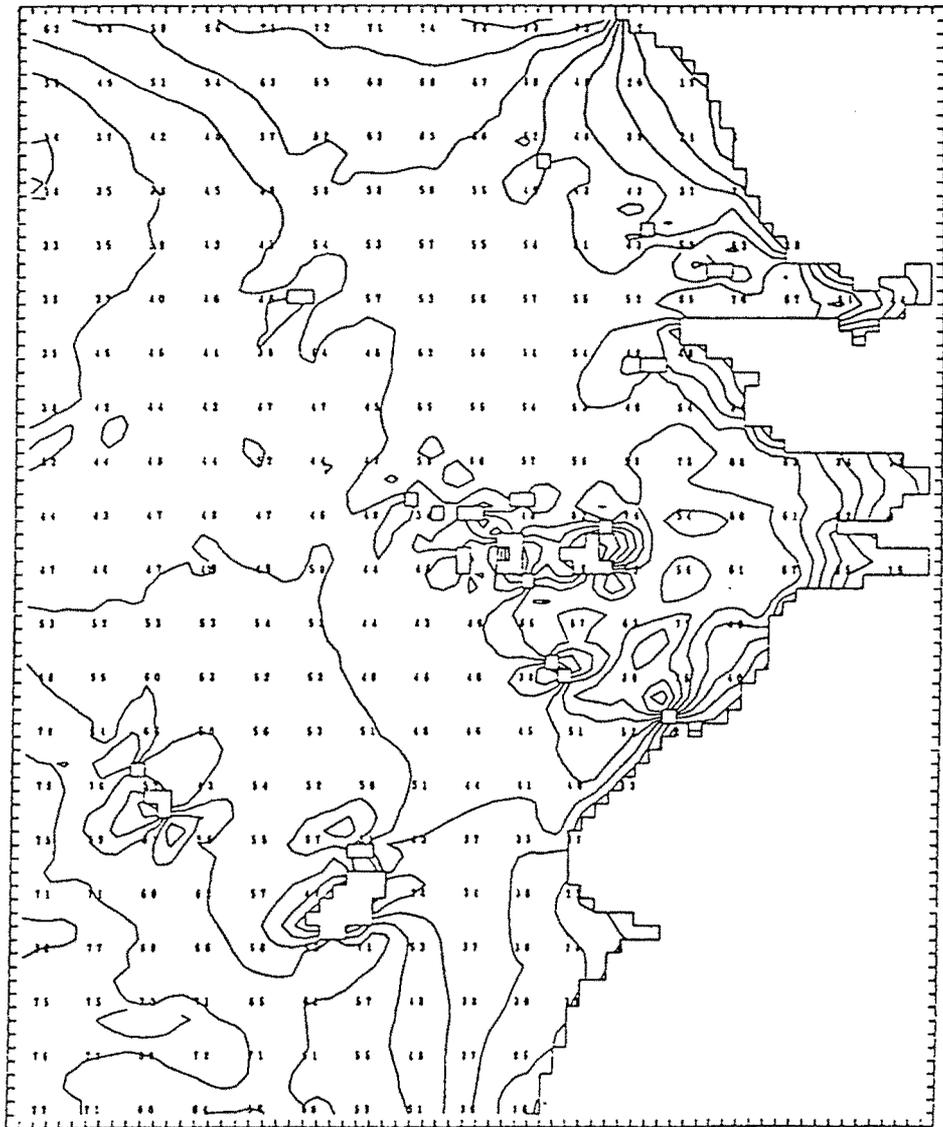


Fig.4.3.3.1.9(A) Tidal current amplitudes before the construction of sea dike

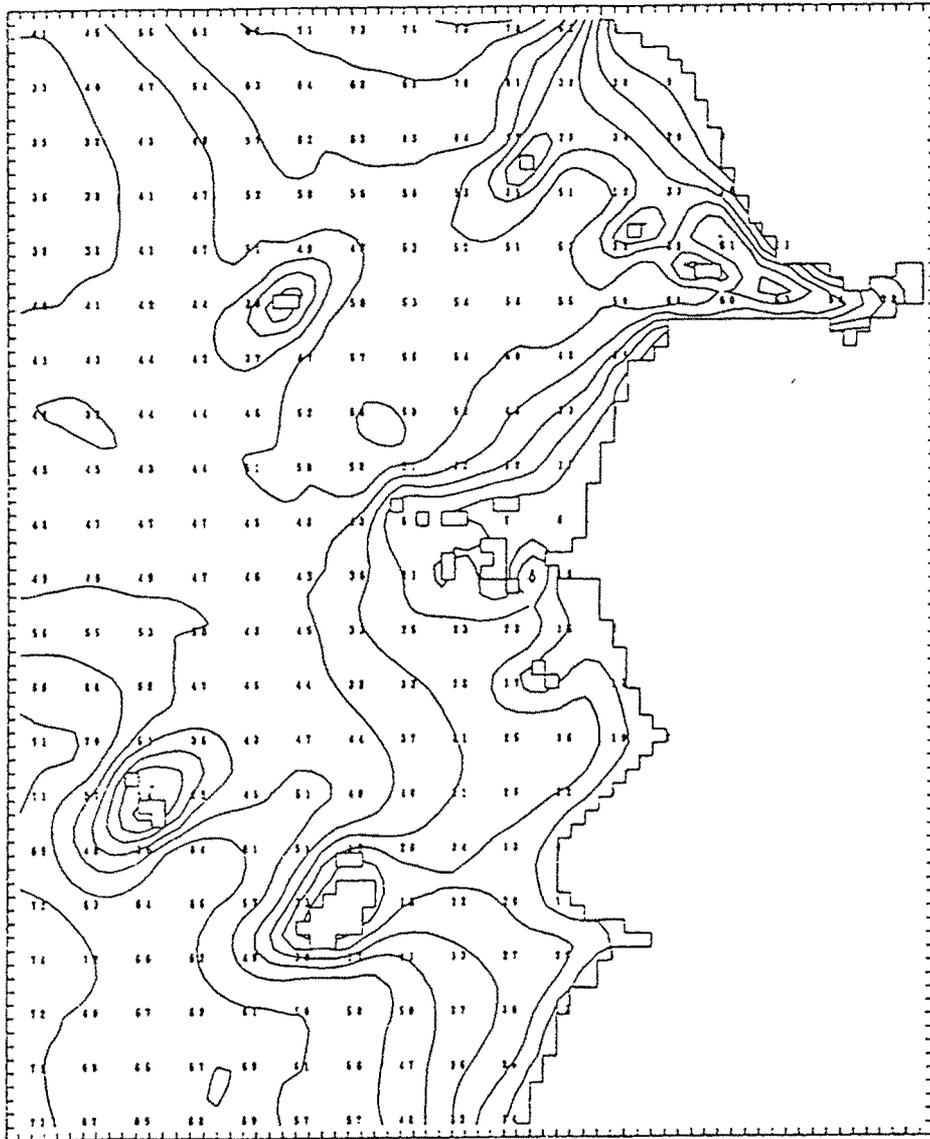


Fig.4.3.3.1.8(B) Tidal current amplitudes after the construction of sea dike

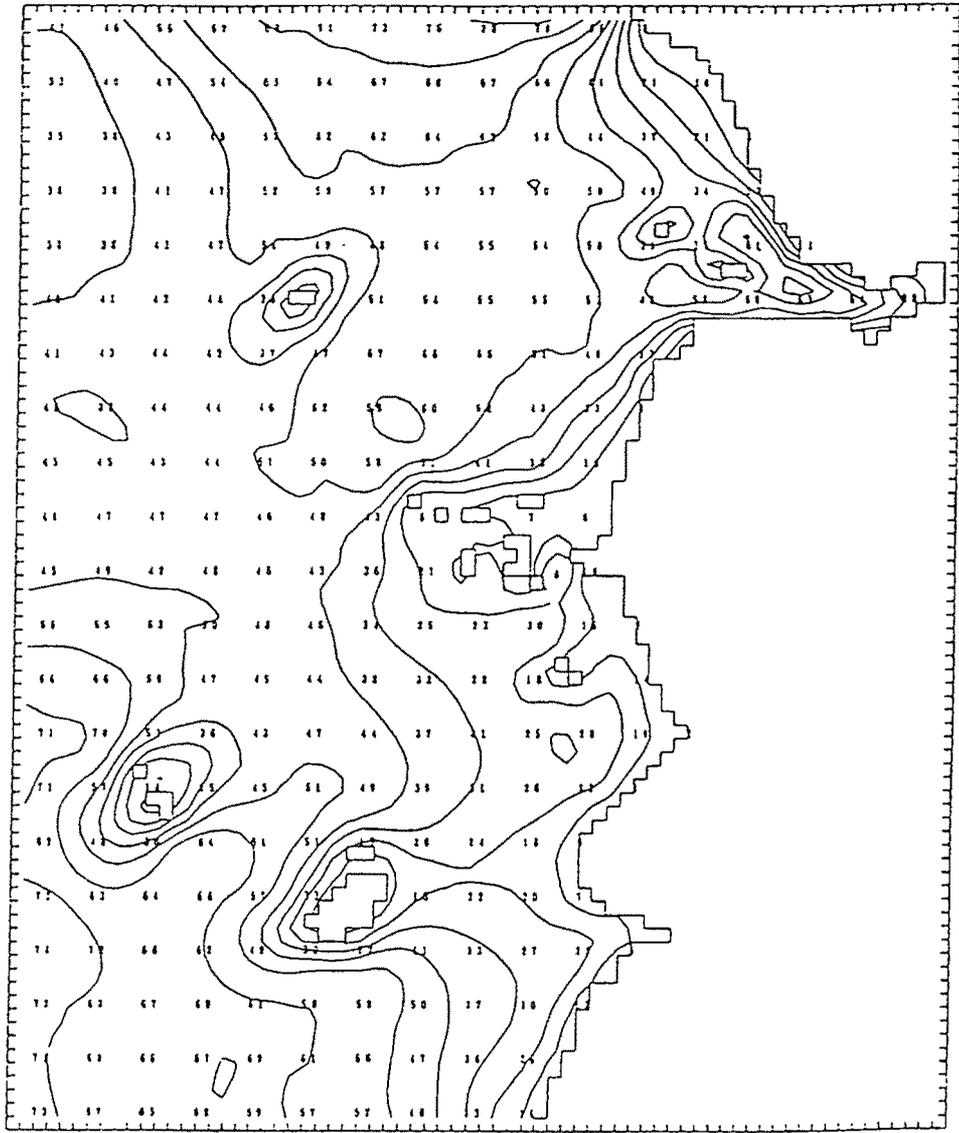


Fig.4.3.3.1.8(C) Tidal current amplitudes after the construction of submerged breakwater

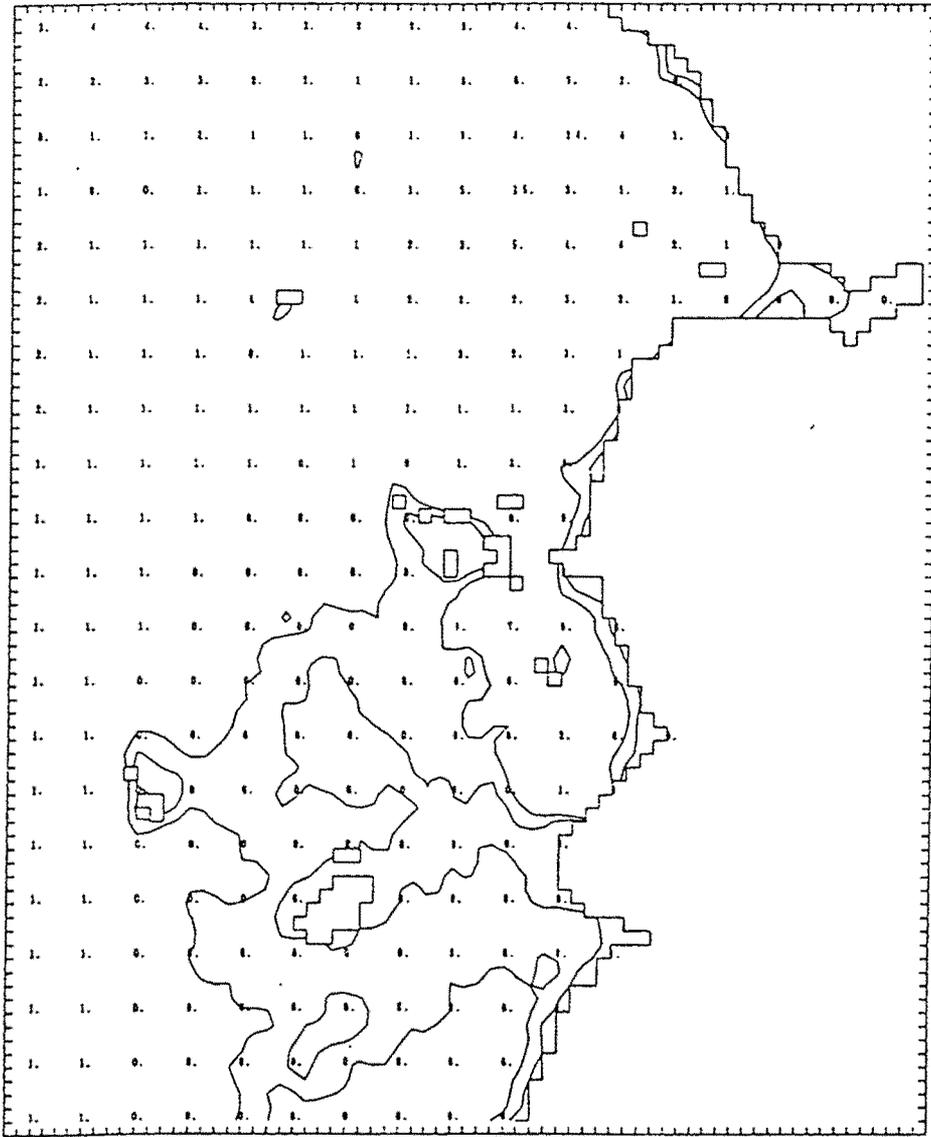


Fig.4.33.1.9(a) Subtracting Fig.11(A) from Fig.11(B)

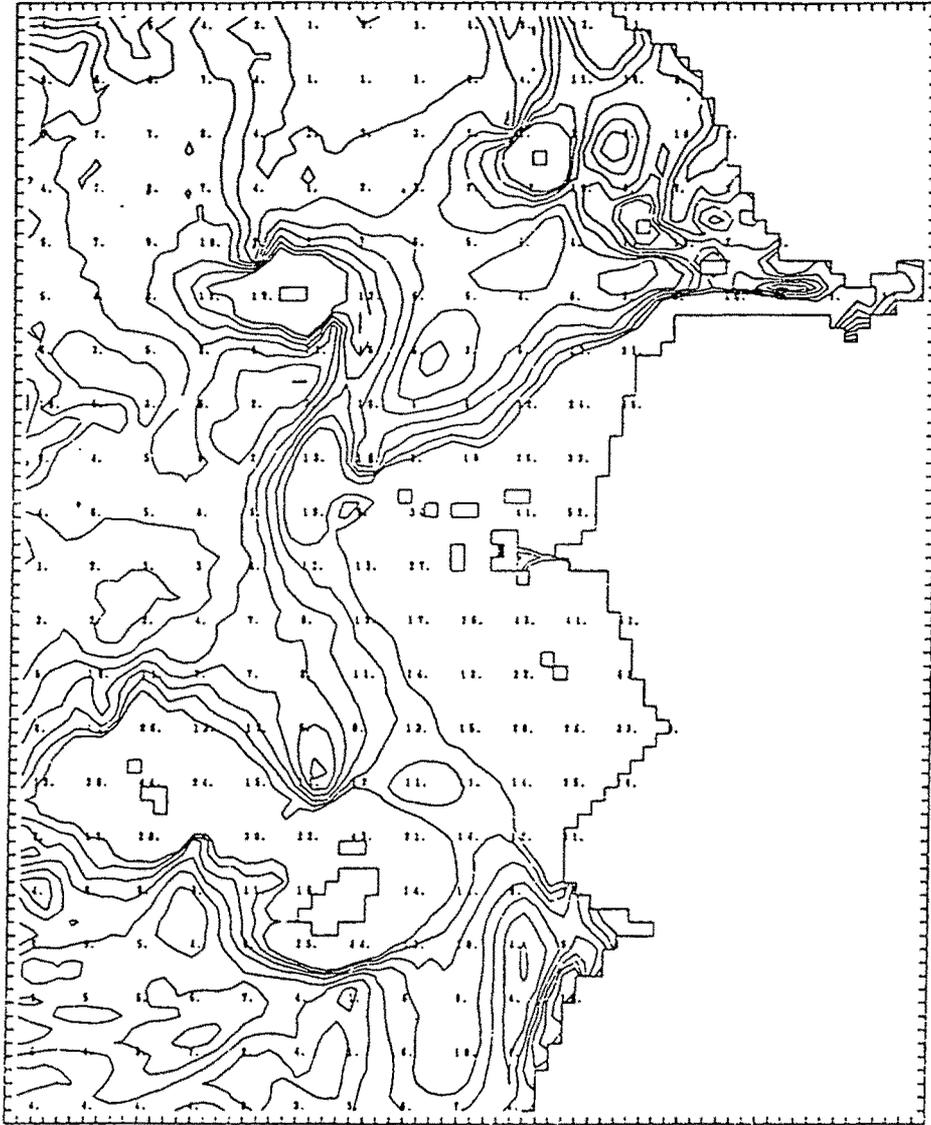


Fig.4.3.3.1.9(b)subtracting Fig.11(B) from Fig.11(C)

나. 방조제 최종체절구간에서의 조류계산

방조제최종체절구간에서 조류를 계산하기 위하여 사용된 수심분포는 Fig.4.3.3.2.1과 같다. 전북 연안해역의 관측 결과로부터 얻어진  $M_2$ 분조의 진폭과 위상분포는 Fig.4.3.3.2.2와 같다. 방조제최종체절구간에서 계산 결과로부터 얻어진  $M_2$ 분조의 진폭과 위상 분포는 Fig.4.3.3.2.3(a,b)와 같다. 계산 결과로부터 창조시와 낙조시 조류속이 가장 빠른 유형은 Fig.4.3.3.2.4(a-1,2,3,4,5,6)와 같다. 지형의 영향과 조류의 비선형성에 의하여 발생된 조석 잔차류는 Fig.4.3.3.2.5와 같다

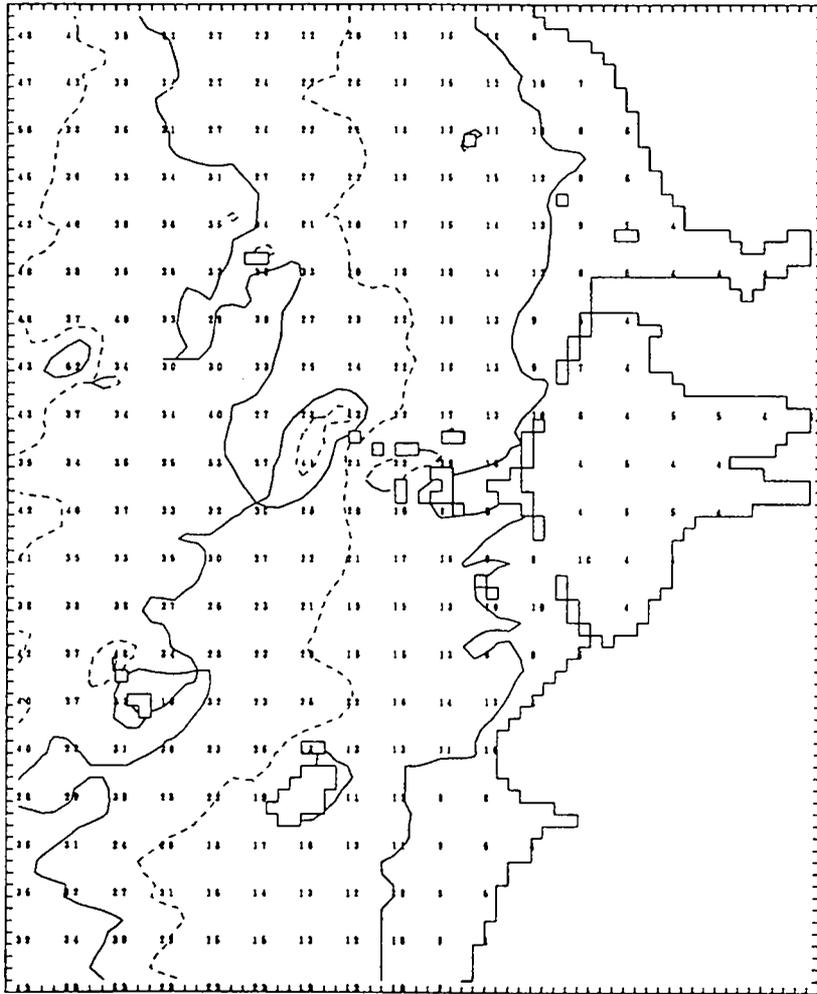


Fig.4.3.3.2.1 Geometry before the construction in the final closing dike

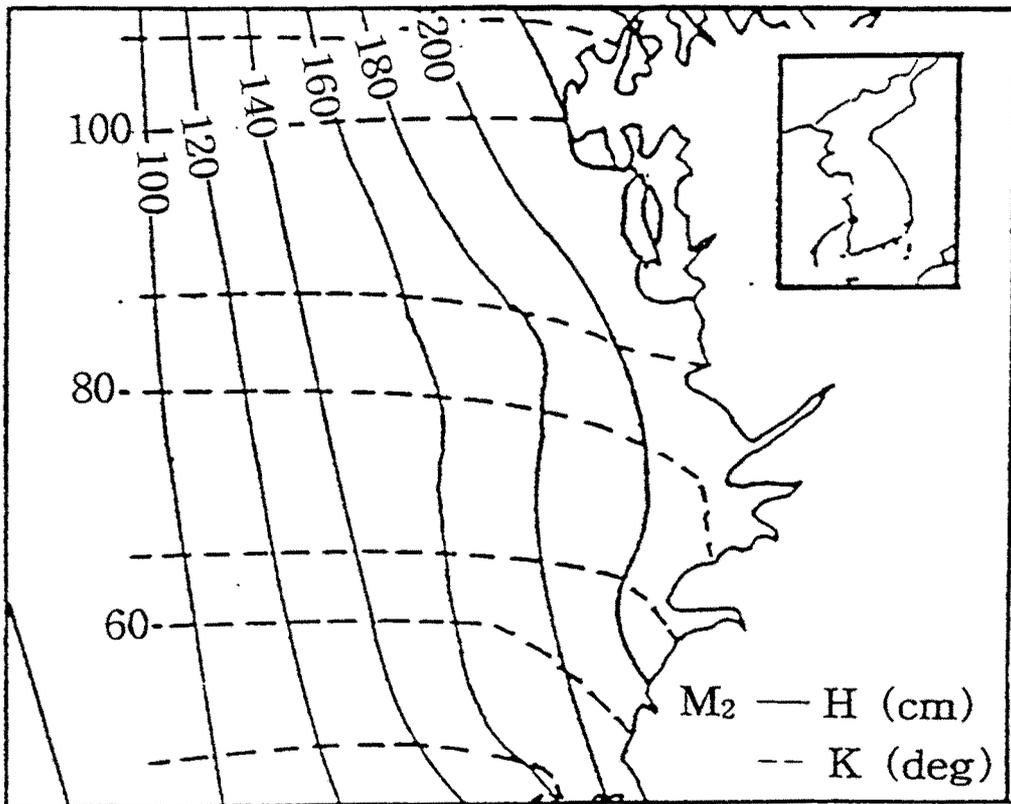


Fig.4.3.3.2.2 Observed co-range(full line)and co-tidal(broken line) of  $M_2$  tidal construction

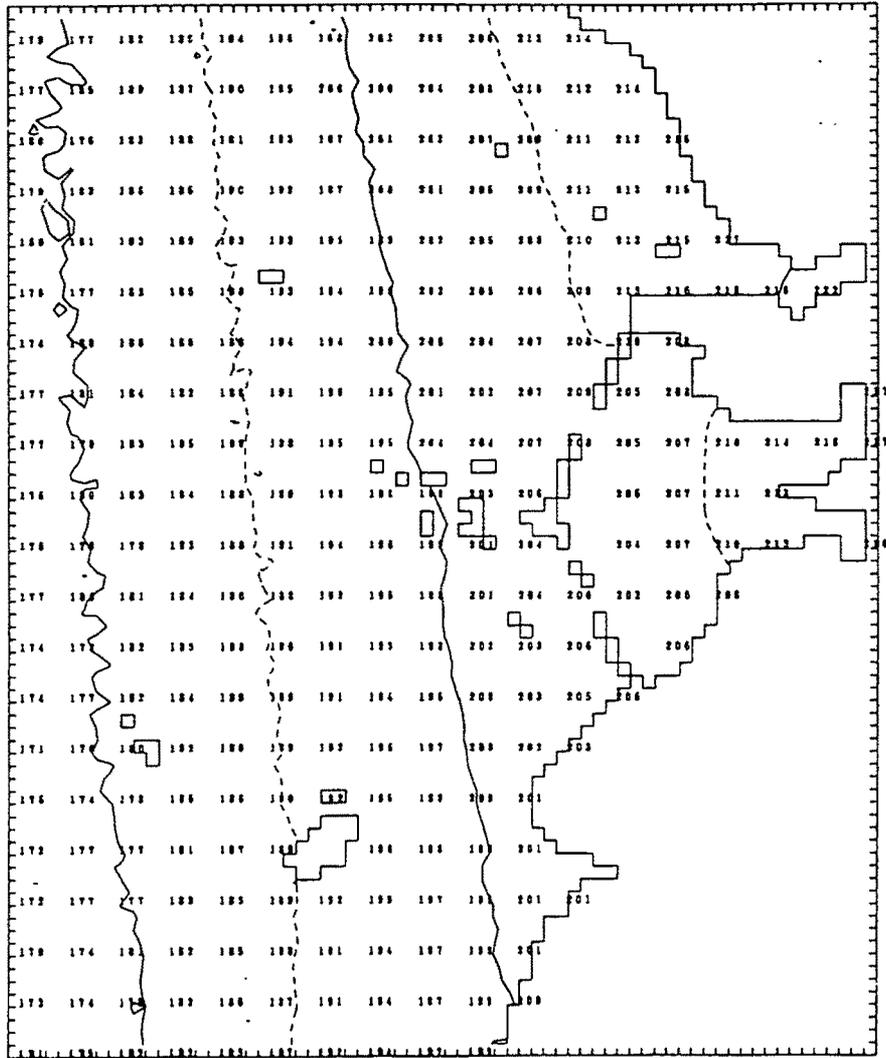


Fig.4.3.3.2.3(a) Calculated co-range chart of  $M_2$  tide in the final closing dike

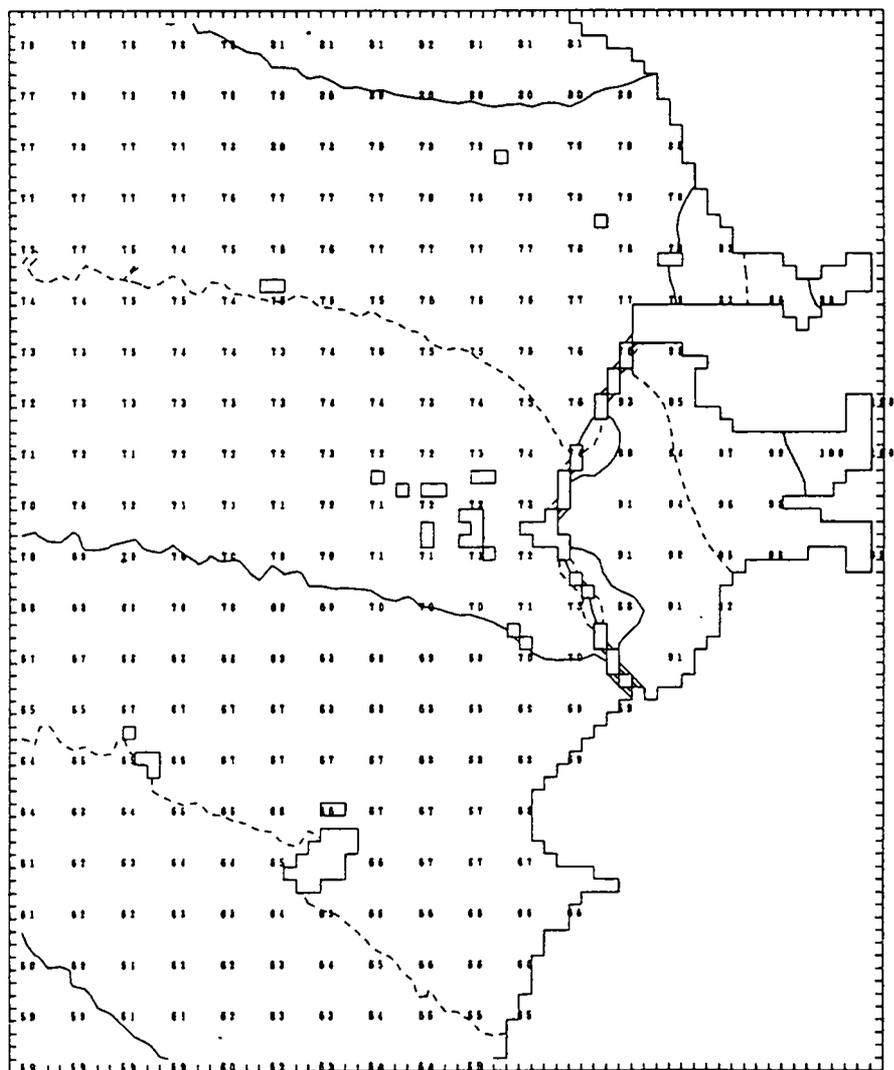


Fig.4.3.3.2.3(b) Calculated co-tidal chart of  $M_2$  tide in the final closing dike

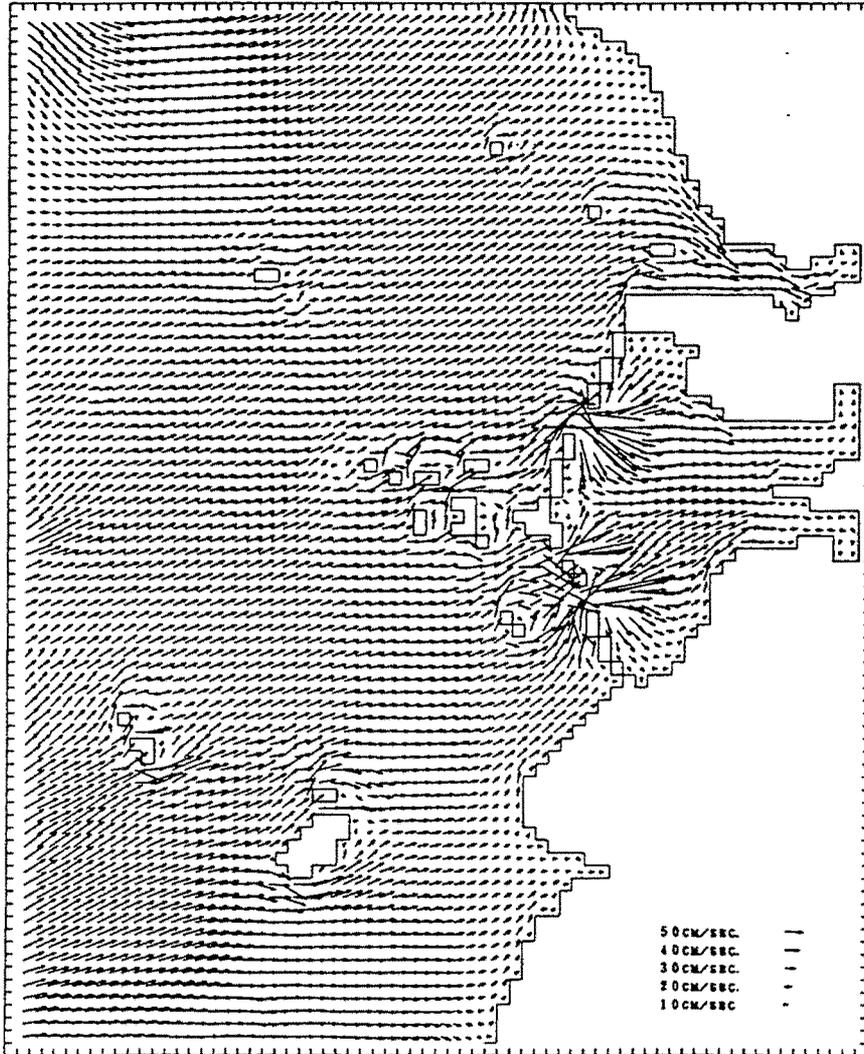


Fig.4.3.3.2.4(a-1) Flow pattern in the final closing dike(2 hour)

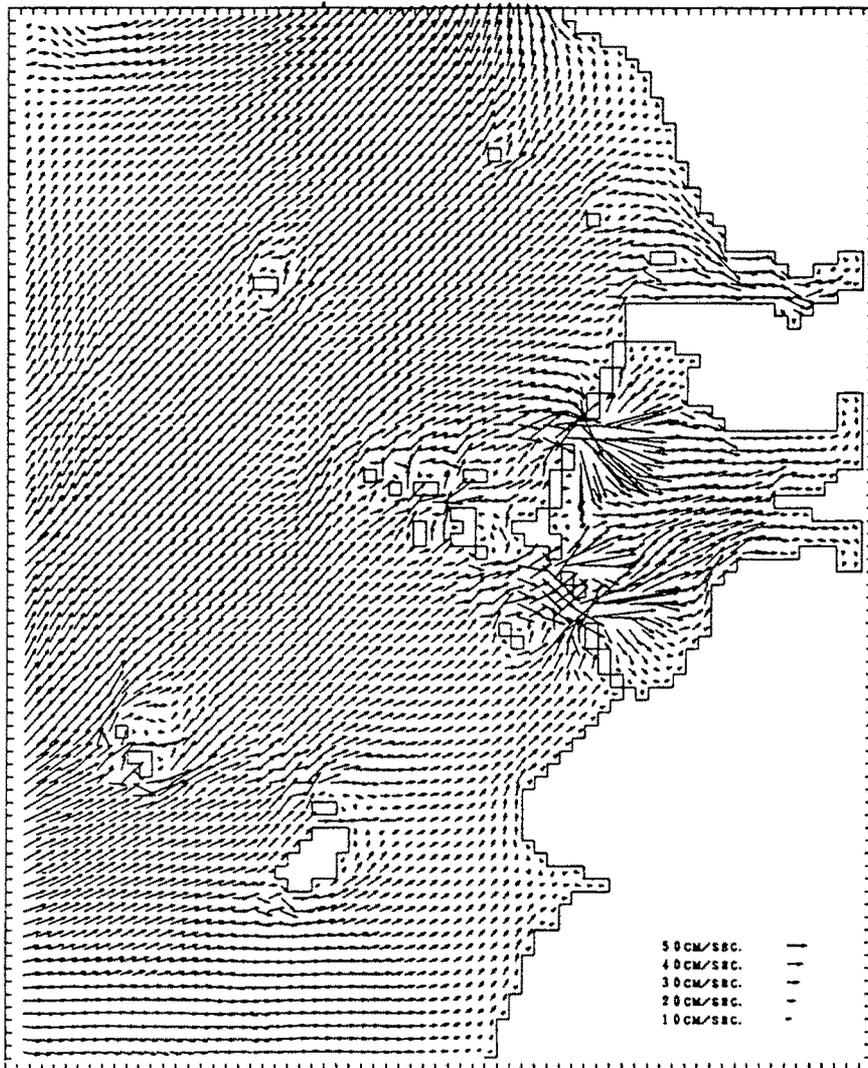


Fig.4.3.3.2.4(a-2) Flow pattern in the final closing dike(4 hour)

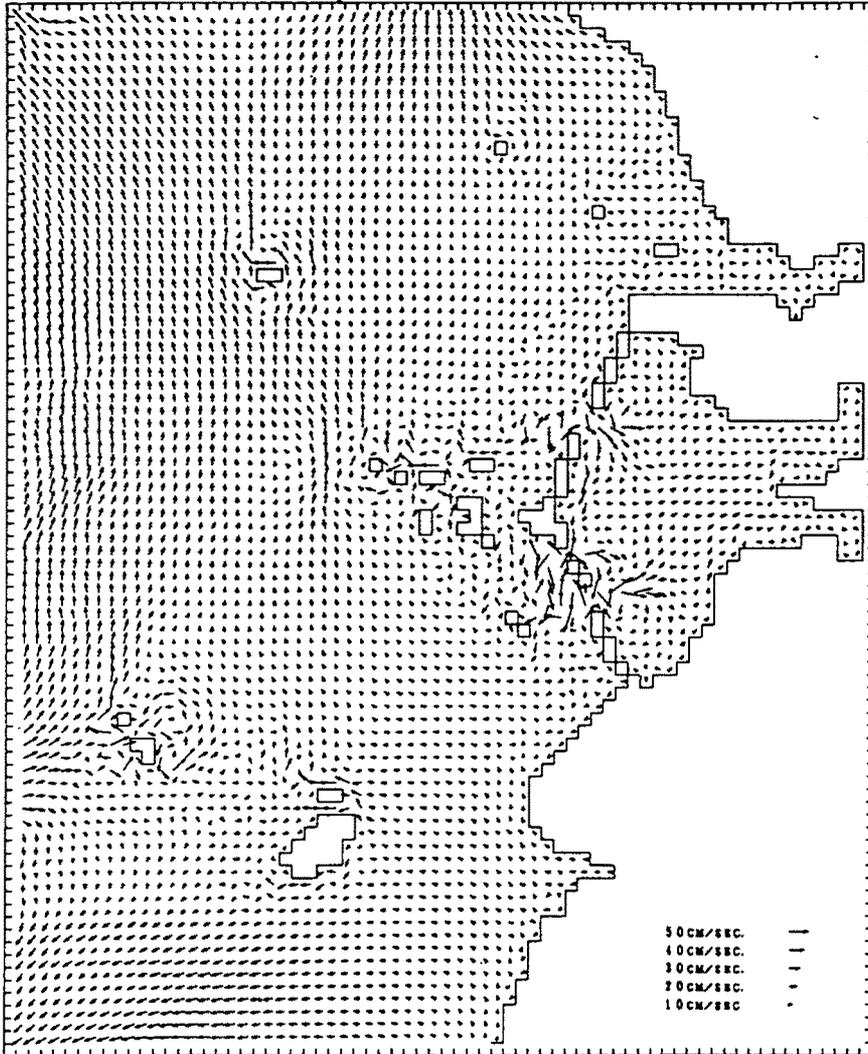


Fig.4.3.3.2.4(a-3) Flow pattern in the final closing dike(6 hour)

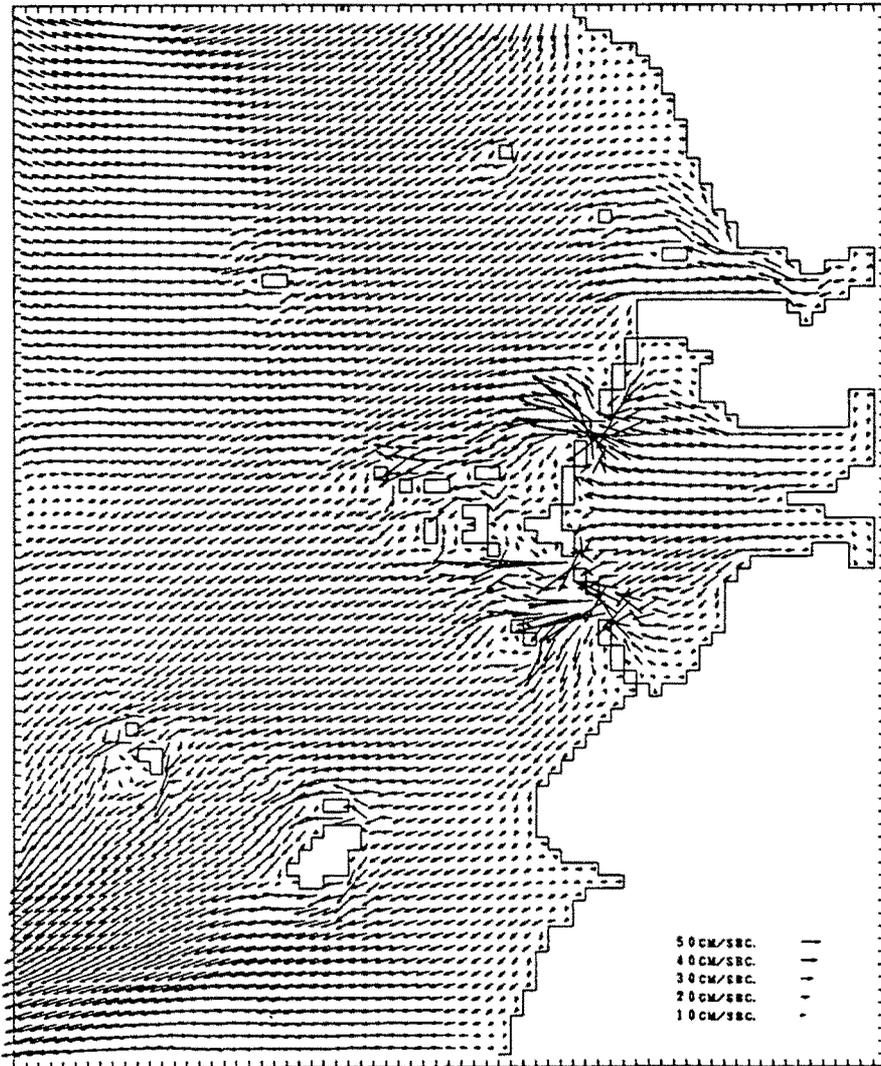


Fig.4.3.3.2.4(a-4) Flow pattern in the final closing dike(8 hour)

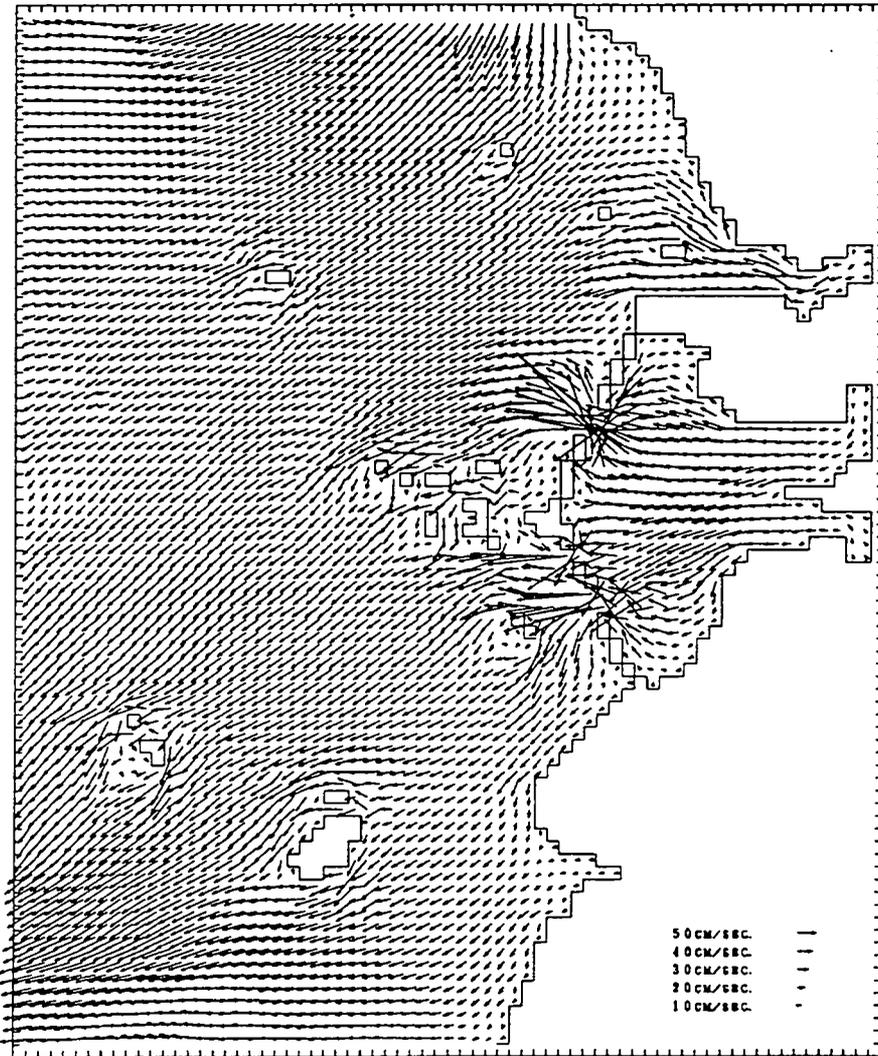


Fig.4.3.3.2.4(a-5) Flow pattern in the final closing dike(10 hour)

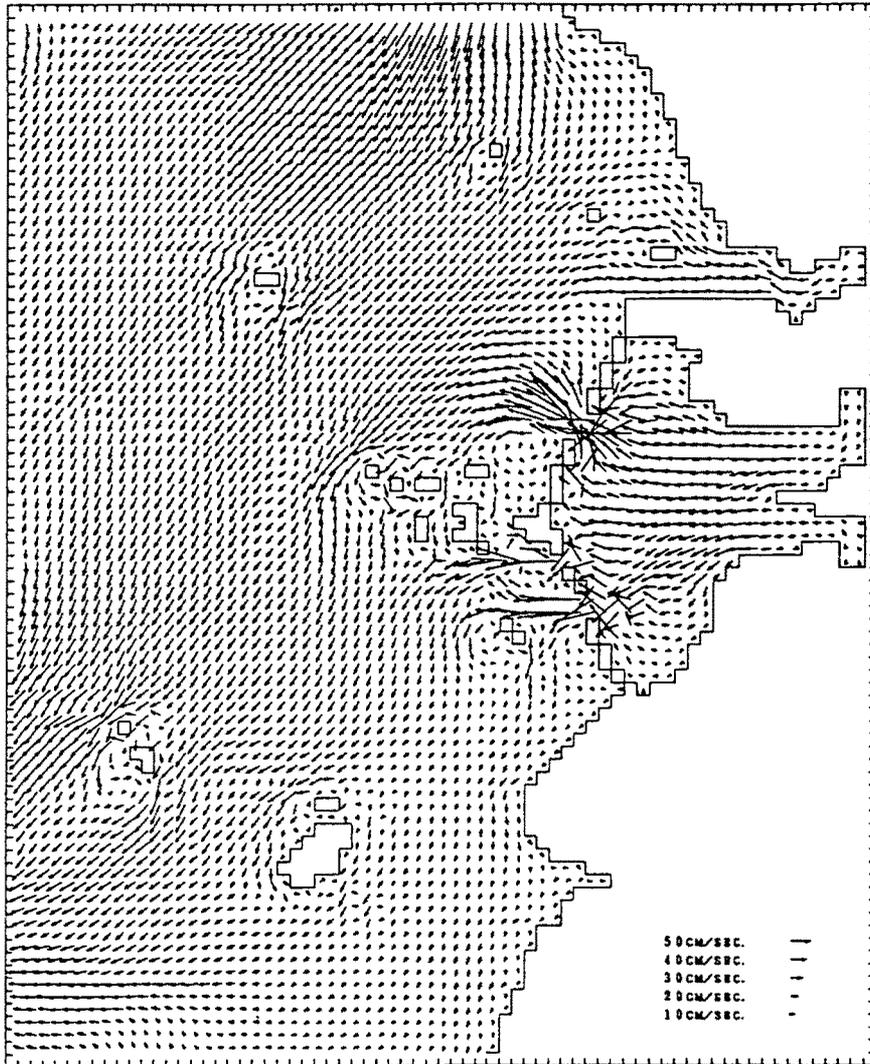


Fig.4.3.3.2.4(a-6) Flow pattern in the final closing dike(12 hour)

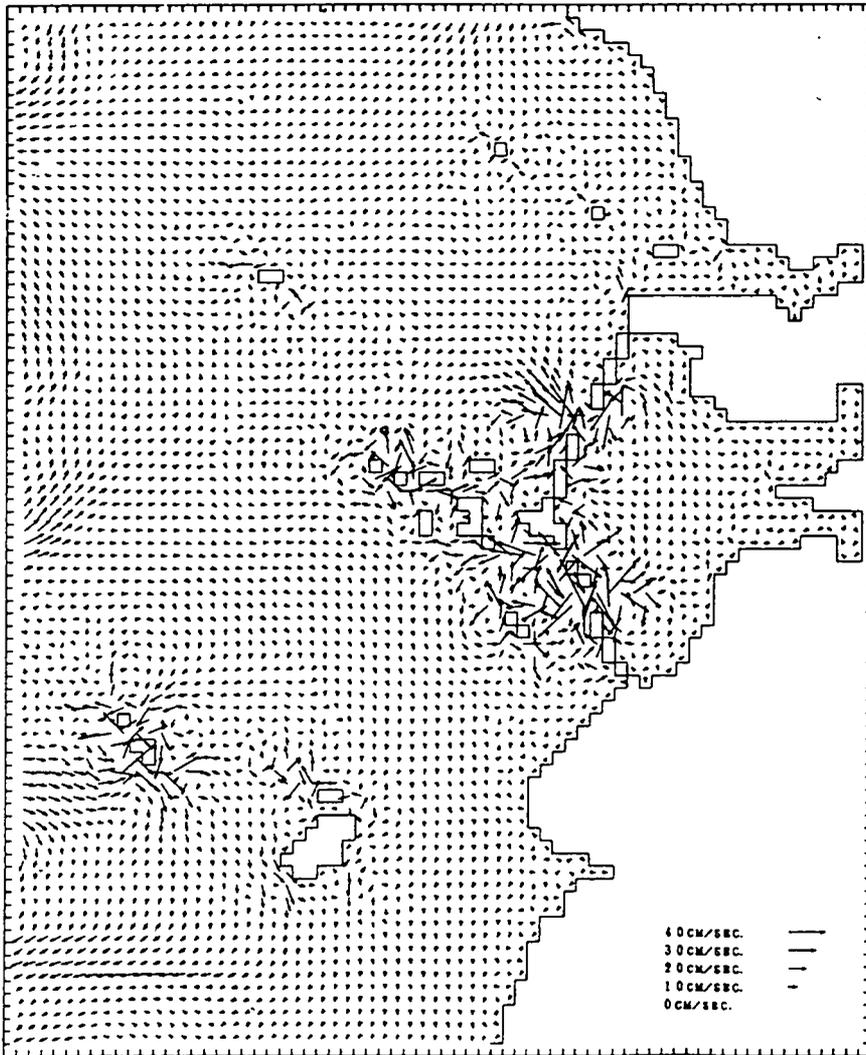


Fig.43.3.2.6 calculated  $M_2$  tide-induced residual current in the final closing dike

## 제5장 방조제 주변의 생태예측모델개발

### 제1절 수온·염분관측자료분석

수온염분에 의한 밀도류의 잔차류를 계산하기 위하여 이용한 수온·염분 관측자료로서는 1992년10월에 3층으로 관측한 자료를 이용하였다. 관측지점은 Fig.5.1.1로 나타내었다.

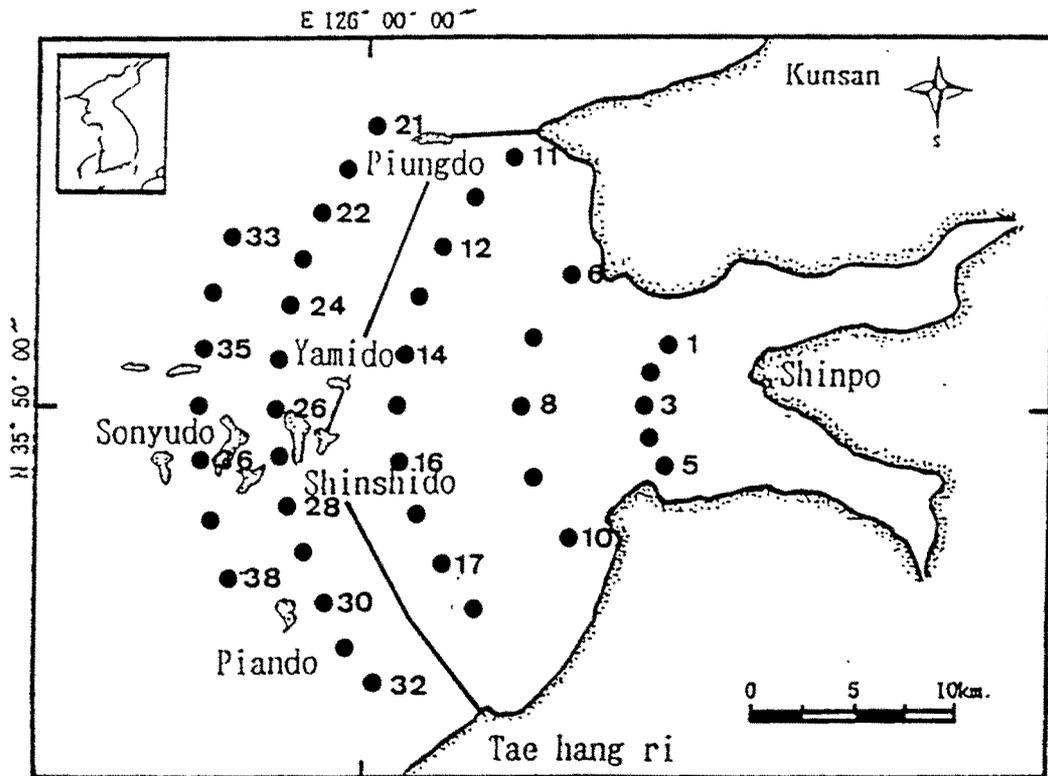


Fig.5.11. Observation station of water temperature and salinity

수온·염분관측data는 쌍곡선함수를 이용한 객관 보관을 하였으며,보간식은(5.1.1)식과 같다.

$$T = \sum \frac{T_i^*}{L_i} / \sum \frac{I}{L_i} \quad (5.1.1)$$

여기서  $T$  : 구하려고 하는 격자점의 값

$T_i^*$ : 관측치

$L_i$ : 구하려고 하는 격자점과 관측점과의 거리

$I$  : 영향반경내의 관측점수

방조제 축조전 3층으로 관측한 수온·염분 관측data는 쌍곡선 함수를 이용하여 객관보간을 하였다. 객관보간한 수온·염분과  $\sigma_t$ (Sigma t)의 결과는Fig.5.1.2(a,b,c), 5.1.3(a,b,c),5.1.4(a,b,c)와 같다.염분  $S(psu)$ 과 염소량 ( $cl$ )의 관계식은 다음과 같다.

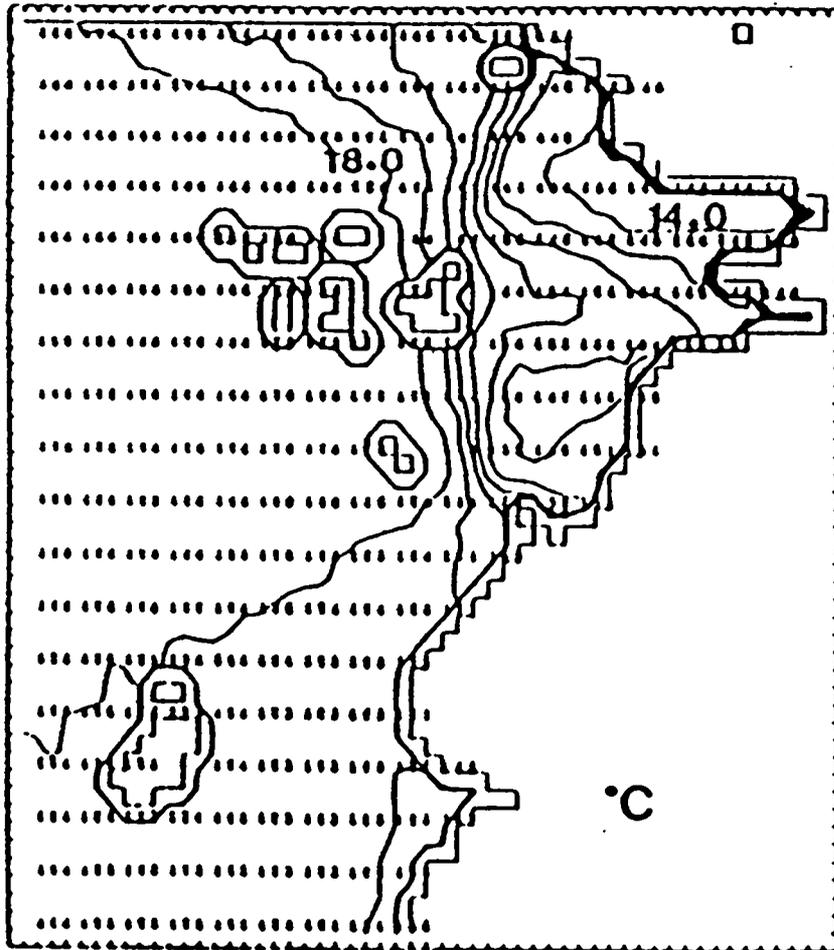
$$S = 0.0030 + 1.805 \times cl \quad (5.1.2)$$

밀도  $\rho$ 는 수온( $T$ )와 염소량( $cl$ )에 의하여 다음식으로 나타낼 수 있다.

$$(\rho_o - 1.0) \times 10^3 = \sum_t + (\rho_{T=0} + 0.1324) (1 - A_t + B_t (\rho_{T=0} - 0.1324)) \quad (5.1.3)$$

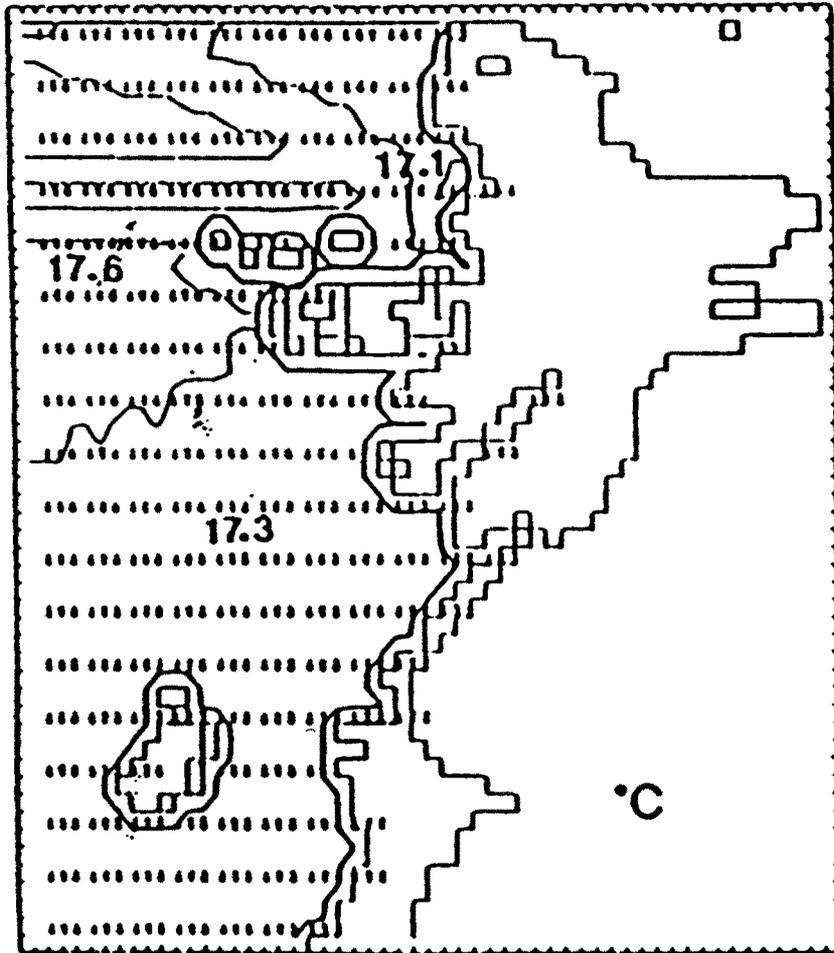
여기서,

$$\begin{aligned}\rho_{T=0} &= -0.069 + 1.4708cl - 0.01570cl^2 + 0.0000398cl^3 \\ A_T &= T(4.7867 - 0.098185T + 0.0010843T^2) \times 10^{-3} \\ B_T &= T(18.030 - 0.8164T + 0.01667T^2) \times 10^{-6} \\ \Sigma_t &= -(T - 3.98)^2 / 503.570 \times (T + 283) / T + 67.26\end{aligned}\tag{5.1.4}$$



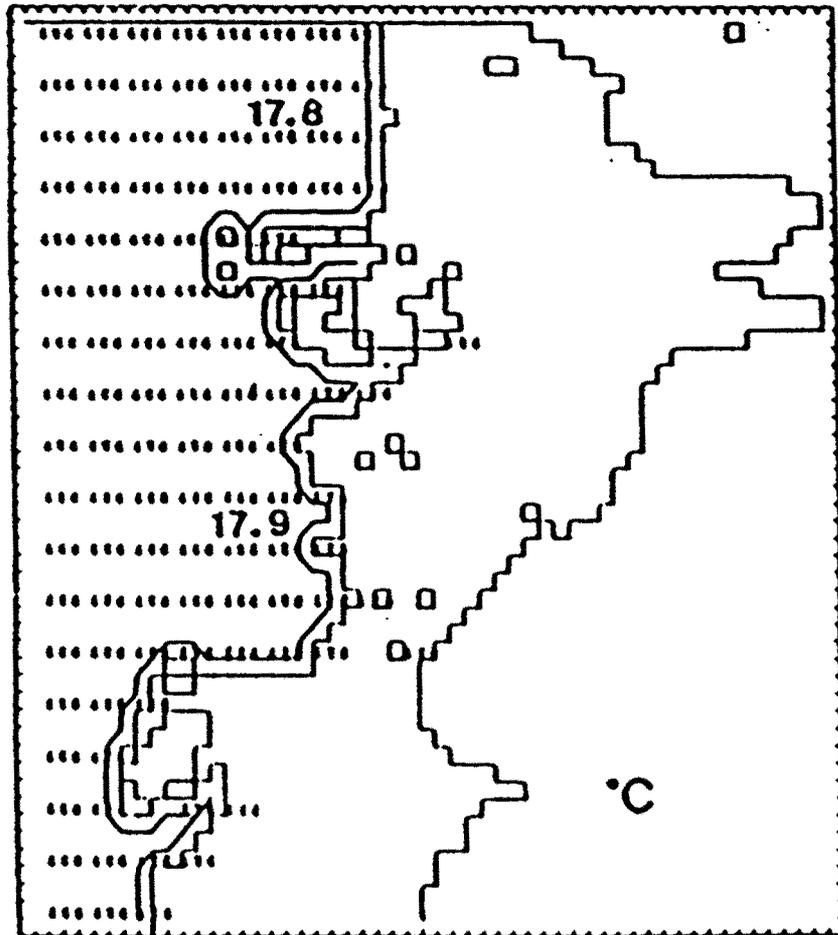
W.T-1  
upper layer

Fig.5.1.2(a) Distributions of water temperature obtained in autumn



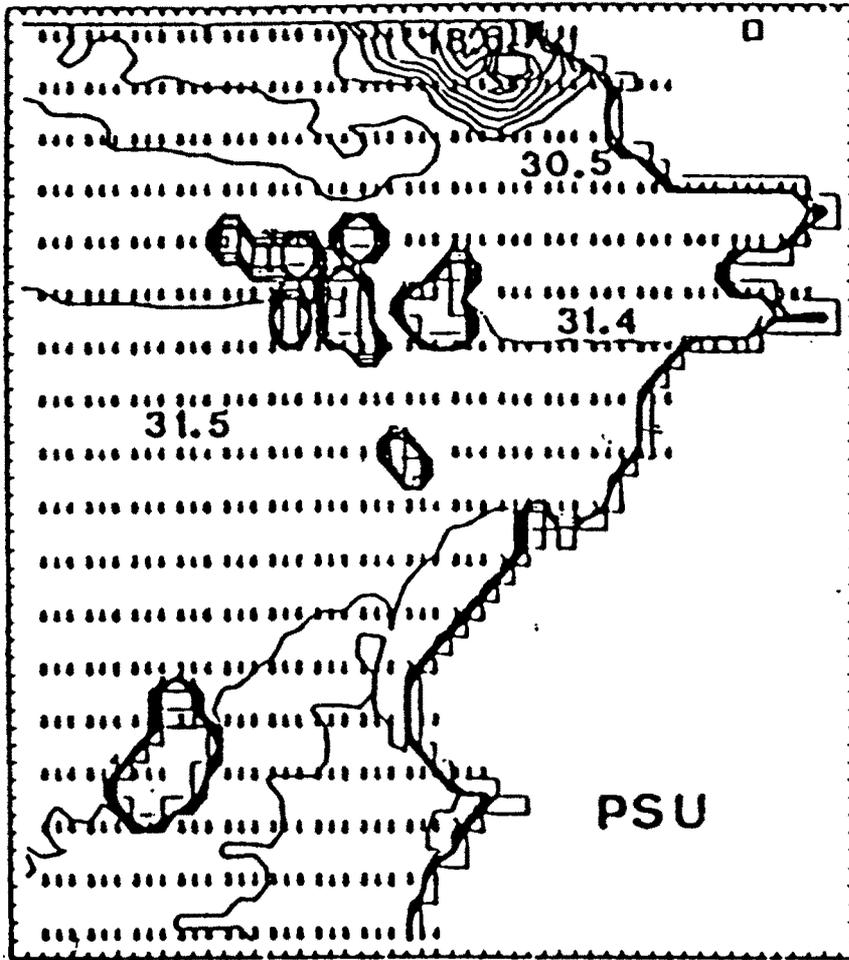
W.T-2  
middle layer

Fig.5.1.2(b) Distributions of water temperature obtained in autumn



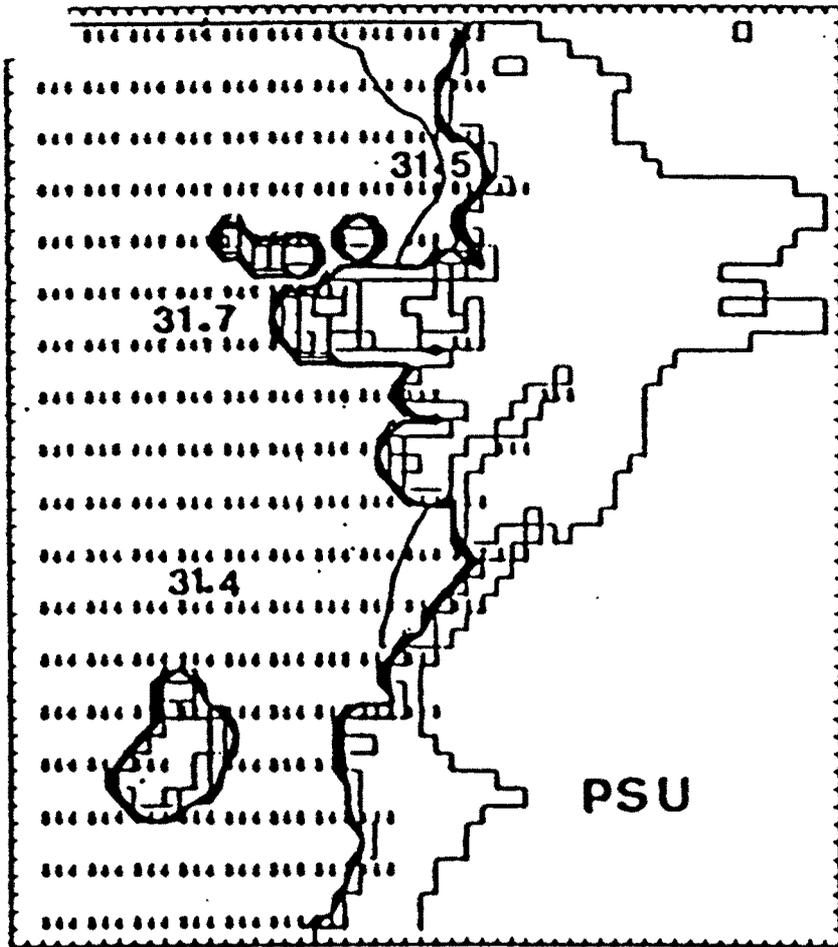
W.T-3  
low layer

Fig.5.1.2(c) Distributions of water temperature obtained in autumn



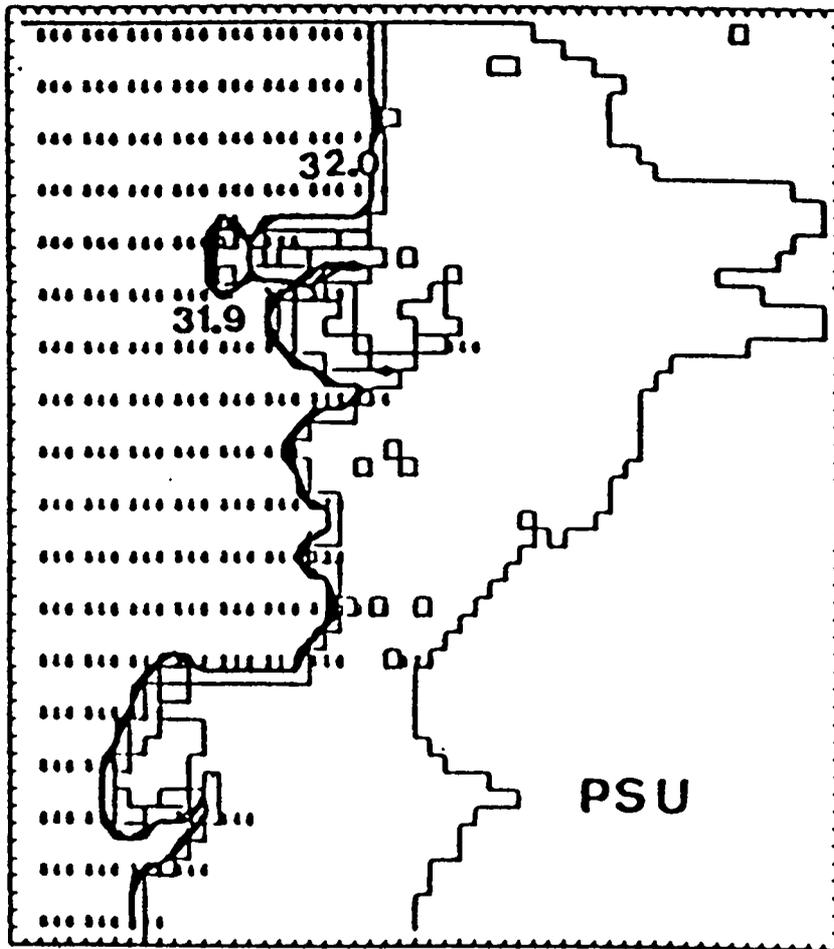
S-1  
upper layer

Fig.5.1.3(a) Distributions of water salinity obtained in autumn



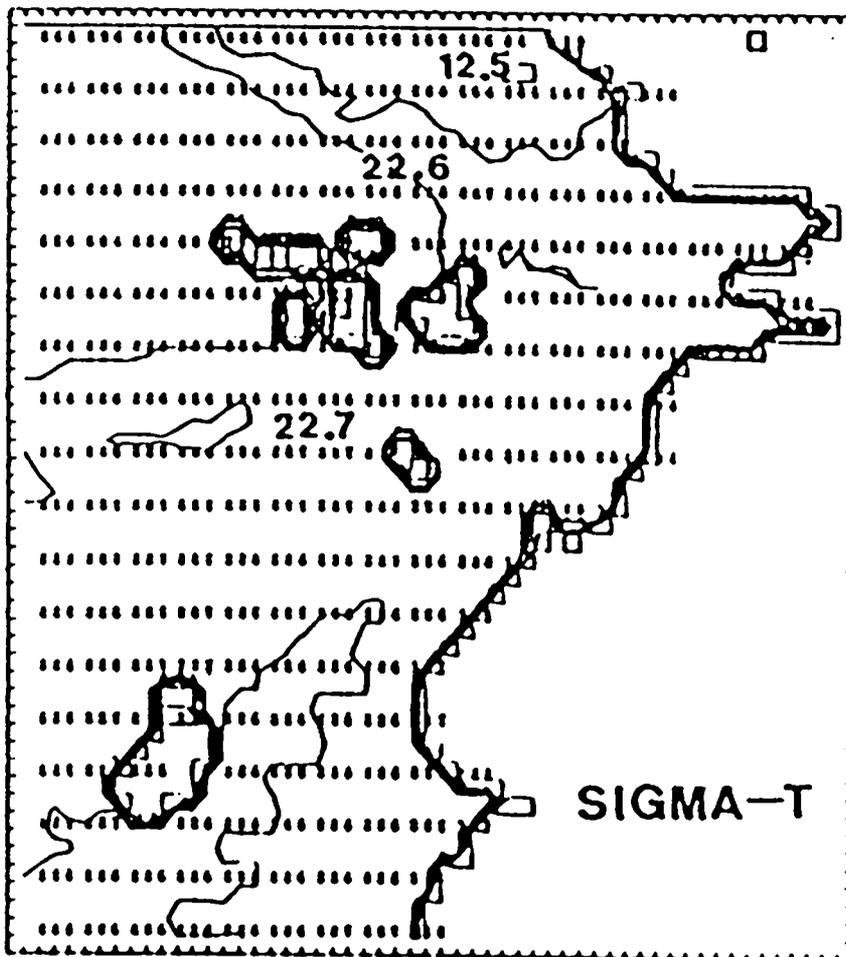
S-2  
middle layer

Fig.5.1.3(b) Distributions of water salinity obtained in autumn



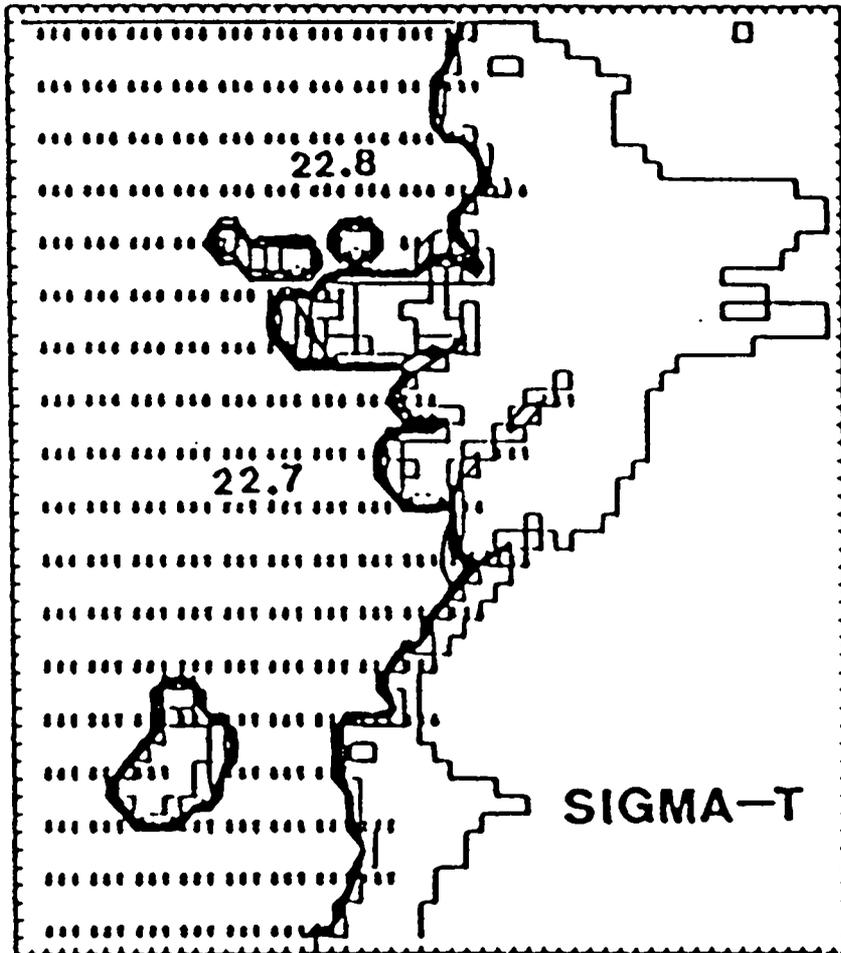
S-3  
low layer

Fig.5.1.3(c) Distributions of water salinity obtained in autumn



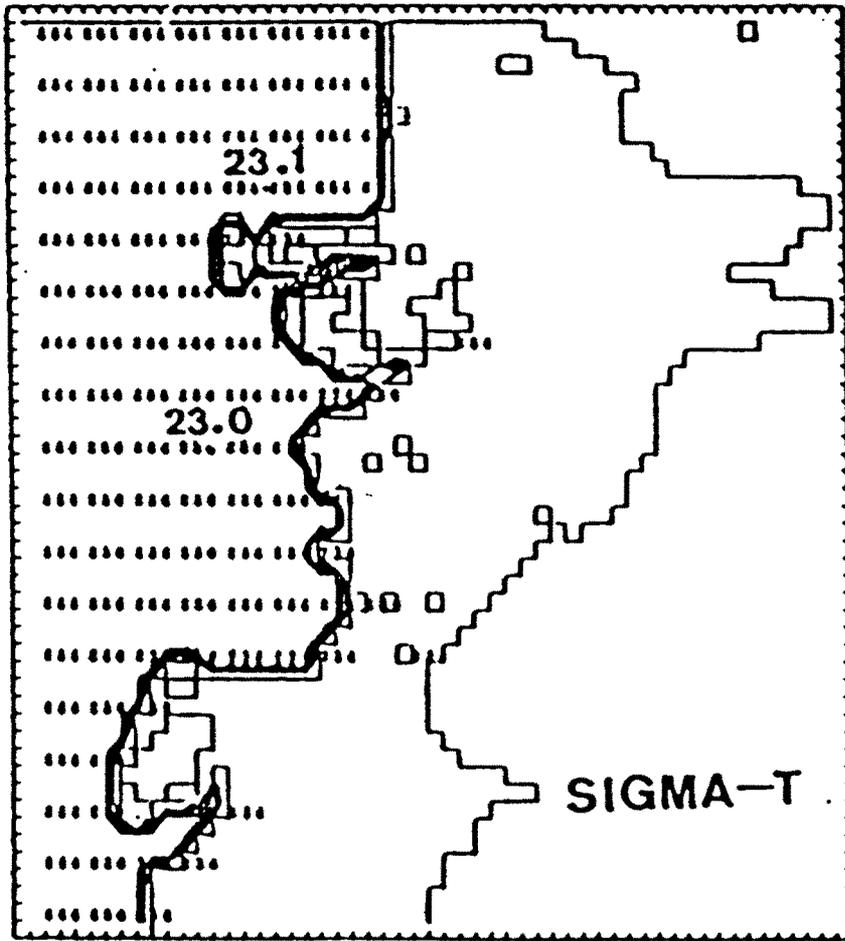
$\sigma-t-1$   
upper layer

Fig.5.1.4(a) Distributions of water density obtained in autumn



$\sigma-t-2$   
middle layer

Fig.5.1.4(b) Distributions of water density obtained in autumn



$\sigma-t-3$   
low layer

Fig.5.1.4(c) Distributions of water density obtained in autumn.

### 1. 수온·염분관측결과

가을에 관측한 3층data를 쌍곡선 함수를 이용하여 객관 보간한 수온 결과는 Fig.5.1.2(a,b,c)과 같다. 수온 분포는 금강,만경강,동진강 하구부분에서 높은 분포를 나타내고 있었다. 그리고 염분은 금강,만경강,동진강 하구부분에서 낮은 분포를 나타내고 있었다. 밀도는 수온·염분의 관측자료로부터 계산하였으며  $\sigma_t$ (Sigma t)는 하구의 하층에서 낮은 값을 나타내고 있었다.

가을에 관측한 3층data를 쌍곡선 함수를 이용하여 객관 보간한 염분 결과는 Fig.5.1.3(a,b,c)과 같다. 수온의 분포는 금강,만경강,동진강 하구부분에서 낮은 분포를 나타내고 있었지만 중층과 하층에서는 일정한 분포를 나타내고 있었다. 그리고 염분은 금강 하구부분의 상층에서 낮은 분포를 나타내고 있었지만 하층에서는 일정한 분포를 하고 있었다.  $\sigma_t$ (Sigma t)는 만경강·동진강 하구보다 금강하구의 상층에서 낮은 분포를 나타내고 있었고 중층과 하층에서 일정치를 나타내고 있었다.

## 제2절 진단 Model에 의한 가을의 유동계산

### 1. 잔차류의 기초방정식

잔차류계산을 위한 운동방정식은 다음과 같다.

$$\frac{\partial u}{\partial t} + (u \cdot \nabla)u + w \frac{\partial u}{\partial z} + fK \times u = -\frac{1}{\rho_0} \nabla p + \nu_h \nabla^2 u + \nu_v \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} + T_s \quad (5.1.1)$$

여기서,  $T_s$ 는 앞장에서 계산된 조석응력이다.

앞의 조석·조류의 계산 결과를 이용하여 조석진동류부터 조석잔차류를 일으키는 힘, 즉 조석응력을 분리하여 할 수 있다.

이 조석응력을 잔차류를 계산할 때 운동방정식에 넣어서 계산하면 조석잔차류를 정확하게 재현할 수가 있다.(Oonishi,1977)

그리고 잔차류를 재현할 때에 진단model을 사용한다. 수온·염분에 의한 잔차류계산을 위한 수온·염분 이류 확산 방정식은 다음과 같다.

$$\frac{\partial T}{\partial t} + u \cdot \nabla T + w \frac{\partial T}{\partial z} = K_h \nabla^2 T + K_v \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} + \gamma(T^* - T) \quad (5.1.2)$$

$$\frac{\partial S}{\partial t} + u \cdot \nabla S + w \frac{\partial S}{\partial z} = K_h \nabla^2 S + K_v \frac{\partial^2 S}{\partial z^2} + \gamma(S^* - S) \quad (5.1.3)$$

여기서,  $T^*$ ,  $S^*$ 는 수온·염분의 관측치이다. 여기서 이용한 진단, Model는 robust diagnostic model 라고 하고, Sarmiento and Bryan(1982)에 의해서 개발된 것이다. 순수한 진단model(purely diagnostic model)는 밀도를 계산하지 않는다. 밀도는 관측치를 그대로 이용하여 밀도로 부터 계산한 압력장으로 운동방정식을 푼다. 그러나 관측한 밀도가 model의 mesh크기 이하의 작은 크기의 현상을 포함하고 있을 경우 model는 그 현상을 재현할 수가 없다. 이러한 경우 순수한 진단model(purely diagnostic model)는 비현실적인 흐름이 발생한다고 보고하고 있다(Sarmiento and Bryan(1982).이것을 방지하기 위하여 robust diagnostic model은 (5.1.2,3)이용하여 관측치를 계산치에 의하여 수정한다. 또한 (5.1.2,3)식의  $\gamma$ 의 크기에 따라 수정의 정도가 결정된다.  $\gamma$ 을 크게 하면 model는 data의해서 제한되어 순수한 진단model(purely diagnostic model)에 아주 가깝게 되고,한편  $\gamma$ 를 작게 하면 model은 data로 부터 독립하여 예보model(prognostic model)에 아주 가깝게 된다.(Sarmiento and Bryan(1982)는  $\gamma$ 를 수심에 따라 변화시키고 있고, Fujio and Imasato(1991)는 위도에 따라 변화시키고 있다. 본 연구에서는  $\gamma$ 를 관성주기의 역수( $\gamma = 1/24hour^{-1}$ )하여 일정치를 사용하였다.

## 2. 경계조건 및 초기조건

해면에서 경계 조건은 바람응력의 영향을 고려하면 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$-\rho_o \nu_v \left( \frac{\partial u}{\partial z}, \frac{\partial v}{\partial z} \right) = (\tau_x^s, \tau_y^s) \quad (5.2.1)$$

$(\tau_x^s, \tau_y^s)$ 는 바람응력( $\text{dyn cm}^{-2} \text{ sec}^{-1}$ )의 x,y성분이고, 풍속의 자승에 비례되는 형으로 다음 식으로 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} \tau_x^s &= \rho_a c_{DA} |u_a| u_a \\ \tau_y^s &= \rho_a c_{DA} |u_a| v_a \\ |u_a| &= \sqrt{u_a^2 + v_a^2} \end{aligned} \quad (5.2.2)$$

여기서,  $\rho_a$ 는 대기밀도( $\text{g cm}^{-3}$ )이고  $c_{DA}$ 는 해면 마찰계수,  $u_a$  ( $\text{cm s}^{-1}$ )는 풍속이다. 풍속은 군산 비행장에서 관측한 월평균 풍속을 이용하였다.

해저에서 경계조건은 해저면 마찰을 고려한 다음 식으로 정의하였다.

$$-\rho_o \nu_v \left( \frac{\partial u}{\partial z}, \frac{\partial v}{\partial z} \right) = (\tau_x^B, \tau_y^B) \quad (5.2.3)$$

$(\tau_x^B, \tau_y^B)$ 는 해저마찰응력의 x,y성분( $\text{dyn cm}^{-2} \text{ sec}^{-1}$ )으로 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$\begin{aligned} \tau_x^B &= \rho_o c_D |u_B| u \\ \tau_y^B &= \rho_o c_D |u_B| v \end{aligned} \quad (5.2.4)$$

여기서,  $C_D$ 는 해저 마찰계수이다.  $|u_B|$ 는 점성경계층위의 유속의 크기로서 여기서는 다음 식을 사용한다.

$$|u_B| = \sqrt{u^2 + v^2} \quad (5.2.5)$$

바다와 육지의 경계는 no-slip하면 다음과 같이 된다.

$$u = v = 0 \quad (5.2.6)$$

계산영역외의 경계는 slip로 하면 다음과 같이 된다.수온·염분은 관측치를 준다.

$$v = 0, \quad \frac{\partial v}{\partial y} = 0 \quad (5.2.7)$$

계절별 예보 Model에서 계산할 때 초기 수온·염분 분포, Open Boundary에서 수온·염분의 연직분포, 계절별 해면의 열 수지, 하천수의 유입량, 바람 data을 이용하여 계산한다. 그리고 Fig.2.1.1의 금강·만경강·동진강의 영향을 고려하면 다음 식으로 염분 flux계산할 수 있다.

$$Q_R = (S_R - S) \cdot R \quad (5.2.8)$$

R은 단위 해안선 길이당 담수 유입량 ( $cm^2 \sec^{-1}$ ),  $S_R$ 은 하천수의 염분

이다. 단, 하천수의 유입에 의한 운동량의 유입은 무시한다.

초기 조건은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} U &= 0 \\ W &= 0 \\ \eta &= 0 \end{aligned} \quad (5.2.9)$$

Table 5.1 Parameters used in the numerical experiment

Name of river	Heat flux	Wind		Discharge
	( $cal\ cm^{-2}\ day^{-1}$ )	Wind Velocity ( $m\ sec^{-1}$ )	Wind Direction	( $m^3/s/m$ ) unit: $10^6$
	Autumn	Autumn	Autumn	Autumn
Geum r.	100	1.73	WNW	$5 \times 10,000$
Mankyung r.	100			44
Dongjin r.	100			42

### 3. 잔차류계산을 위한 수치모형구성

조석류가 탁월한 해역에서 밀도류, 취송류를 포함한 수치수법에 대하여 소개한다.

기초방정식은 다음과 같다.

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \mathcal{L}u - fv = -\frac{1}{\rho_o} \frac{\partial p}{\partial x} + A_v \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} + A_h \nabla^2 u \quad (5.3.1)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + \mathcal{L}v - fu = -\frac{1}{\rho_o} \frac{\partial p}{\partial y} + A_v \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} + A_h \nabla^2 v.$$

단,

$$\begin{aligned} \mathcal{L}\mu &= \frac{\partial \mu u}{\partial x} + \frac{\partial \mu v}{\partial y} + \frac{\partial \mu w}{\partial z}, \\ p &= \rho_o g \zeta - \rho_o \int_0^z B dz, \\ B &= \frac{\rho_o - \rho}{\rho_o} g, \\ \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} &= 0, \end{aligned} \quad (5.3.2)$$

여기서,  $x, y$ 축은 수평면,  $z$ 축은 연직방향으로 하고  $u, v, w$  는  $x, y, z$  축 방향의 유속성분으로 한다.  $\rho$ 는 해수 밀도,  $B$ 는 부력,  $\zeta$ 는 평균해면에서의 수직변동량으로 한다. 부력  $B$ 는 다음의 이류확산방정식으로 나타낼 수 있다.

$$\frac{\partial B}{\partial t} + \mathcal{L}B = \frac{K_v}{\delta} \frac{\partial^2 B}{\partial z^2} + K_h \nabla^2 B + q. \quad (5.3.3)$$

$$\delta = \begin{cases} 1 \cdots \cdots \frac{\partial B}{\partial z} \leq 0 \text{ 때} \\ 0 \cdots \cdots \frac{\partial B}{\partial z} > 0 \text{ 때} \end{cases} \quad \text{이다.}$$

여기서,  $q$ 는 태양 복사에너지로부터 해중에 흡수에 의한 부력원,  $A_v$ 는 수직

와동점성계수,  $A_h$ 는 수평와동점성계수,  $K_v$ 는 연직와동확산계수,  $K_h$ 는 수평와동확산계수,  $f$ 는 코리올리 상수,  $\rho_o$ 는 해수의 평균밀도,  $g$ 는 중력 가속도, 해면( $z=0$ )에서 경계조건은

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} = -W_s, \quad (5.3.5)$$

$$\left( \begin{array}{l} -\rho_o A_v \left( \frac{\partial u}{\partial z}, \frac{\partial v}{\partial z} \right) = (\tau_x, \tau_y), \\ -K_v \frac{\partial B}{\partial z} = Q_s, \end{array} \right)$$

여기서,

$$\left( \begin{array}{l} W_s = (w + u \frac{\partial \zeta}{\partial x} + v \frac{\partial \zeta}{\partial y})_{z=0}, \\ Q_s = \frac{1}{\rho_o} \left( \frac{gQ}{c_p \alpha} + (B_o - B)(E - P) \right), \end{array} \right) \quad (5.3.6)$$

이고,  $Q$ 는 해면에서 열량( $cal\ cm^{-2}\ s^{-1}$ ),  $C_p$ 는 해수의 비열

( $cal\ deg^{-1}\ g^{-1}$ ),  $E$ 는 증발량( $g\ cm^{-1}\ s^{-1}$ ),  $P$ 는 강수량

( $g\ cm^{-2}\ s^{-1}$ ),  $\alpha$ 는 해수의 온도 팽창계수( $deg^{-1}$ ),  $B_o$ 는 담수의 부력,

( $\tau_x, \tau_y$ )는 바람응력의  $x, y$ 성분( $dyn\ cm^{-2}\ s^{-1}$ )이다. 해저( $z=H$ )에서

조건은 해저로부터 물 유입, 부력 유입이 없다고 본다. 해저의 마찰응력

( $\tau_x^B, \tau_y^B$ )은

$$\rho_o A_v \left( \frac{\partial u}{\partial z}, \frac{\partial v}{\partial z} \right) = (\tau_x^B, \tau_y^B) \quad (5.3.7)$$

이다.

가. 격자점배치

계산대상의 3차원 영역에서 격자점배치는 격자 간격이 짧을 수록 수록 해의 근사치에 접근하지만 계산의 용량·해저지형등을 고려하여 정하게 된다.

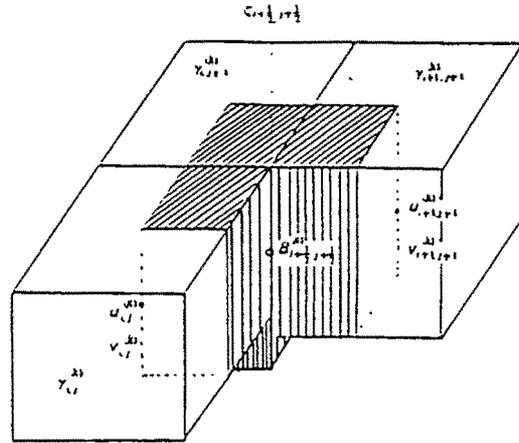


Fig.5.3.1 Arrangement of variable

$\gamma$  차 중심에  $u, v$ 을 배치하고 부력  $B \cdot w$ 은  $\gamma$  직육면체의 연직모서리에 배치 한다.

수위  $\zeta$ 는 Fig. 5.3.1에서 수평격자선의 교점으로 정의하고  $\zeta_{i+\frac{1}{2}, j+\frac{1}{2}}^{(n)}$  로변

호를 붙인다.  $n$ 는 시각  $t = n\Delta t$ 의 값을 나타내고,  $i+\frac{1}{2}, j+\frac{1}{2}$  는 각각

$x, y$ 좌표  $(i+\frac{1}{2})\Delta s, (j+\frac{1}{2})\Delta s$  에 대응한다.부력은  $B_{i+\frac{1}{2}, j+\frac{1}{2}}^{(k, n)}$ 로 나타내고

영역에서 부력의 평균치는  $\beta_{i+\frac{1}{2}, j+\frac{1}{2}}^{(k)}$ 로 정의 한다.그리고  $\beta_{i+\frac{1}{2}, j+\frac{1}{2}}^{(k)}$ 는 수

평적으로  $i\Delta s \leq x \leq (i+1)\Delta s, j\Delta s \leq y \leq (j+1)\Delta s$ 의 丙에 있다.  $\beta_{i+\frac{1}{2}, j+\frac{1}{2}}^{(k)}$ 의

및과  $\beta_{i+\frac{1}{2}, j+\frac{1}{2}}^{(k+1)}$ 의 위는 5.3.8식으로 나타낸다.

$$z = \begin{cases} Z_{i,j}^{(k+1)} \cdots i \Delta s \leq x \leq \left(i + \frac{1}{2}\right) \Delta s, & j \Delta s \leq y \leq \left(j + \frac{1}{2}\right) \Delta s \\ Z_{i+1,j}^{(k+1)} \cdots \left(i + \frac{1}{2}\right) \Delta s \leq x \leq (i+1) \Delta s, & j \Delta s \leq y \leq \left(j + \frac{1}{2}\right) \Delta s \\ Z_{i+1,j+1}^{(k+1)} \cdots \left(i + \frac{1}{2}\right) \Delta s \leq x \leq (i+1) \Delta s, & \left(j + \frac{1}{2}\right) \Delta s \leq y \leq (j+1) \Delta s \\ Z_{i,j}^{(k+1)} \cdots i \Delta s \leq x \leq \left(i + \frac{1}{2}\right) \Delta s, & \left(j + \frac{1}{2}\right) \Delta s \leq y \leq (j+1) \Delta s \end{cases} \quad (5.3.8)$$

연속방정식  $(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0)$ 의 차분식은 영역  $\beta_{i+\frac{1}{2}, j+\frac{1}{2}}^{(k)}$ 에서 체적적분

은 영역의 경계를 통과하는 유입·유출의 합은 0으로 하여 5.3.9식을 얻을 수 있다.

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} (U_{i,j}^{(k)} + U_{i,j+1}^{(k)} - U_{i+1,j}^{(k)} - U_{i+1,j+1}^{(k)} + V_{i,j}^{(k)} + V_{i,j+1}^{(k)} - V_{i+1,j}^{(k)} - V_{i+1,j+1}^{(k)}) \\ + W_{i+\frac{1}{2}, j+\frac{1}{2}}^{(k+1)} - W_{i+\frac{1}{2}, j+\frac{1}{2}}^{(k)} = 0 \end{aligned} \quad (5.3.9)$$

단,

$$\begin{pmatrix} U_{i,j}^{(k)} = \gamma_{i,j}^{(k)} u_{i,j}^{(k)} / \Delta s, \\ V_{i,j}^{(k)} = \gamma_{i,j}^{(k)} v_{i,j}^{(k)} / \Delta s, \\ W_{i+\frac{1}{2}, j+\frac{1}{2}}^{(3)} = 0, \end{pmatrix} \quad (5.3.10)$$

와 같다.

$W_{i+\frac{1}{2}, j+\frac{1}{2}}^{(k)}$ 는 영역  $\beta_{i+\frac{1}{2}, j+\frac{1}{2}}^{(k)}$ 의 위층을 통과하는 유량을 나타낸다.

부력의 이류확산식(  $\frac{\partial B}{\partial t} = \mathcal{L}B + \frac{K_v}{\delta} \frac{\partial^2 B}{\partial z^2} + K_h \nabla^2 B$  ) 을 영역  $\beta_{i+\frac{1}{2}, j+\frac{1}{2}}^{(k)}$  에

서 적분에 의하여 (5.3.11)식으로 얻어진다

$$BT(n'', n, n') \equiv \left( B_{i+\frac{1}{2}, j+\frac{1}{2}}^{(k, n'')} - B_{i+\frac{1}{2}, j+\frac{1}{2}}^{(k, n')} \right) / \{ (n'' - n') \Delta t \} \times \beta_{i+\frac{1}{2}, j+\frac{1}{2}}^{(k, n)}$$

(5.3.11)

$n''$ ,  $n$ ,  $n'$  는 3개의 시간단계를 나타낸다.  $n$ ,  $n'$  는 이미 계산된 것이고  $n''$  는 계산하려는 것이다.

확산항(  $\frac{K_v}{\delta} \frac{\partial^2 B}{\partial z^2} + K_h \nabla^2 B$  )의 차분식은

$$\begin{aligned} BD(n, n') &\equiv \frac{K_h}{2\Delta s} \{ (\gamma_{i,j}^{(k,n)} + \gamma_{i,j+1}^{(k,n)}) (B_{i-\frac{1}{2}, j+\frac{1}{2}}^{(k, n')} - B_{i+\frac{1}{2}, j+\frac{1}{2}}^{(k, n')}) \\ &+ (\gamma_{i+1,j}^{(k,n)} + \gamma_{i+1,j+1}^{(k,n)}) (B_{i+\frac{3}{2}, j+\frac{1}{2}}^{(k, n')} - B_{i+\frac{1}{2}, j+\frac{1}{2}}^{(k, n')}) + (\gamma_{i,j}^{(k,n)} + \gamma_{i+1,j}^{(k,n)}) \\ &(B_{i+\frac{1}{2}, j-\frac{1}{2}}^{(k, n')} - B_{i+\frac{1}{2}, j+\frac{1}{2}}^{(k, n')}) \\ &+ (\gamma_{i,j+1}^{(k,n)} + \gamma_{i+1,j+1}^{(k,n)}) (B_{i+\frac{1}{2}, j+\frac{3}{2}}^{(k, n')} - B_{i+\frac{1}{2}, j+\frac{1}{2}}^{(k, n')}) \} - (BDVF)^{(k+1)} \\ &+ (BDVF)^{(k)} + BDHR. \end{aligned}$$

(5.3.12)

여기서  $BDVF$ 는 연직확산량을 나타낸다.

$$\left( \begin{aligned} (BDVF)^{(2)} &= E_{j+\frac{1}{2}, j+\frac{1}{2}}^{(2)} \frac{K_v}{\delta} \left( B_{j+\frac{1}{2}, j+\frac{1}{2}}^{(1, n')} - B_{j+\frac{1}{2}, j+\frac{1}{2}}^{(2, n')} \right) \\ &\quad \times \frac{2E_{i+\frac{1}{2}, j+\frac{1}{2}}^{(2)}}{\beta_{i+\frac{1}{2}, j+\frac{1}{2}}^{(1)} + \beta_{i+\frac{1}{2}, j+\frac{1}{2}}^{(2)}}, \\ (BDVF)^{(1)} &= E_{j+\frac{1}{2}, j+\frac{1}{2}}^{(1)} \cdot Q_s, \\ (BDVF)^{(3)} &= 0 \end{aligned} \right)$$

(5.3.13)

운동방정식의 차분식(  $\frac{\partial u}{\partial t} = -u + fv - \frac{1}{\rho_o} \frac{\partial p}{\partial x} + A_v \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} + A_h \nabla^2 u$  )은 시간

미분( $\frac{\partial u}{\partial t}$ ), 코리올리항( $fv$ ), 점성항( $A_h \nabla^2 u$ )의 차분식은 다음과 같이 정의 된

다.

$$\begin{aligned}
 UT(n'', n, n') &\equiv (u_{i,j}^{(k,n'')} - u_{i,j}^{(k,n')}) / \{(n'' - n') \Delta t\} \times \gamma_{i,j}^{(k,n)} \\
 UF(n) &\equiv fv_{i,j}^{(k,n)} \times \gamma_{i,j}^{(k,n)} \\
 UDH(n, n') &\equiv A_h (\hat{u}_{i-1,j}^{(k,n')} + \hat{u}_{i+1,j}^{(k,n')} + \hat{u}_{i,j-1}^{(k,n')} + \hat{u}_{i,j+1}^{(k,n')} - 4\hat{u}_{i,j}^{(k,n')}) \times \gamma_{i,j}^{(k,n)} / \Delta s^2
 \end{aligned} \tag{5.3.14}$$

연직점성항( $A_v \frac{\partial^2 u}{\partial z^2}$ )의 차분식은  $UVD(n, n') \equiv (UDVF)_{i,j}^{(k)} - (UDVF)_{i,j}^{(k+1)}$ 과

같다.

$$\left( \begin{array}{l} \text{여기서} \\ (UDVF)_{i,j}^{(1)} = \tau_x \Delta s^2 / \rho_o, \\ (UDVF)_{i,j}^{(2)} = A_v \Delta s^2 \cdot (u_{i,j}^{(1,n')} - u_{i,j}^{(2,n')}) \times \frac{2\Delta s^2}{\gamma_{i,j}^{(1)} + \gamma_{i,j}^{(2)}}, \\ (UDVF)_{i,j}^{(3)} = \tau_x^B \Delta s^2 / \rho_o. \end{array} \right) \tag{5.3.15}$$

이다.

이류항의 차분식은 다음과 같다.

윗면과 아래면을 통과하는 유량을 각각  $\hat{W}_{i,j}^{(k,n)}$ ,  $\hat{W}_{i,j}^{(k+1,n)}$ 라고 하면

$$\left( \begin{array}{l} \hat{W}_{i,j}^{(k,n)} = \frac{\Delta s^2}{4} (W_{i-\frac{1}{2},j-\frac{1}{2}}^{(k,n)} / E_{i-\frac{1}{2},j-\frac{1}{2}}^{(k)} + W_{i+\frac{1}{2},j-\frac{1}{2}}^{(k,n)} / E_{i+\frac{1}{2},j-\frac{1}{2}}^{(k)} \\ \quad + W_{i+\frac{1}{2},j+\frac{1}{2}}^{(k,n)} / E_{i+\frac{1}{2},j+\frac{1}{2}}^{(k)} + W_{i-\frac{1}{2},j+\frac{1}{2}}^{(k,n)} / E_{i-\frac{1}{2},j+\frac{1}{2}}^{(k)}) \\ \hat{W}_{i,j}^{(k+1,n)} = \frac{\Delta s^2}{4} (W_{i-\frac{1}{2},j-\frac{1}{2}}^{(k+1,n)} / E_{i-\frac{1}{2},j-\frac{1}{2}}^{(k)} + W_{i+\frac{1}{2},j-\frac{1}{2}}^{(k+1,n)} / E_{i+\frac{1}{2},j-\frac{1}{2}}^{(k)} \\ \quad + W_{i+\frac{1}{2},j+\frac{1}{2}}^{(k+1,n)} / E_{i+\frac{1}{2},j+\frac{1}{2}}^{(k)} + W_{i-\frac{1}{2},j+\frac{1}{2}}^{(k+1,n)} / E_{i-\frac{1}{2},j+\frac{1}{2}}^{(k)}) \end{array} \right) \tag{5.3.16}$$

운동방정식의 압력항( $-\frac{1}{\rho_0} \frac{\partial p}{\partial x}$ )의 차분식은

$$\begin{aligned}
 UPR(n'', n, n') \equiv & \left[ \frac{1}{2\Delta s} \left( \varphi_{i-\frac{1}{2}, j+\frac{1}{2}}^{(k, n)} + \varphi_{i-\frac{1}{2}, j-\frac{1}{2}}^{(k, n)} - \varphi_{i+\frac{1}{2}, j+\frac{1}{2}}^{(k, n)} - \varphi_{i+\frac{1}{2}, j-\frac{1}{2}}^{(k, n)} \right) \right. \\
 & + \frac{1}{4\Delta s} \{ ((ZP)_{i-\frac{1}{2}, j+\frac{1}{2}}^{(k, n)} - (ZP)_{i+\frac{1}{2}, j+\frac{1}{2}}^{(k, n)}) (B_{i-\frac{1}{2}, j+\frac{1}{2}}^{(k, n)} + B_{i+\frac{1}{2}, j+\frac{1}{2}}^{(k, n)}) \\
 & \left. + ((ZP)_{i-\frac{1}{2}, j-\frac{1}{2}}^{(k, n)} - (ZP)_{i+\frac{1}{2}, j-\frac{1}{2}}^{(k, n)}) (B_{i-\frac{1}{2}, j-\frac{1}{2}}^{(k, n)} + B_{i+\frac{1}{2}, j-\frac{1}{2}}^{(k, n)}) \} \right] \times \tau_{i, j}^{(k, n)}
 \end{aligned}
 \tag{5.3.17}$$

여기서

$$\left( \begin{array}{l}
 \varphi_{i+\frac{1}{2}, j+\frac{1}{2}}^{(1, n)} = g(1-\theta) \zeta_{i+\frac{1}{2}, j+\frac{1}{2}}^{(n')} + g\theta \zeta_{i+\frac{1}{2}, j+\frac{1}{2}}^{(n'')} \\
 \quad - B_{i+\frac{1}{2}, j+\frac{1}{2}}^{(1, n)} (ZP)_{i+\frac{1}{2}, j+\frac{1}{2}}^{(1)}, \\
 \varphi_{i+\frac{1}{2}, j+\frac{1}{2}}^{(2, n)} = \varphi_{i+\frac{1}{2}, j+\frac{1}{2}}^{(1, n)} - \frac{1}{2} (B_{i+\frac{1}{2}, j+\frac{1}{2}}^{(1, n)} + B_{i+\frac{1}{2}, j+\frac{1}{2}}^{(2, n)}) \\
 \quad \times ((ZP)_{i+\frac{1}{2}, j+\frac{1}{2}}^{(2)} - (ZP)_{i+\frac{1}{2}, j+\frac{1}{2}}^{(1)}).
 \end{array} \right)$$

와 같다.

$\theta$ 는  $0.5 \leq \theta \leq 1$ 이다.

#### 4. 적 용

윗식들을 차분화하여 계산하였으며,수평방향격자는  $1.0\text{km} \times 1.0\text{km}$ 의 정방형 격자로 분할하고,연직방향으로는 상층( $0 \sim -5\text{m}$ ),중층( $-5 \sim -10\text{m}$ ),하층( $-10\text{m} \sim \text{bottom}$ )으로 분할하여 3층Level Model로 하였다.

차분방법은 Dufort-Frankel법을 이용한 leap-frog scheme를 사용하였다. 첫step는 Euler-backward scheme으로 계산을 시작하여 8 Step 마다 Euler-backward scheme를 삽입하여 leap-frog scheme에 의한 주기  $2\Delta t$ 의 noise를 제거하면서 계산하였다(Oonishi,1978).

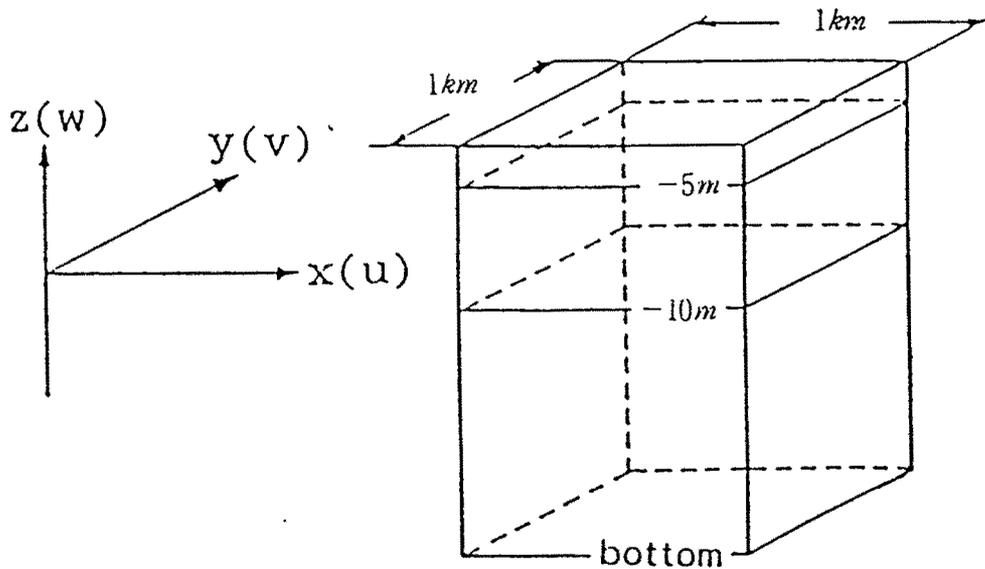


Fig.5.4.1 Coordinate system

Table 5.4.1 Parameters for the residual current calculation

Mesh interval ( $\Delta S$ )	1.0km
Time step ( $\Delta t$ )	30sec
Coefficient of horizontal eddy viscosity( $\nu_h$ )	$5 \times 10^5 \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$
Coefficient of vertical eddy viscosity( $\nu_v$ )	$5.0 \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$
Coefficient of horizontal eddy diffusivity( $k_h$ )	$5 \times 10^5 \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$
Coefficient of vertical eddy diffusivity( $k_z$ )	$5.0 \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$
Gravitational acceleration ( $g$ )	$980 \text{ cm sec}^{-2}$
Coriolis parameter ( $f$ )	$8.55 \times 10^{-5} \text{ sec}^{-1}$
Bottom frictional coefficient ( $\gamma_b^2$ )	$2.6 \times 10^{-3}$
Surface frictional coefficient ( $c_a$ )	$1.3 \times 10^{-3}$
Overall mean density( $\rho_o$ )	$1.0238 \text{ g cm}^{-3}$
Atmospheric density	$1.2 \times 10^{-3} \text{ g cm}^{-3}$

## 5. 계산결과

앞에서 계산한 가을에 관측한 3층의 수온·염분data를 쌍곡선함수를 이용하여 객관보간한 수온·염분 결과와 table 5.4.1을 이용하여 계산한 방조제 축조전의 가을의 진단 Model의 계산 결과는 Fig.5.5.1(a,b,c)와 같다.

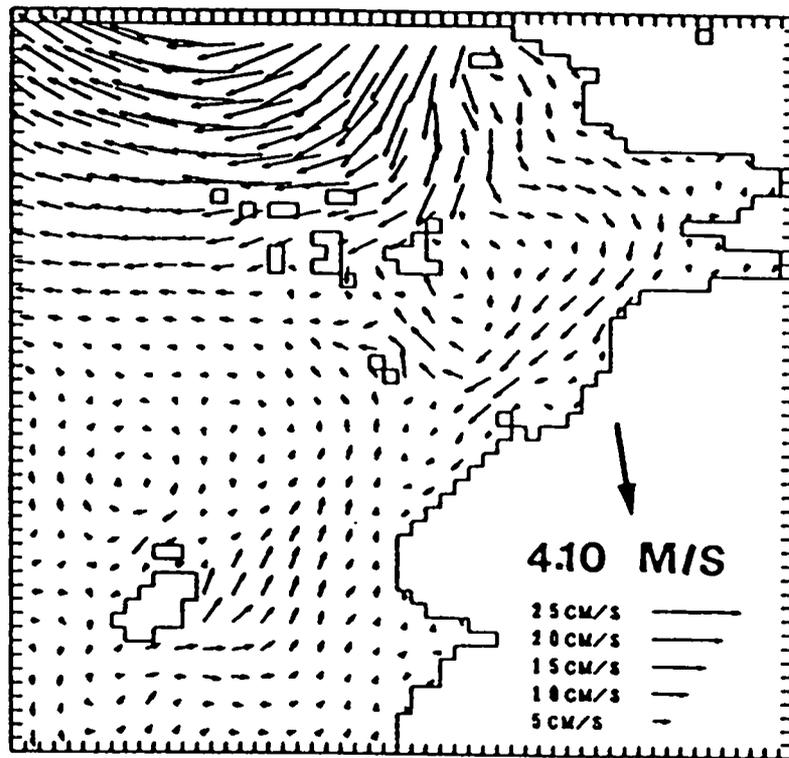


Fig.5.5.1(a) The flow patterns of residual currents at upper layer during autumn obtained by diagnostic model

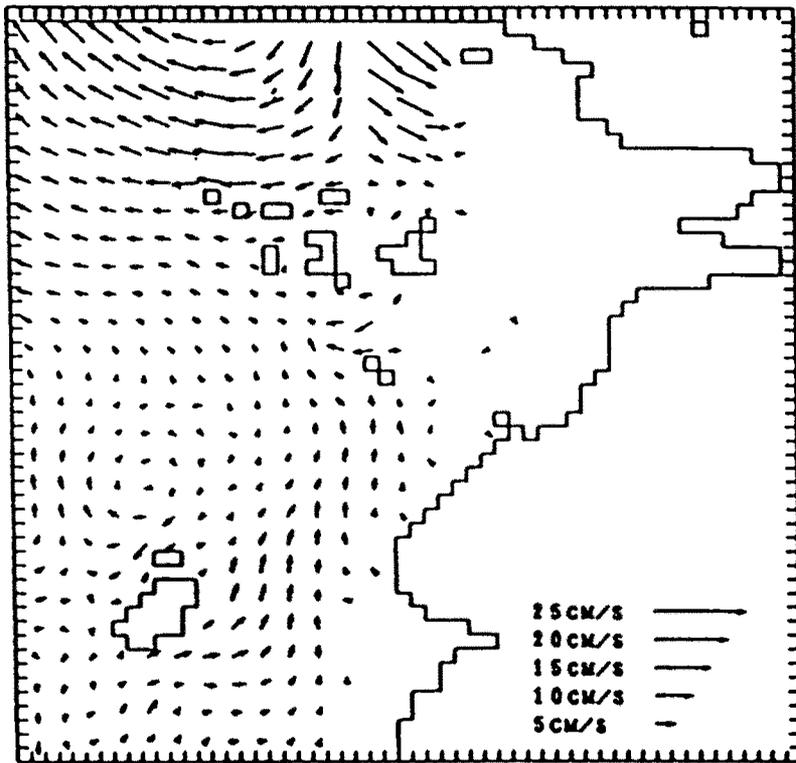


Fig.5.5.1(b) The flow patterns of residual currents at middle layer during autumn obtained by diagnostic model

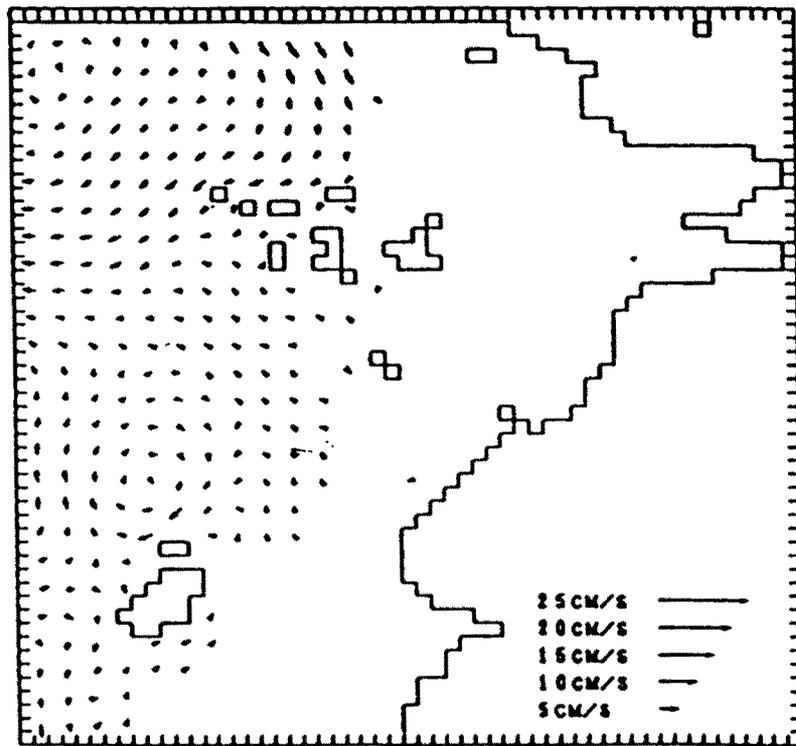


Fig.5.5.1(c) The flow patterns of residual currents at lower layer during autumn obtained by diagnostic model

## 제6장 방조제축조후 예보모델에 의한 잔차류의 계산

예보모델에서 잔차류계산을 위한 운동방정식과 연속방정식은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial t} + (u \cdot \nabla_h)u + w \frac{\partial u}{\partial z} + f \times u = \\ - \frac{1}{\rho_o} \nabla_h p + A_h \nabla_h^2 u + A_v \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} + T_s \end{aligned} \quad (6.1)$$

$$\frac{\partial p}{\partial z} = -\rho g \quad (6.2)$$

$$\nabla_h u + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \quad (6.3)$$

여기서,  $T_s$ 는 앞장에서 계산된 조석응력이다.

앞의 조석·조류의 계산 결과를 이용하여 조석진동류부터 조석잔차류를 일으키는 힘, 즉 조석응력을 분리하여 할 수 있다.

이 조석응력을 잔차류를 계산할 때 운동방정식에 넣어서 계산하면 조석잔차류를 정확하게 재현할 수가 있다.(Oonishi,1977)

그리고 잔차류를 예보할 때에 예보model을 사용한다. 수온·염분에 의한 잔차류계산을 위한 수온·염분 이류 확산 방정식은 다음과 같다.

$$\frac{\partial T}{\partial t} + (u \cdot \nabla_h)T + w \frac{\partial T}{\partial z} = K_h \nabla_h^2 T + K_v \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \quad (6.4)$$

$$\frac{\partial S}{\partial t} + (u \cdot \nabla_h)S + w \frac{\partial S}{\partial z} = K_h \nabla_h^2 S + K_v \frac{\partial^2 S}{\partial z^2} \quad (6.5)$$

1. 경계조건

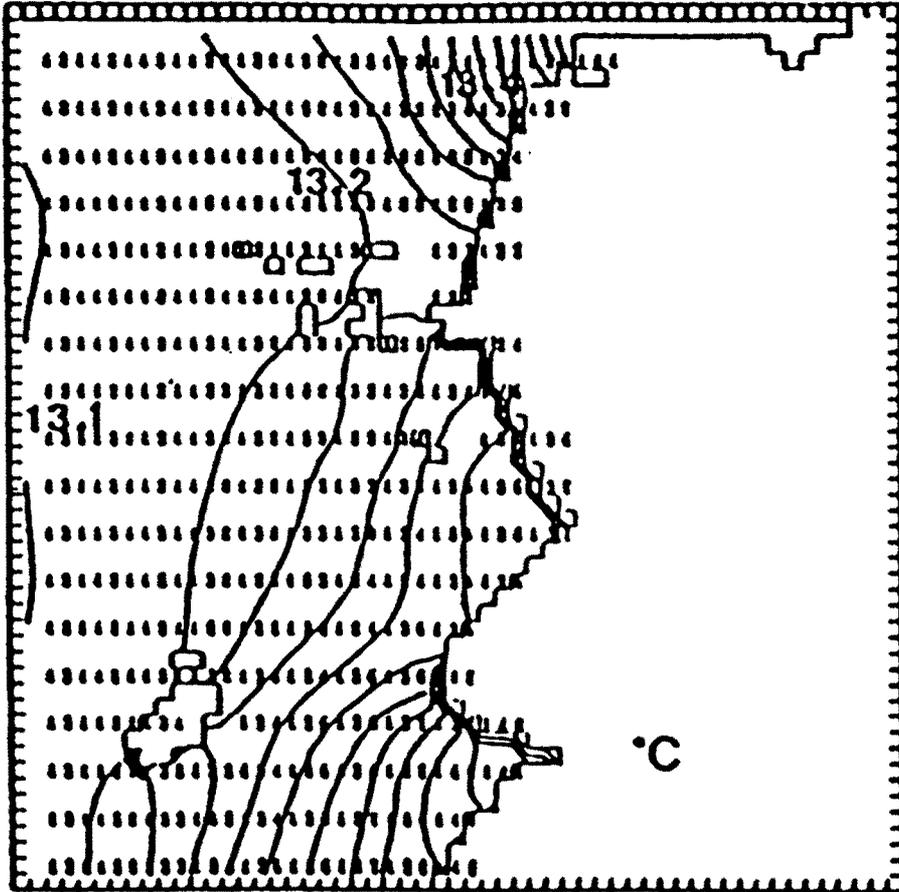
잔차류를 예보할 때에 예보model을 사용하였으며, 예보모델에서 잔차류계산할때사용한 수온·염분data는 Table 6.1 다음과 같다.

Table 6.1 Values of water temperature and salinity used as boundary condition in the prognostic model

season layer		autumn	
		water T.	salinity
north boundary	upper layer	15.5	29.9
	middle layer	15.4	30.2
	lower layer	15.6	31.4
west boundary	upper layer	17.9	31.3
	middle layer	17.6	31.6
	lower layer	17.5	31.8
south boundary	upper layer	16.6	31.1
	middle layer	16.7	31.2
	lower layer	16.8	31.6

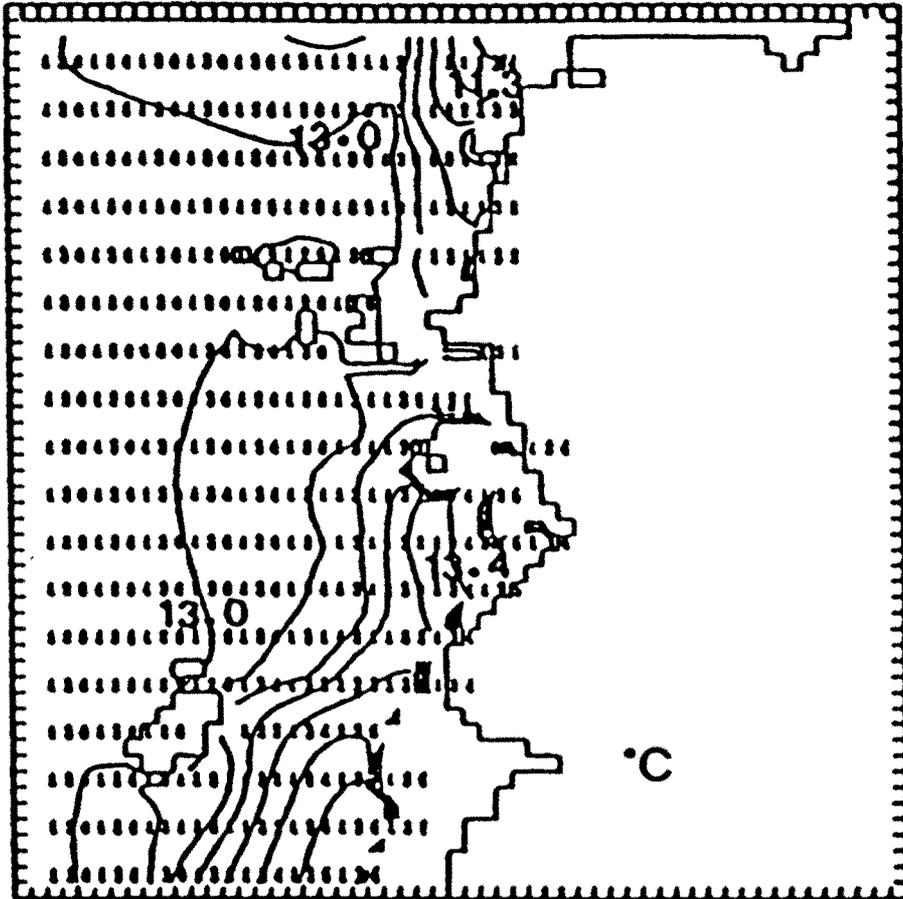
## 2. 계산결과

잔차류를 예보할 때에 예보model을 사용하였으며, 예보모델에서 잔차류계산할때사용한 Table 6.1을 이용하여 계산한 방조제 축조후의 가을의 예보 Model에 의한 수온의 계산 결과는 Fig.6.2.1(a,b,c)와 같고 염분의 계산 결과는 Fig.6.2.2(a,b,c)와 같다. 밀도의 계산 결과는 Fig.6.2.3(a,b,c)와 같다.잔차류의 계산 결과는 Fig.6.2.4(a,b,c)와 같다. 그리고 잠제후의 가을의 예보 Model에 의한 수온의 계산 결과는 Fig.6.2.5(a,b,c)와 같고 염분의 계산 결과는 Fig.6.2.6(a,b,c)와 같다. 밀도의 계산 결과는 Fig.6.2.7(a,b,c)와 같다.잔차류의 계산 결과는 Fig.6.2.8(a,b,c)와 같다.



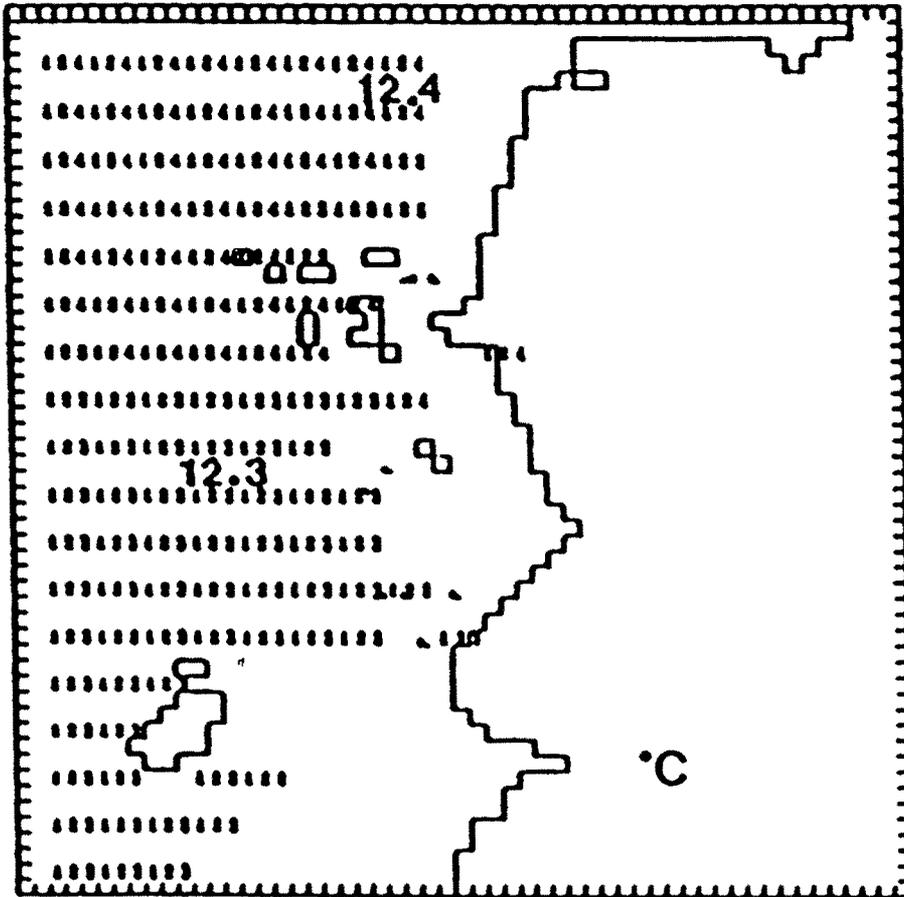
W.T.1  
upper layer

Fig.6.2.1(a) Distributions of water temperature obtained by prognostic model in autumn.



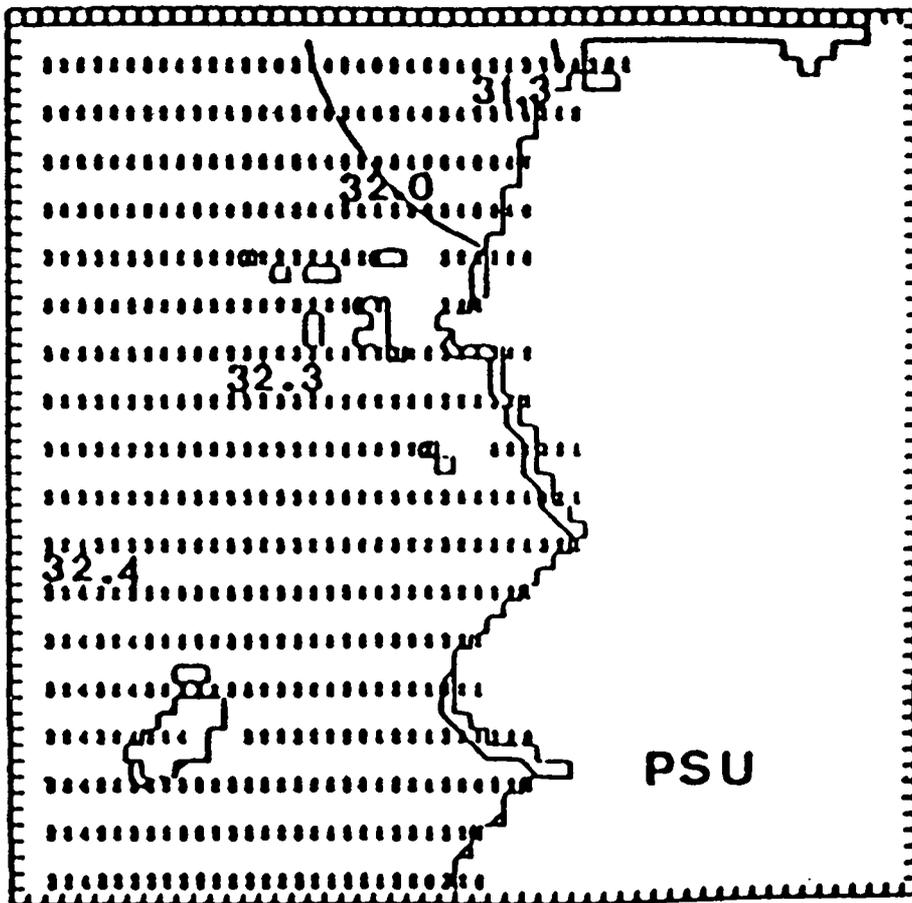
W.T-2  
middle layer

Fig.6.2.2(b) Distributions of water temperature obtained by prognostic model in autumn.



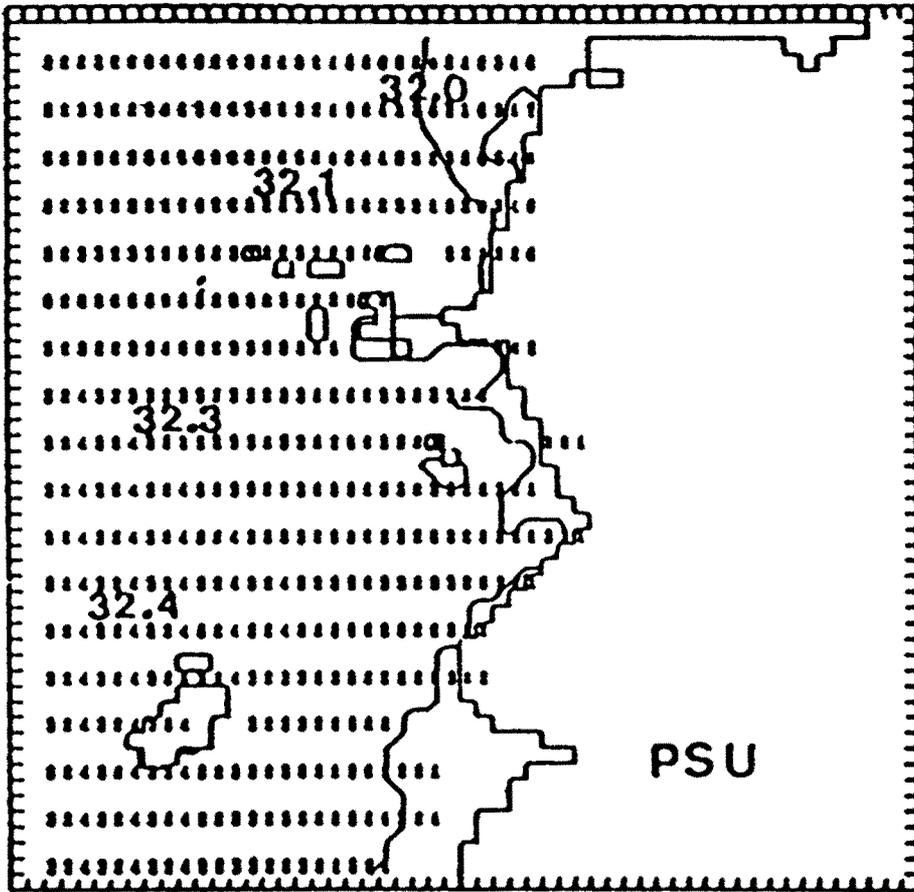
W.T-3  
low layer

Fig.6.2.1(c) Distributions of water temperature obtained by prognostic model in autumn.



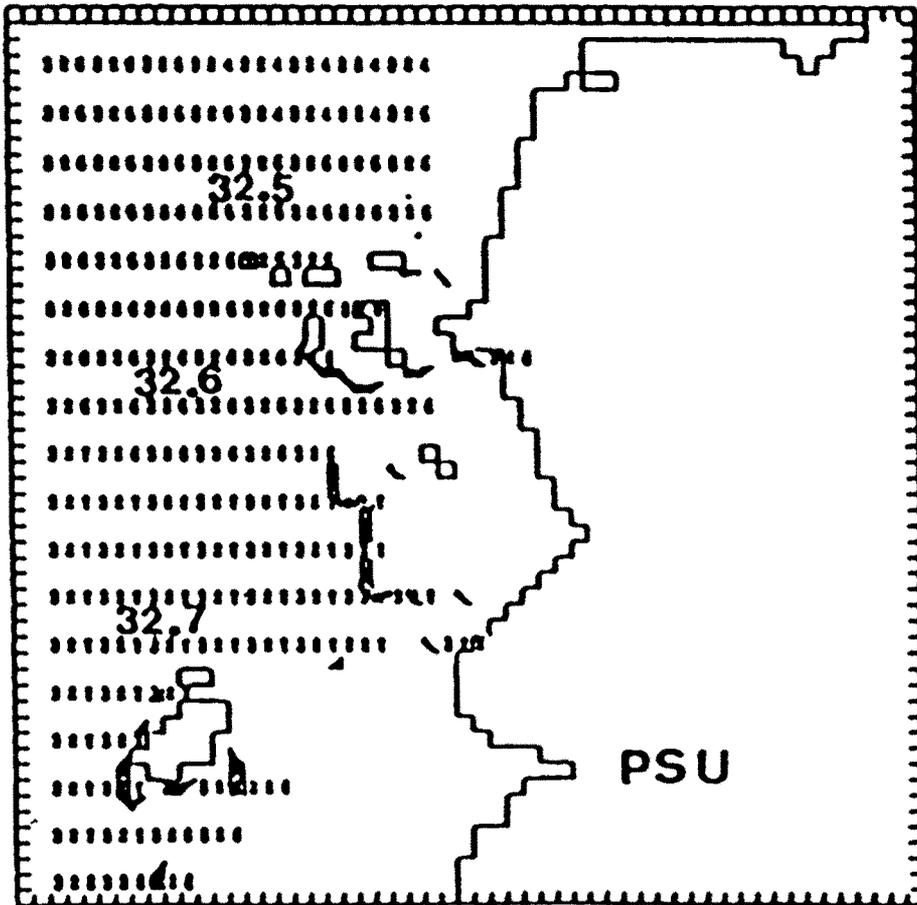
S-1  
upper layer

Fig.6.2.2(a) Distributions of water salinity obtained by prognostic model in autumn.



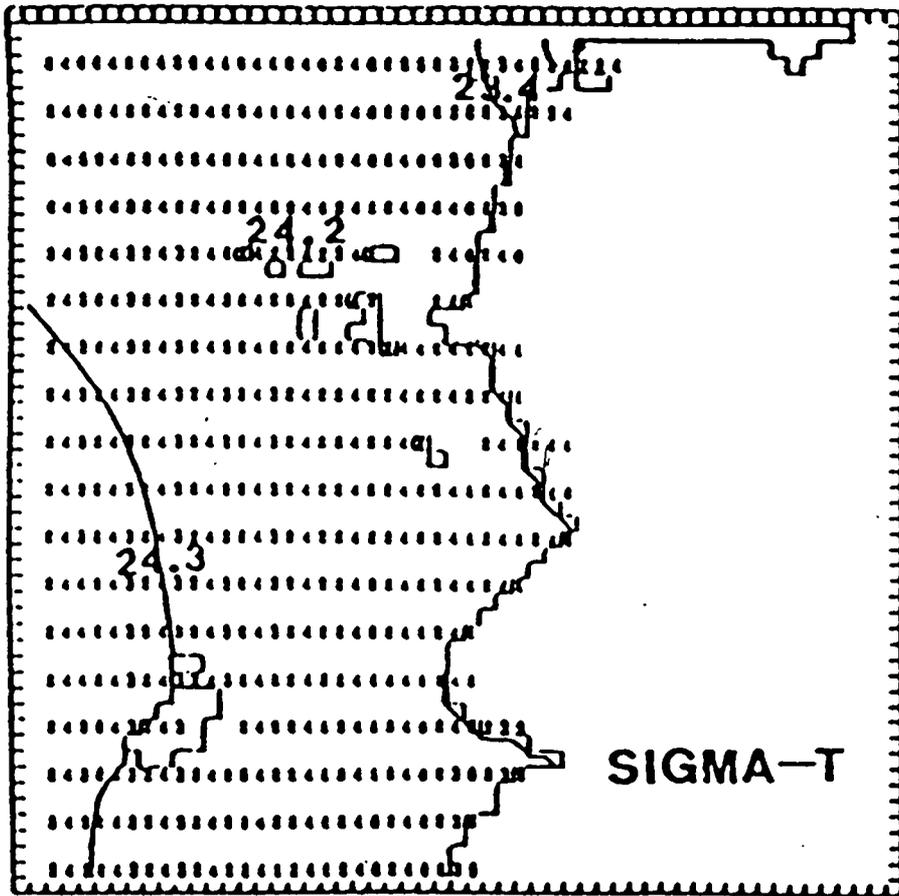
S-2  
middle layer

Fig.6.2.2(b) Distributions of water salinity obtained by prognostic model in autumn.



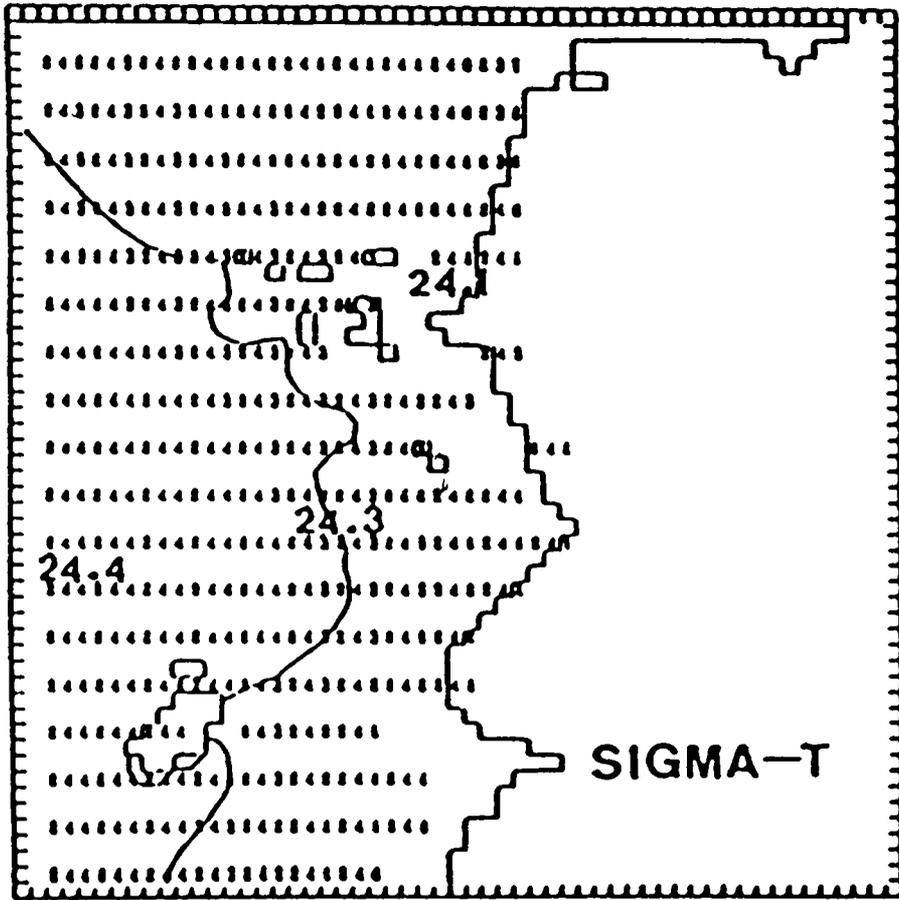
S-3  
low layer

Fig.6.2.2(c) Distributions of water salinity obtained by prognostic model in autumn.



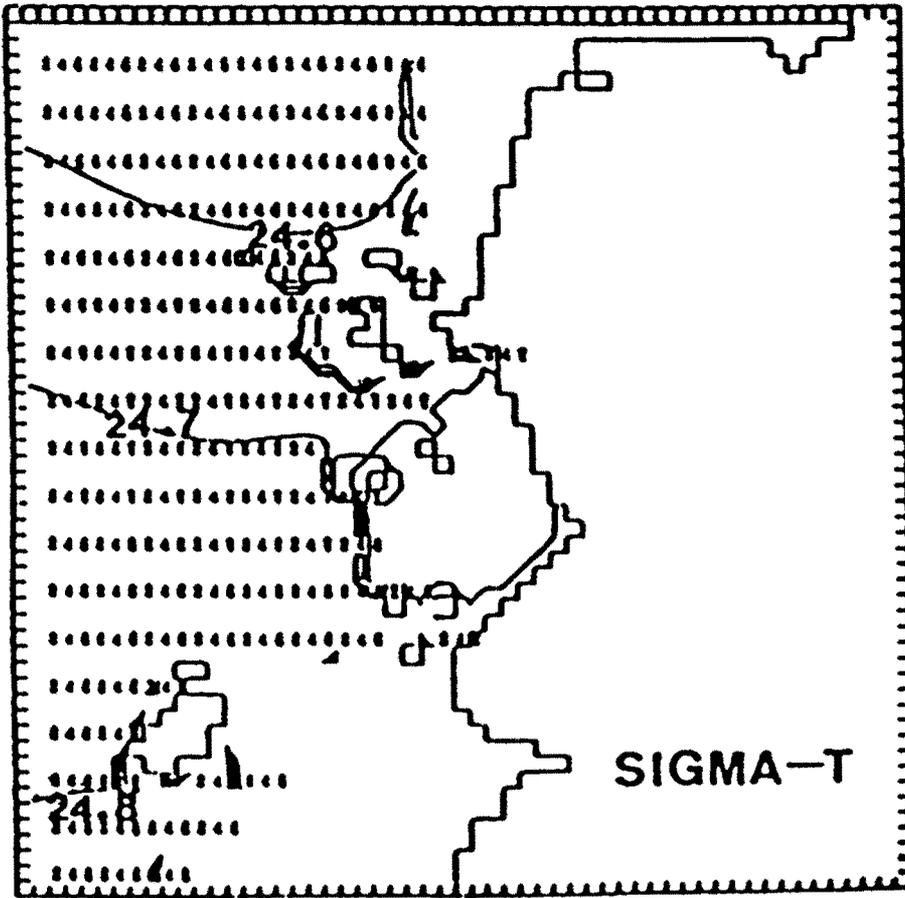
$\sigma-t-1$   
upper layer

Fig.6.2.3(a) Distributions of water density obtained by prognostic model in autumn.



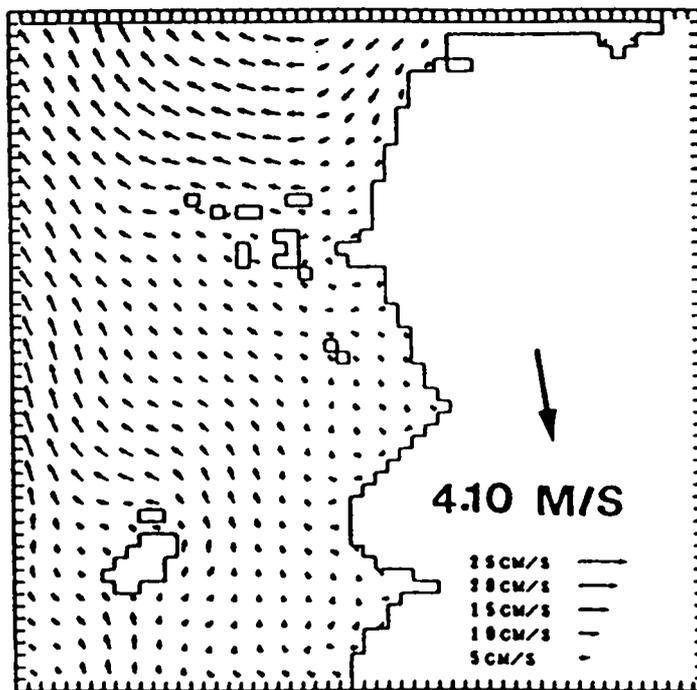
$\sigma-t-2$   
middle layer

Fig.6.2.3(b) Distributions of water density obtained by prognostic model in autumn.



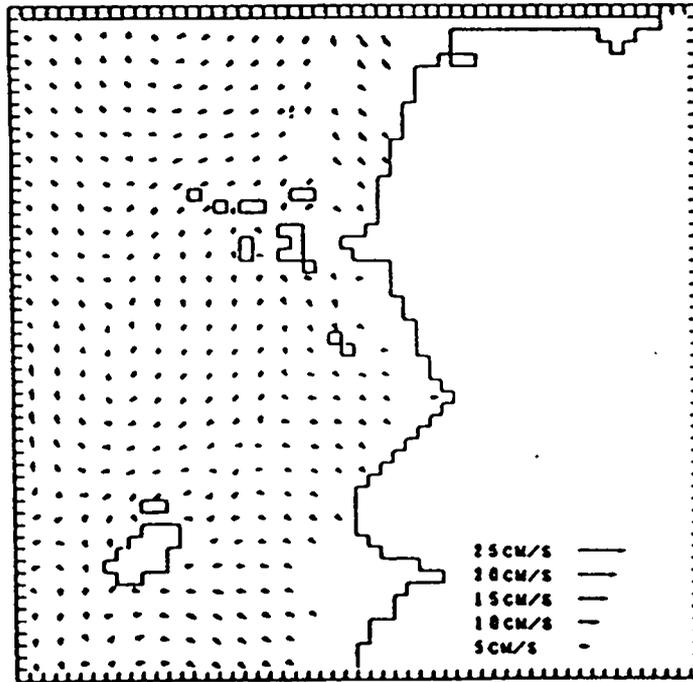
$\sigma-t-3$   
low layer

Fig.6.2.3(c) Distributions of water density obtained by prognostic model in autumn.



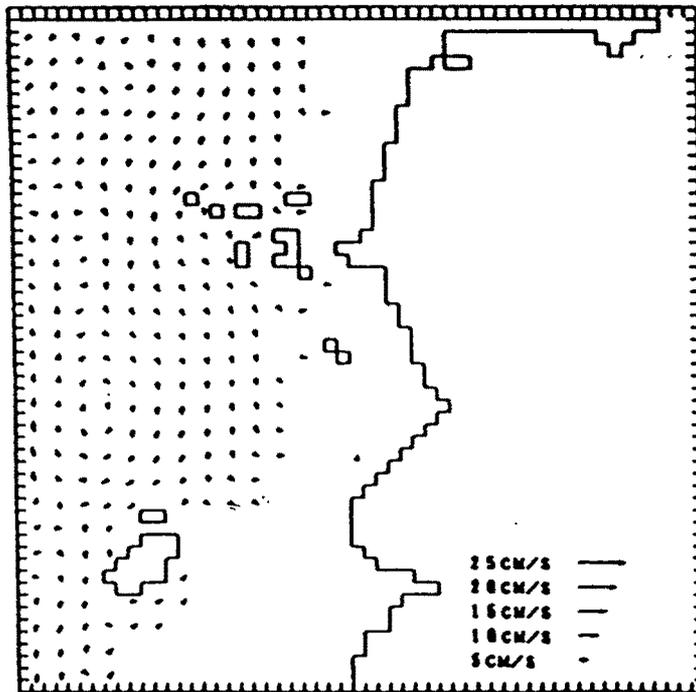
upper layer

Fig.6.2.4(a) The flow patterns of residual currents at upper layer during autumn obtained by prognostic model.



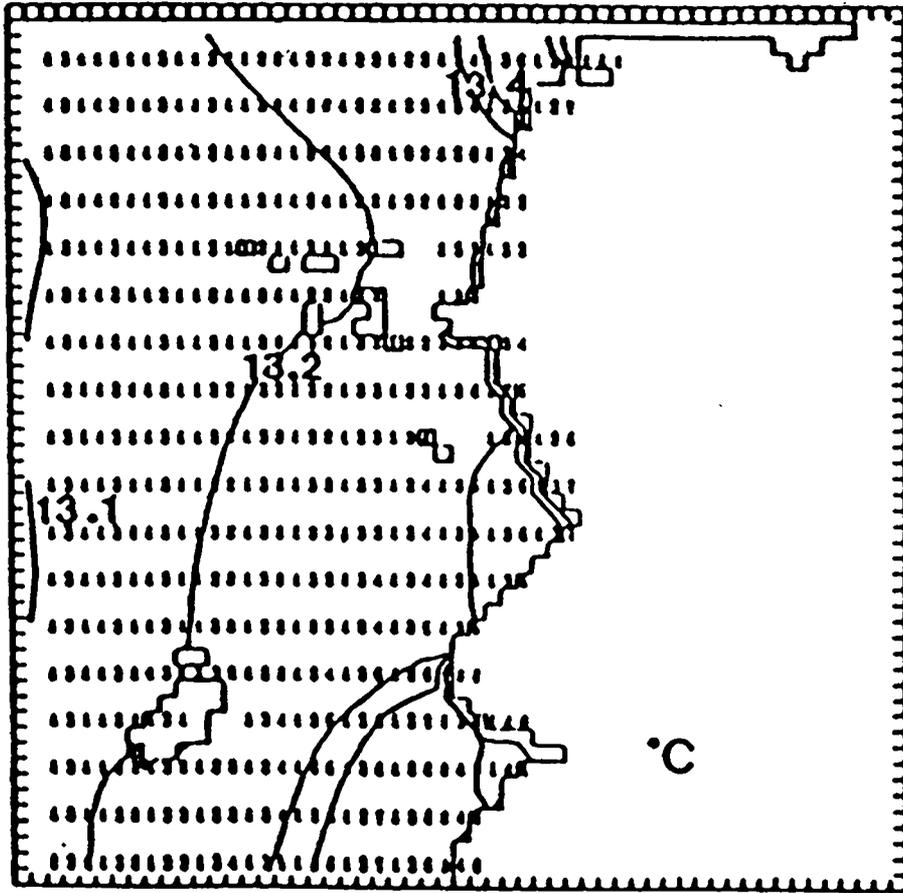
### middle layer

Fig.6.2.4(b) The flow patterns of residual currents at middle layer during autumn obtained by prognostic model.



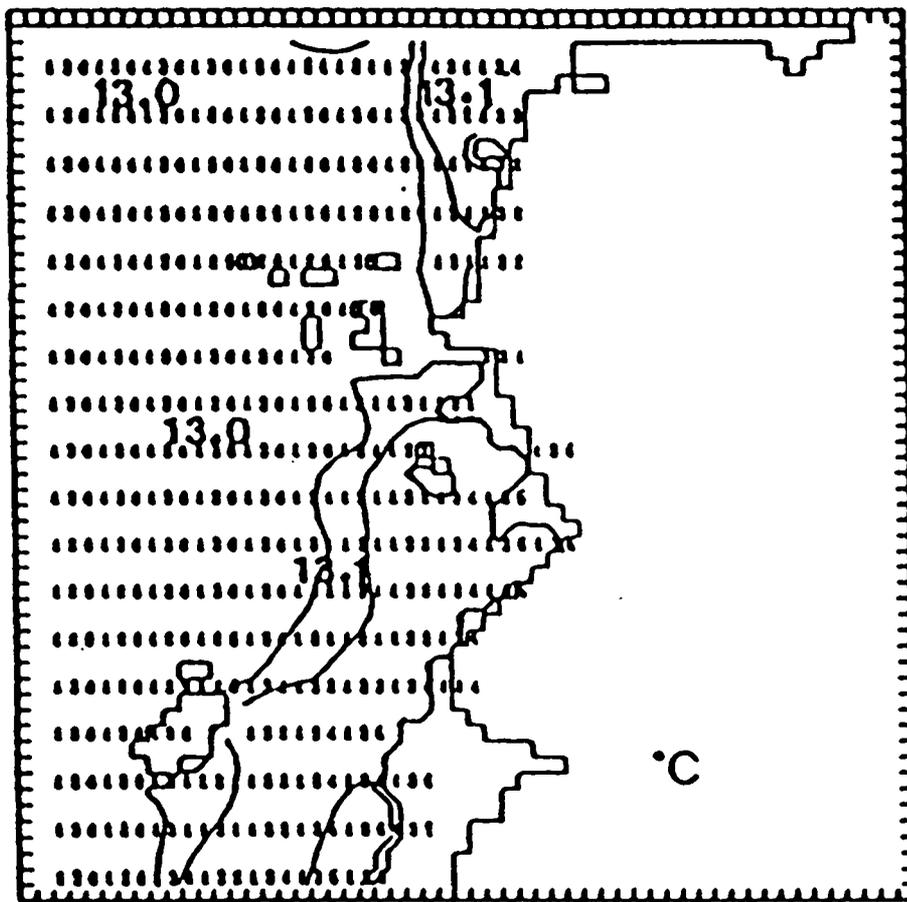
## lower layer

Fig.6.2.4(c) The flow patterns of residual currents at lower layer during autumn obtained by prognostic model.



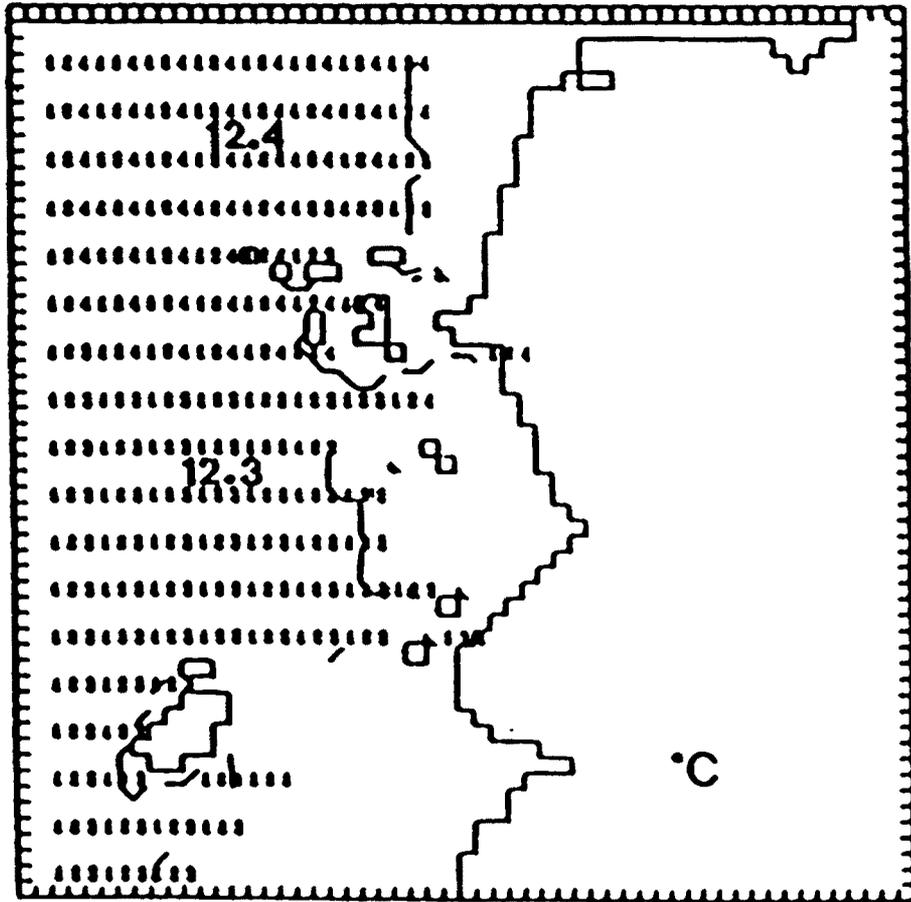
W.T.1  
upper layer

Fig.6.2.5(a) Distributions of water temperature after the construction of submerged breakwater obtained by prognostic model in autumn



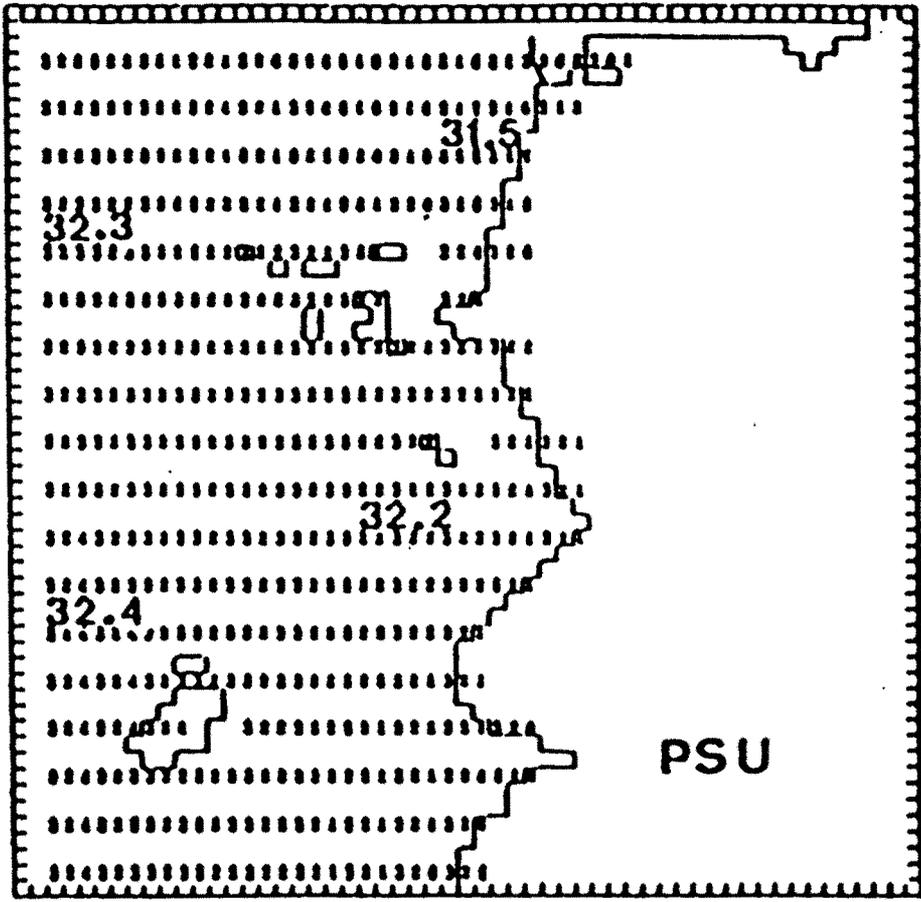
W.T-2  
middle layer

Fig.6.2.5(b) Distributions of water temperature after the construction of submerged breakwater obtained by prognostic model in autumn.



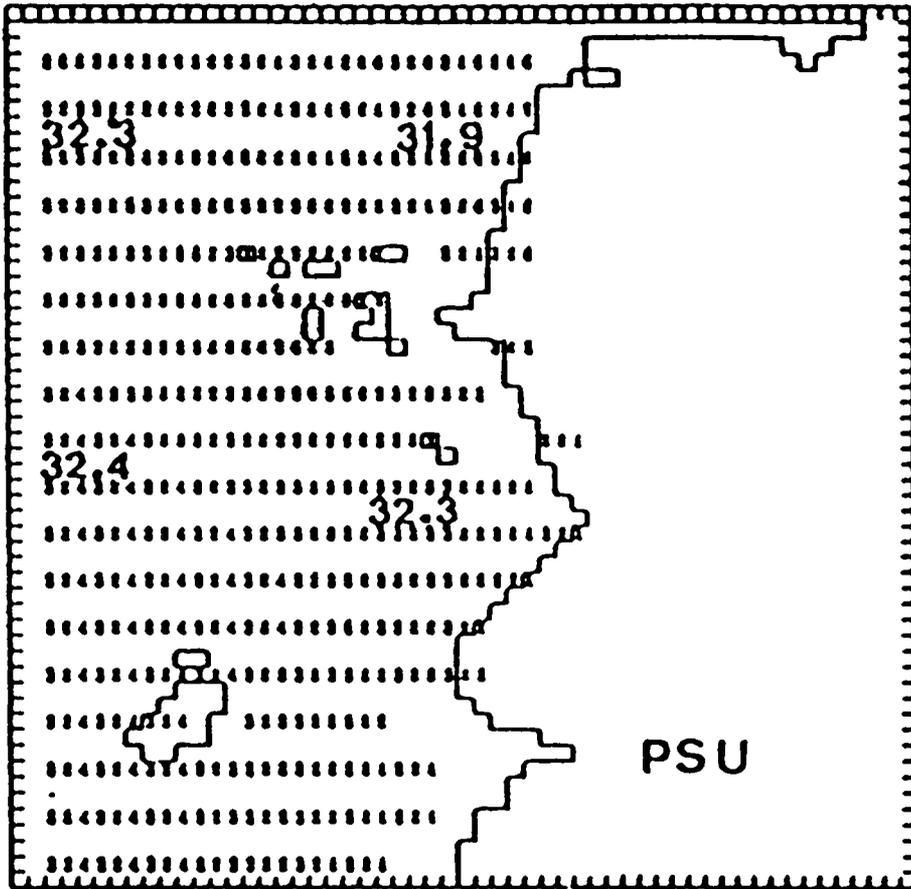
W.T-3  
low layer

Fig.6.2.5(c) Distributions of water temperature after the construction of submerged breakwater obtained by prognostic model in autumn



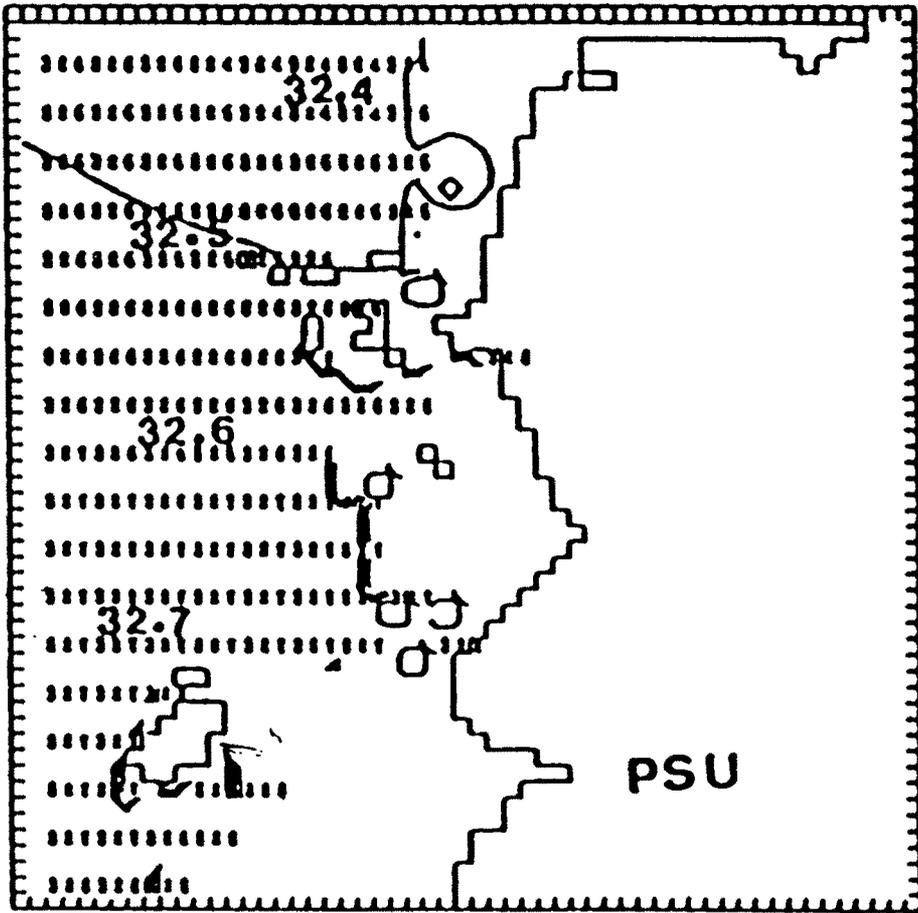
S-1  
upper layer

Fig.6.2.6(a) Distributions of water salinity after the construction of submerged breakwater obtained by prognostic model in autumn.



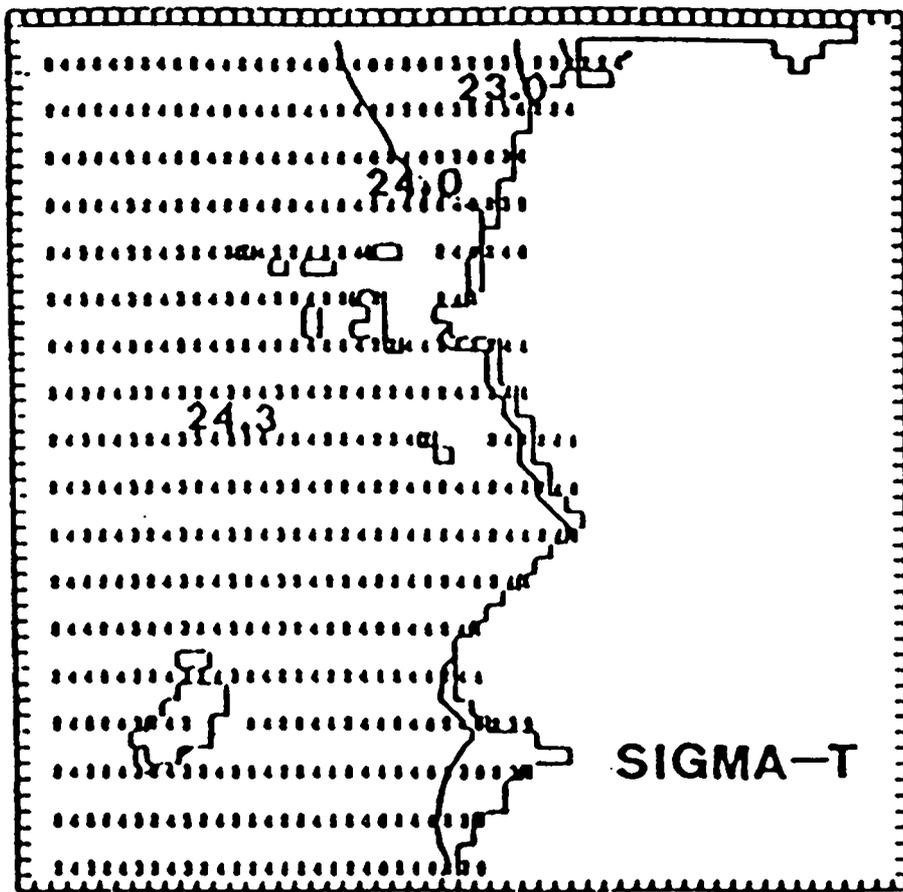
S-2  
middle layer

Fig.6.2.6(b) Distributions of water salinity after the construction of submerged breakwater obtained by prognostic model in autumn.



S-3  
low layer

Fig.6.2.6(c) Distributions of water salinity after the construction of submerged breakwater obtained by prognostic model in autumn.



$\sigma-t-1$   
upper layer

Fig.6.2.7(a) Distributions of water density after the construction of submerged breakwater obtained by prognostic model in autumn.

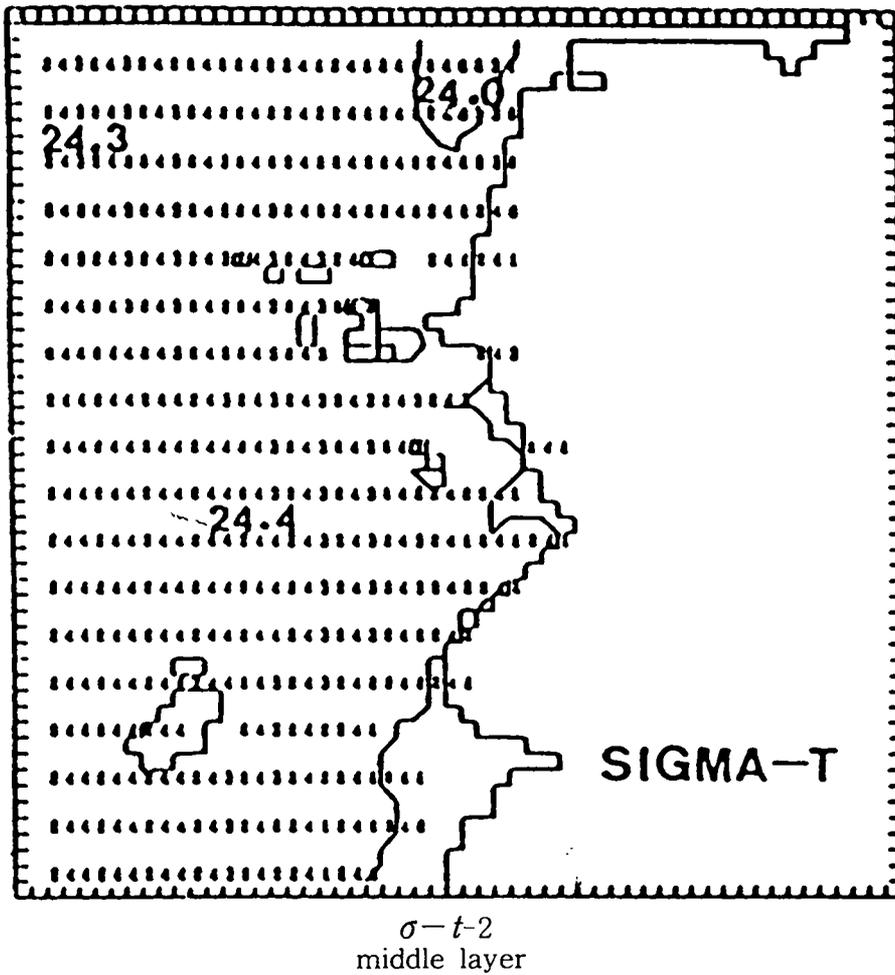
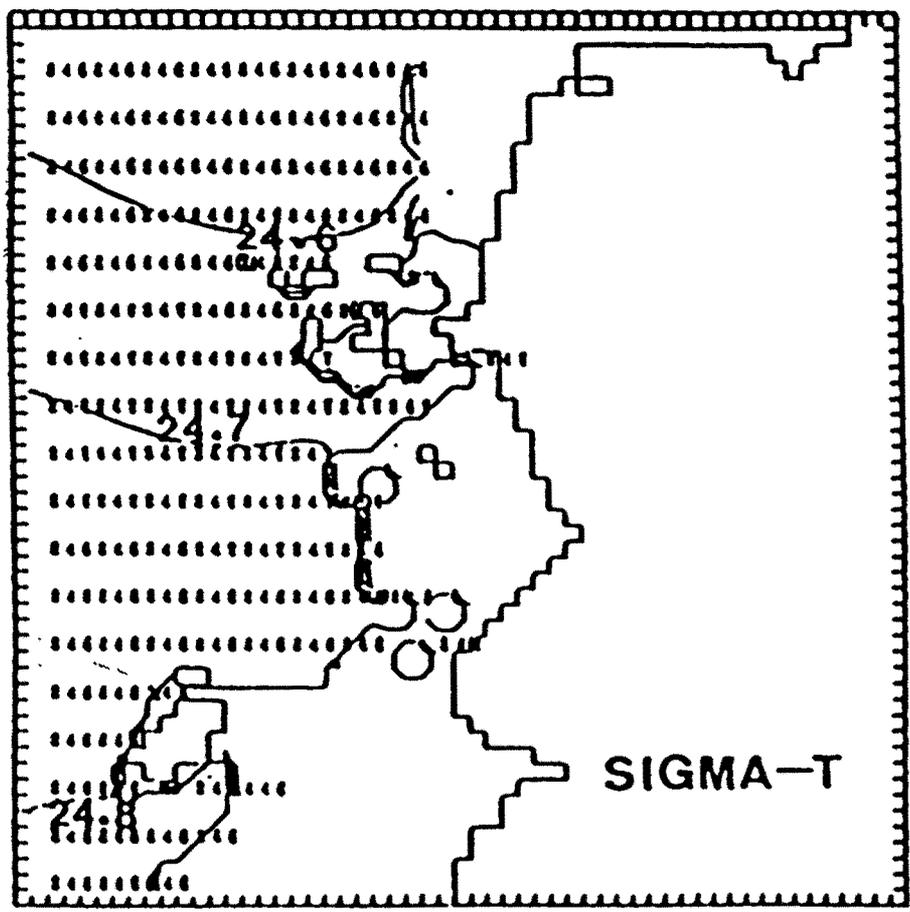
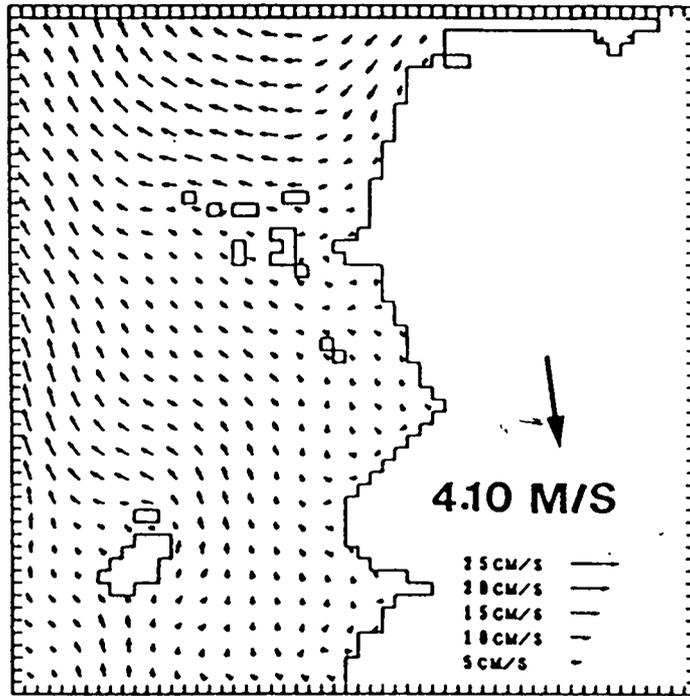


Fig.6.2.7(b) Distributions of water density after the construction of submerged breakwater obtained by prognostic model in autumn



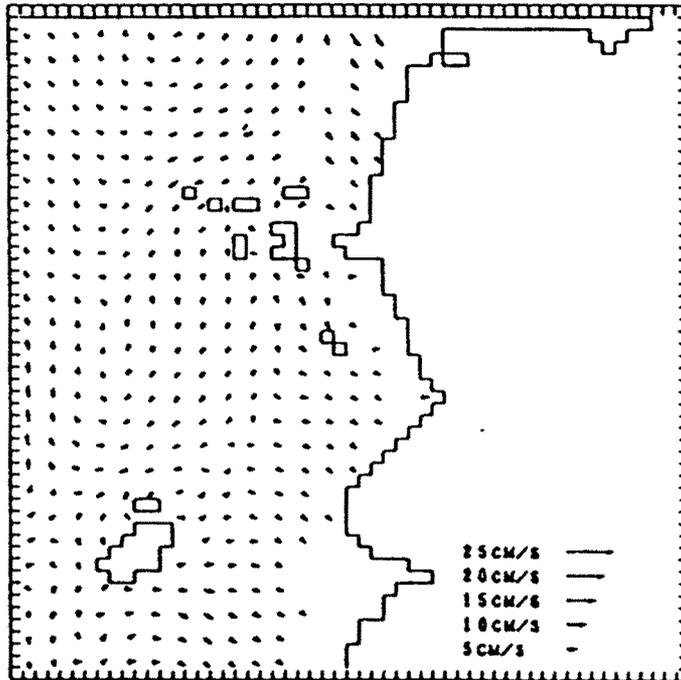
$\sigma-t-3$   
low layer

Fig.6.2.7(c) Distributions of water density after the construction of submerged breakwater obtained by prognostic model in autumn.



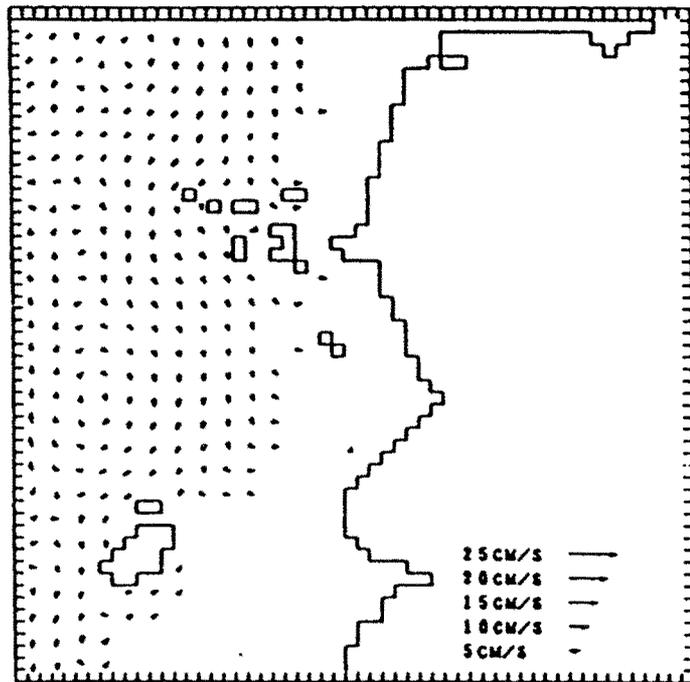
upper layer

Fig.6.2.8(a) The flow patterns of residual currents at upper layer after the construction of submerged breakwater during autumn obtained by prognostic model.



## middle layer

Fig.6.2.8(b) The flow patterns of residual currents at middle layer after the construction of submerged breakwater during autumn obtained by prognostic model.



## low layer

Fig.6.2.8(c) The flow patterns of residual currents at lower layer after the construction of submerged breakwater during autumn obtained by prognostic model.

## 제7장 유생거동 수치Simulation

### 1. 기초방정식

난·치어기의 운동특성에 대한 수치실험은 최근 해외에서 활발히 연구되고 있다. 난·치어기의 수송Model은 대상해역의 흐름특성을 규명한 후 생물특성을 고려한 입자의 추적실험이 행하여 지고 있다.

일본의 Tetsuo Yanagi(1989,1992)는 치어의 방류직후 분산특성을 연구하였으며, Bartsch(1993)도 청어의 분산특성을 연구하였다.

새만금 방조제축조 후 방조제 전면에 잠재를 설치하여 어류의 난,치어의 이동특성에 대하여 규명하여 수산의 관점에서 mitigation의 가능성은 있는가를 알아보하고자 패류유생의 이류분산과정을 수치실험을 하여보았다.

앞 장에서 구한 흐름을 이용하여 Euler-Lagrange 방법으로 패류유생의 이류분산과정을 수치실험을 하여보았다.

Euler-Lagrange 방법은 어느 시각n 에 있어서 입자의 위치를  $(x^n, y^n, z^n)$ 로 하면,time step  $\Delta t$ 시간후의 입자의 위치  $(x^{n+1}, y^{n+1}, z^{n+1})$ 을  $(x^n, y^n, z^n)$ 의 주위에 Taylor전개하여 구한다.단4차이상의 고차항은 무시하고 난류로 취급한다.

$$X^{n+1} = X^n + u'' \Delta t + (\nabla u'') u'' t^2 + R_x \quad (7.1)$$

$$Y^{n+1} = Y^n + v'' \Delta t + (\nabla v'') v'' t^2 + R_y \quad (7.2)$$

$$Z^{n+1} = Z^n + w_s \Delta t + R_z \quad (7.3)$$

여기서  $u''$  와  $v''$  는  $x, y$ 방향의 잔차류성분,  $w_s$ 는 난의 침강속도,

$R_x, R_y$  와  $R_z$ 는 난류성분.

$R_x, R_y$ 와  $R_z$ 는 다음과 같다.

$$R_x \text{ and } R_y = \gamma (2 \Delta t (D_{ht} + D_{hw}))^{1/2}$$

$$R_z = \gamma (2 \Delta t (D_{vt} + D_{vw}))^{1/2} \quad (7.4)$$

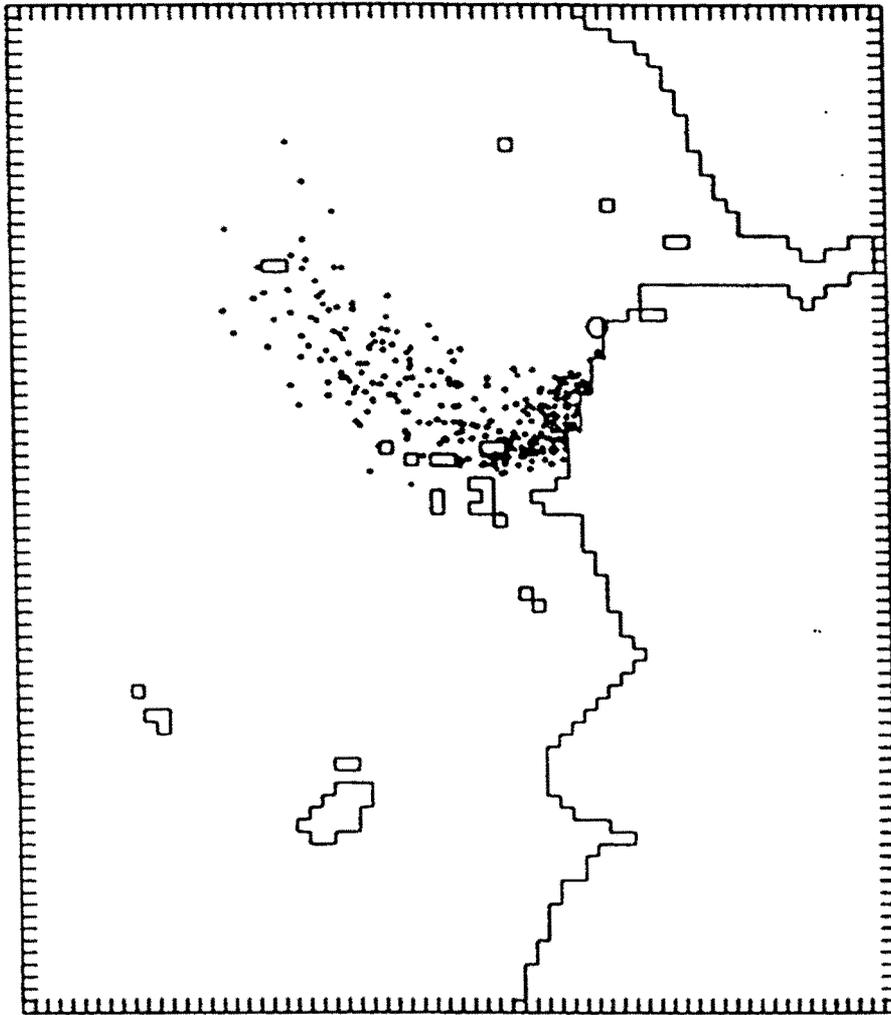
여기서  $\gamma$  는 정규난수.  $\gamma$ 의 평균치는 0,표준편차는 1.0.

$$D_{ht} = \frac{\beta}{2\pi} U_{amp}^2 \times T_{tide}, \quad D_{vt} = 10^{-5} \times D_{ht} \quad (7.5)$$

여기서  $U_{amp}$ 와  $T_{tide}$ 는  $M_2$ 의 주기와 흐름진폭이다.

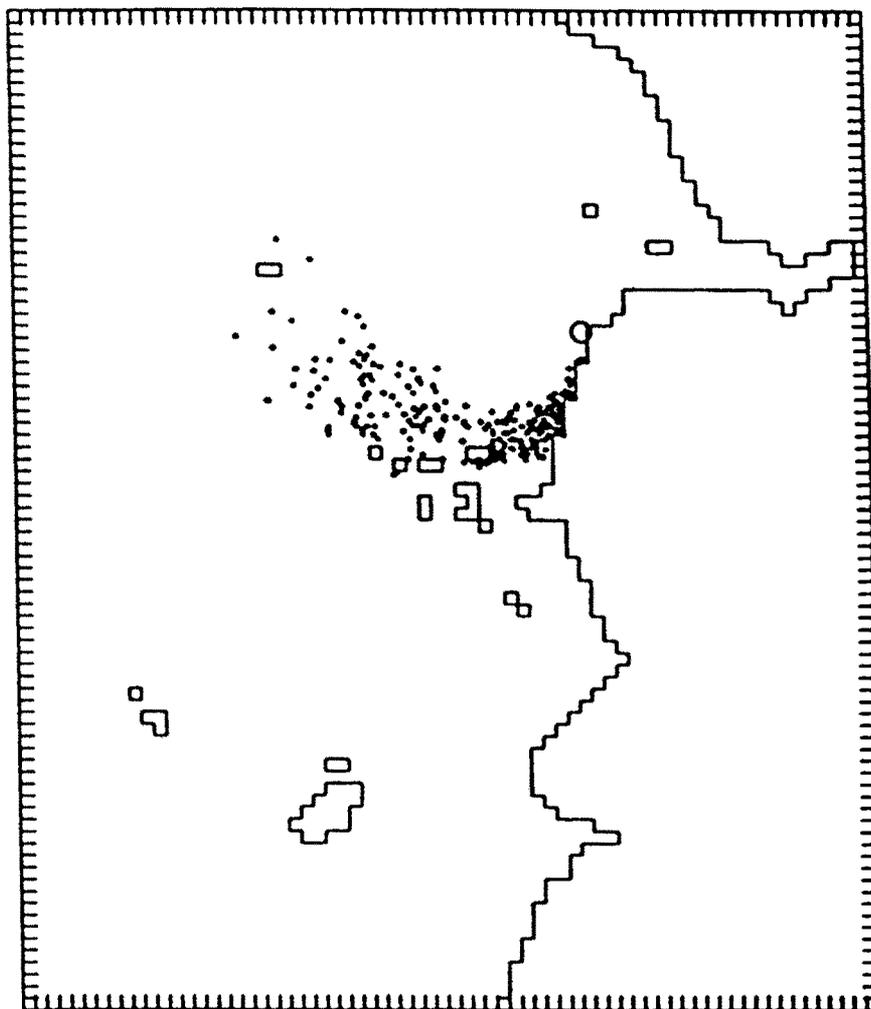
## 2. 경계조건및 계산결과

○ 는 난의 방류지점을 나타낸다.그리고 난의비중은  $1.030 \text{ gr/cm}^3$ , 난의 크기는  $60\mu\text{m}$ 로 계산하였다. 난방류 위치별 계산결과는 Fig.7(a-1,2,b-1,2,c-1,2,d-1,2)와 같다.



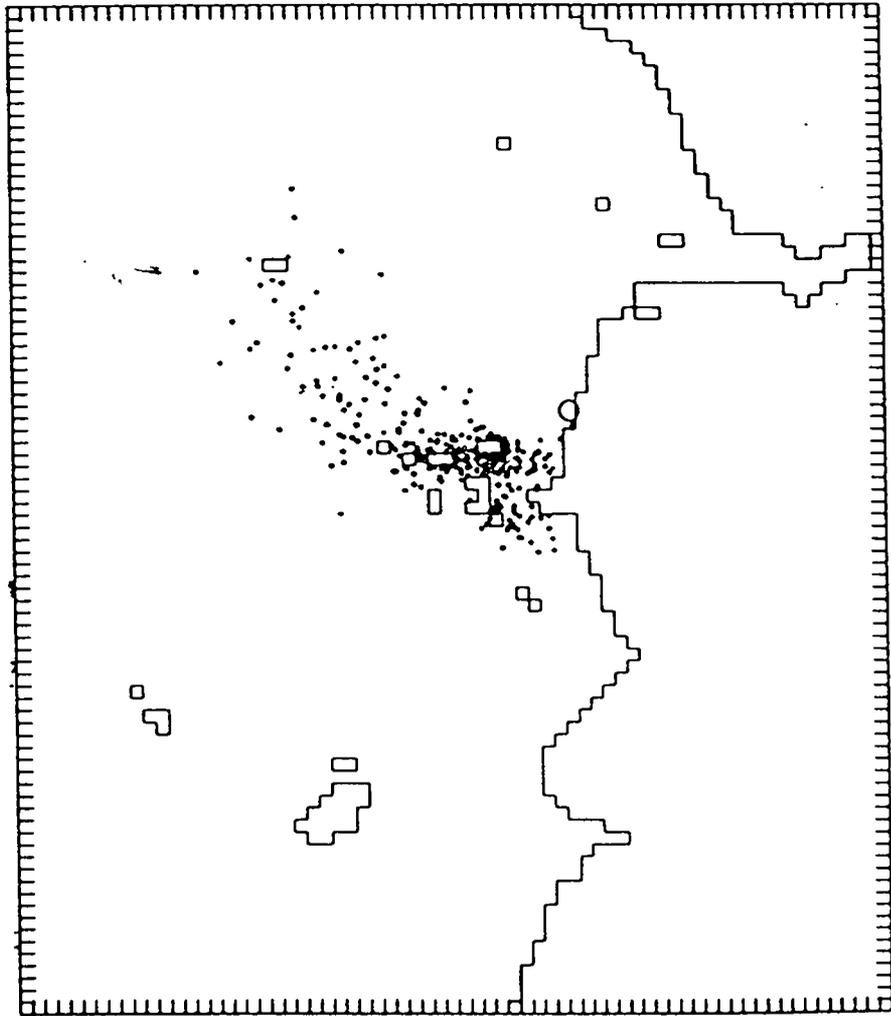
form of suspended  
before the construction of submerged breakwater

Fig.7(a-1) Calculated dispersion of larvae four day after the releasing with the residual current obtained by prognostic model before the construction of submerged breakwater in autumn.



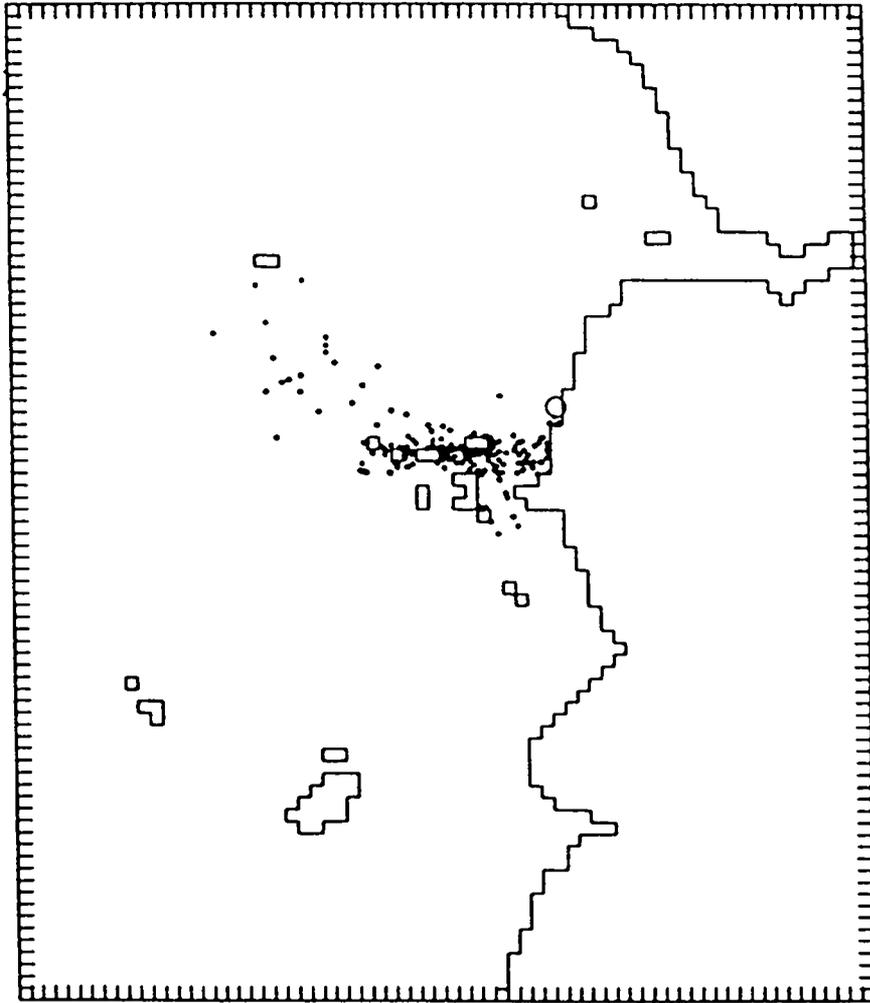
form of suspended  
after the construction of submerged breakwater

Fig.7(a-2) Calculated dispersion of larvae four day after the releasing with the residual current obtained by prognostic model before the construction of submerged breakwater in autumn.



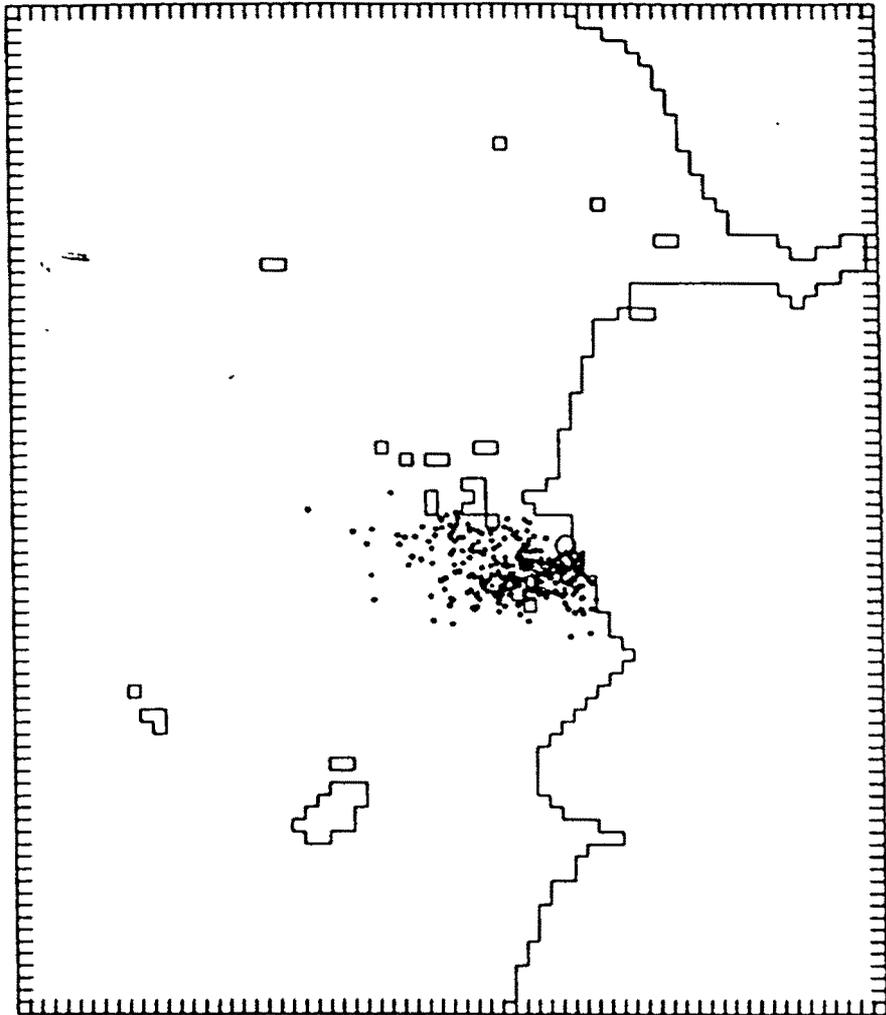
form of suspended  
before the construction of submerged breakwater

Fig.7(b-1) Calculated dispersion of larvae four day after the releasing with the residual current obtained by prognostic model before the construction of submerged breakwater in autumn.



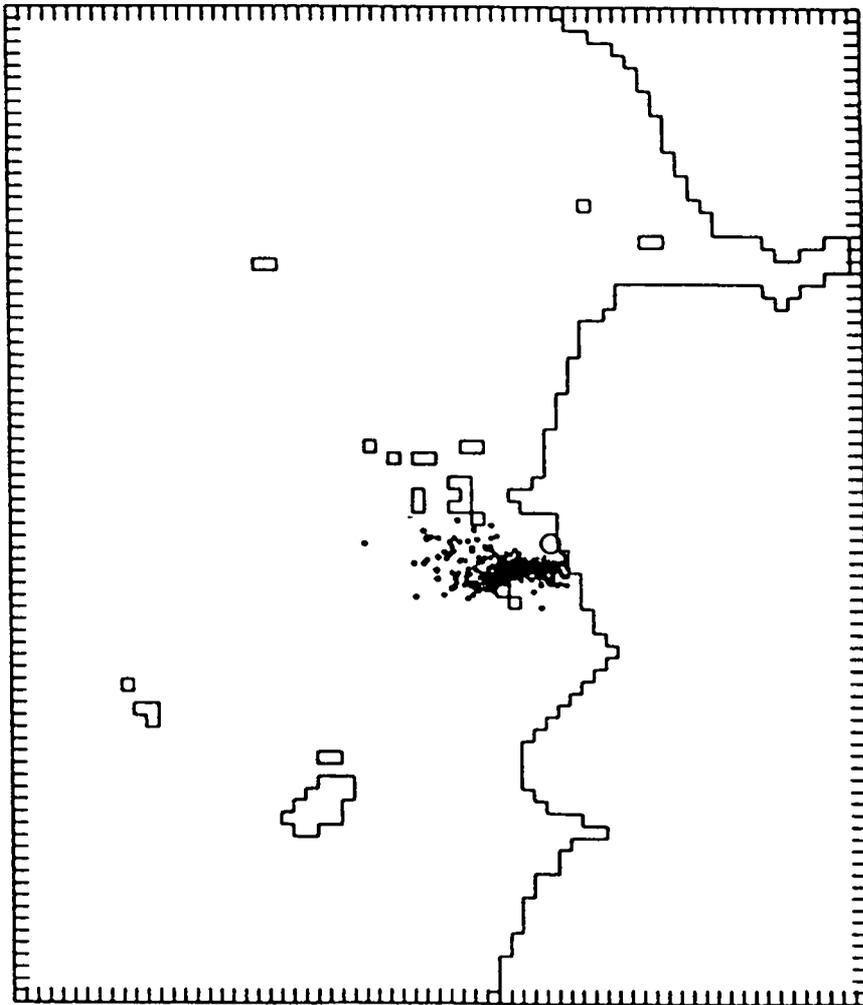
form of suspended  
after the construction of submerged breakwater

Fig.7(b-2) Calculated dispersion of larvae four day after the releasing with the residual current obtained by prognostic model before the construction of submerged breakwater in autumn.



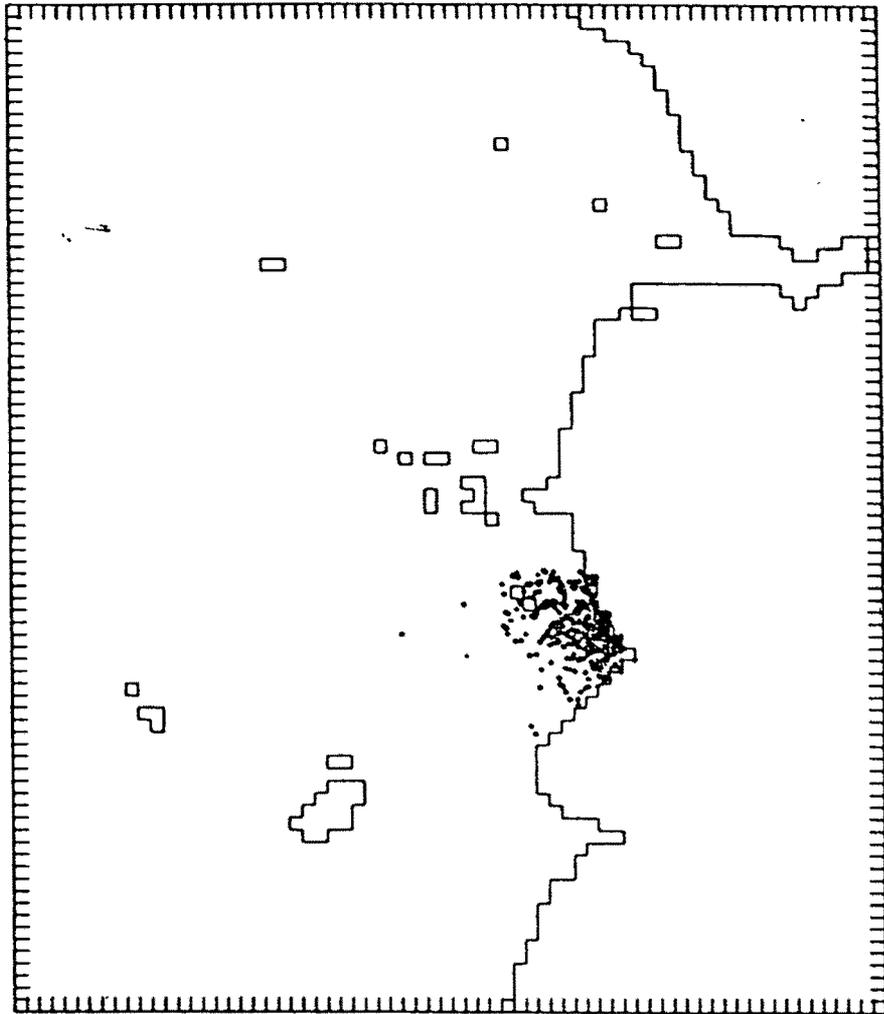
form of suspended  
before the construction of submerged breakwater

Fig.7(c-1) Calculated dispersion of larvae four day after the releasing with the residual current obtained by prognostic model before the construction of submerged breakwater in autumn.



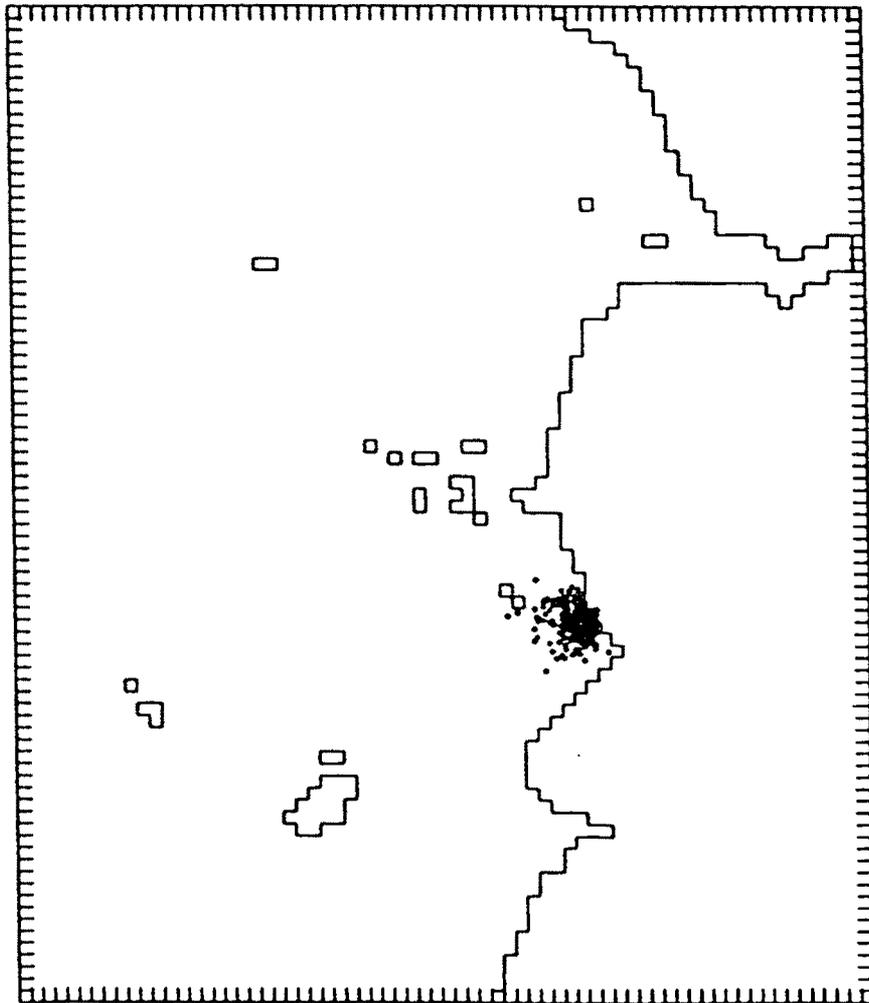
form of suspended  
after the construction of submerged breakwater

Fig.7(c-2) Calculated dispersion of larvae four day after the releasing with the residual current obtained by prognostic model before the construction of submerged breakwater in autumn.



form of suspended  
before the construction of submerged breakwater

Fig.7(d-1) Calculated dispersion of larvae four day after the releasing  
with the residual current obtained by prognostic model  
before the construction of submerged breakwater in  
autumn.



form of suspended  
after the construction of submerged breakwater

Fig.7(d-2) Calculated dispersion of larvae four day after the releasing with the residual current obtained by prognostic model before the construction of submerged breakwater in autumn.

## 제 8 장 防潮堤 築造 해역에 적합한 漁具漁法 모델 개발

### 제1절 防潮堤 周邊海域의 漁場特性

干拓事業이나 臨海工業團地의 構成에 의한 沿岸 淺海域의 매립과 함께 발생하는 藻場의 직접적인 消滅이나 損失, 해저지형의 변화와 함께 발생하는 소멸 및 工場廢水나 都市廢水에 의한 오염 등에 의해 魚類의 幼稚仔魚 時期의 좋은 생활 據點이었던 藻場이 현저히 손상되어 왔다.

沿岸性 주요 어종들은 幼稚仔魚의 시기를 藻場に 의존하는 경우가 상당히 많다는 것을 고려한다면 藻場の 消滅 및 損失은 魚類 生活史의 중요한 부분의 고리를 斷絶당하는 것이 된다.

大島(1954), 中村(1941), 布施(1962, 1963), 岡山水試(19223~1925) 등의 보고에서, 幼稚仔魚 시기를 藻場に 의존하는 어종중 연안성 어류로 중요하다고 생각되는 것에 대하여 藻場に 출현하여 藻場에서 생활하고 藻場을 떠나는 시기의 體長範圍를 정리하면 表 8.1과 같다.

표 8.1 어류의 體長範圍

어 종	조장 출현 시기의 체장(mm)	조장 생활 시기의 체장(mm)
은비늘치	0 ~ 12	12 ~ 88
줄벤자리	8 ~ 12	12 ~ 46
흑 돔	6 ~ 14	14 ~ 18
주둥치		8 ~ 44
청 돔	9 ~ 13	13 ~ 57
참 돔	9 ~ 19	19 ~ 99
돌가자미	9 ~ 13	13 ~ 47
농 어	9 ~ 13	13 ~ 109
우 렉	9 ~ 15	15 ~ 95
용치놀래기		10 ~ 36
황점볼락	12 ~ 14	14 ~ 74
자바리		12 ~ 114
벤자리	12 ~ 18	18 ~ 86
독가시치	12 ~ 18	18 ~ 15
벙에돔	14 ~ 18	18 ~ 88
배도라치	16 ~ 26	26 ~ 74
노래미	26 ~ 30	30 ~ 142
취노래미	28 ~ 33	33 ~ 88

따라서 연안수역의 藻場에서 이들 주요어종의 増殖을 보다 적극적으로 시도하려면 藻場의 유지, 회복과 함께 새로운 주요 연안어종의 藻場의 출현시기, 생활시기 및 藻場을 떠나는 시기를 고려한 幼稚魚期의 생활장소 조성 및 응용기술의 開發이 크게 요구된다.

## 제 2 절 防潮堤 주변해역에 설치되는 漁具에 대한 魚類의 行動

### 1. 定置網 漁具

정치망은 어류가 遊泳하는 지점에 위치를 일정하게 고정하여 설치하는 어구로서 그물을 海中의 정해진 지점에 고정하여 설치하는 기술도 어렵지만 魚類가 遊泳하여 통과하는 지점을 추정하는 것은 더욱 어렵다. 이러한 어류의 유영로를 魚道라고 하는데 정치망어업에서의 魚道の 選定은 어획에 크게 관계가 있다.

따라서 정치망에 대한 魚類 行動을 분석하는데는 魚道を 무시할 수 없으므로 魚道, 길그물에 대한 어류의 행동, 통그물에 대한 어류의 행동 그리고 潮流의 影響에 대하여 조사하였다.

### 가. 魚道

일반적으로 外海의 魚群이 정치망이 부설된 연안에 來遊하는 동기에는 다음과 같은 것이 있다. ① 産卵期의 연어와 같이 河川으로 올라가기 위해, ② 방어와 같이 外海에서 회유 도중에 灣을 발견하고 灣으로 들어가기 위해, ③ 청어, 정어리, 고등어와 같이 연안에 산란하기 위해, ④ 정어리와 같이 계절에 따라 연안에 來遊하기 위해, ⑤ 전갱이와 같이 아침에는 움직임이 없다가 저녁에 외해로부터 연안에 來遊하기 위해, ⑥ 방어와 같이 天候, 海況의 영향에 따라 연안에 來遊하기 위해서 등이다.

魚道の 형성에 관한 환경요인 가운데 중요한 것을 들면 魚礁, 底質, 等深線 및 魚付林 등이다.

(1) 魚礁 : 어초에서 어군을 유인하는 효과가 큰 것은 표면이 凹凸모양을 하고 있는 것, 물결모양으로 복잡한 것, 海藻가 무성한 것, 해저에서 높아 솟아 커다란 기복의 斜面이 큰 것 등이다.

정치망의 길그물과 魚礁의 위치와의 관계에서 Miyamoto(宮本)는 어초가 그물 입구쪽에 散在하여 여러개가 있는 경우에는 자연 유도의 길그물로서의 효과가 있으므로 길그물은 魚礁의 前方에 있어야 한다고 하였으며, Yamasita(山本)도 그림 8.1와 같이 길그물의 중앙부에 暗礁가 산재하고 있는 것은 어군 유도상 문제가 있어서, 日本 三重縣의 방어 어장의 경우 통그물로부터 220m정도 앞의 길그물 중앙부근의 전방, 수심 50m인 곳의 제 1의 暗礁에 벤자리 큰어군과 방어, 도미 등이 모여 있고, 또한 같은 위치의 길그물의 後面에는 제 2의 暗礁가 있어 거기에도 어군이 밀집하고 있었다. 다음해에는 그림 8.2와 같이 길그물을 제 1, 2의 暗礁 앞에 놓았더니 前年の 약 2.5배 어획을 올렸다. 이는 제 2의 暗礁가 제 1의 暗礁에 모인 어류를 誘引하는 장애물이 되었다고 생각된다고 하였다.

(2) 底質 : 해저의 저질은 암반으로 되어 있는 곳보다 泥土가 많은 편이 좋다고 할 수 있는데 그것은 해중에 浮泥를 발생시키기 때문이다. 浮泥란 해저의 泥土가 조류에 의해

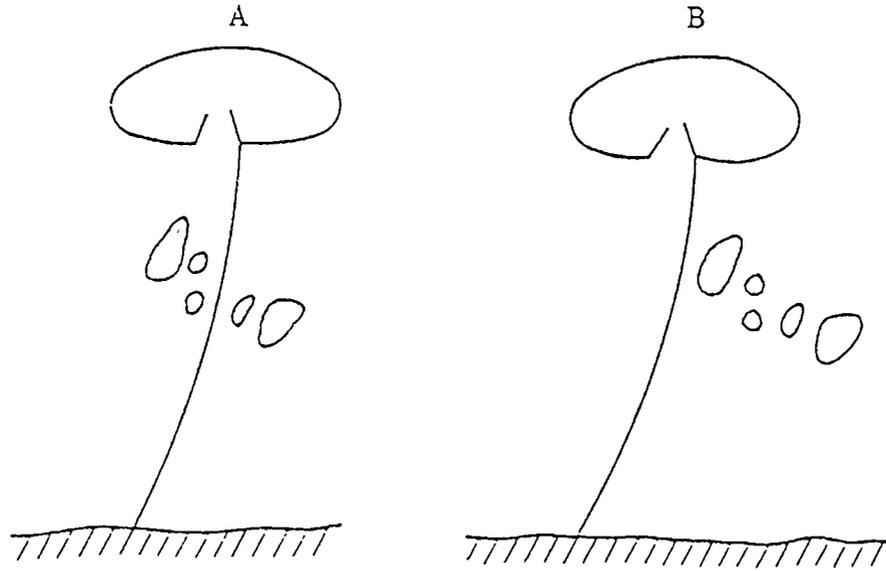


그림 8.1 暗礁의 位置와 菌絲網의 配置(山本)

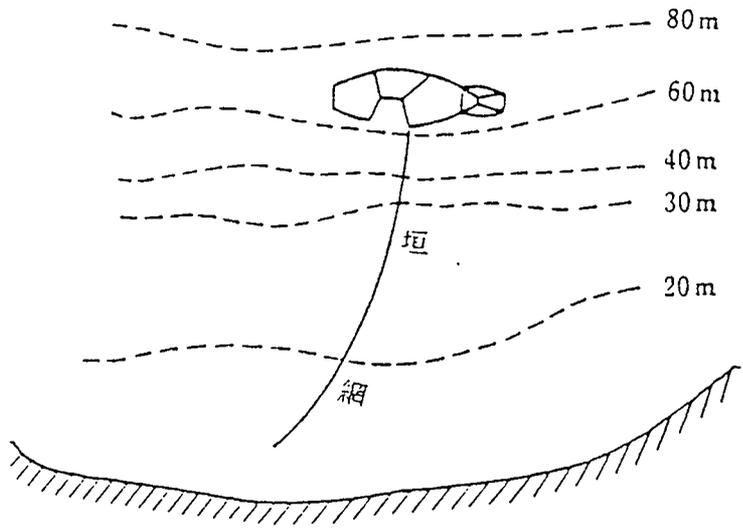


그림 8.2 等深線과 길그물의 設置

교란되어 발생하는 혼탁물인데 潮流는 외해로부터 연안을 향해 밀려드는 경우가 많기 때문에 海底의 傾斜線을 따라 砂泥를 떠올려 海中에 혼탁물을 발생시킨다. 이 혼탁물이 거의 가라앉을 무렵 방어진 外海에서 연안에 來遊하기 쉽다. 이러한 혼탁물의 발생으로부터 보면 저질은 펄이 좋으며, 泥砂, 砂, 貝殼砂 순으로 좋다고 한다. 따라서 정치망 어장은 해저의 변화가 많은 곳으로 浮泥를 발생하는 泥質이 좋으며 또한 黑砂도 해저의 반사광선이 작아 安全層의 형성이 좋다고 하였다.

(3) 等深線 : 魚道の 형성상 가장 기본적인 요인으로 생각되며 좋은 어장은 등심선이 밀집되어 있어서 어군이 반드시 그 장소를 통과한다고 한다. 等深線이 드물게 이루어진 장소에서는 어군의 분포가 수평적으로 넓게 퍼져 있으며 등심선이 많은 곳에서는 어군이 밀집하므로 정치망의 부설장소로서는 漁場의 要諦가 되는 等深線이 밀한 곳을 선정하는 것이 좋다.

(4) 魚付林 : 연안의 樹林이 무성한 곳에는 고기가 모이는데 이러한 것을 魚付林이라 한다. 그곳에는 樹林의 그늘이 해면을 어둡게 하는 외에 곤충류 등 고기의 먹이나 유기물을 수중으로 공급하기도 하고 프랑크톤의 발생을 촉진하여 魚類에게 휴식의 장소를 제공하기 때문에 어류가 來遊하여 체류한다.

#### 나. 길그물에 대한 魚類의 行動

길그물의 작용은 길그물과 만난 어군이 길그물을 따르도록 하여 통그물로 유도하는 것이지만 어류는 길그물에 대해 원칙적으로 다음 2가지의 行動을 취한다. 첫째, 어류는 等深線에 평행하게 이동한다는 것, 둘째, 障礙物을 만나면 깊은 곳으로 향한다는 것이다. 첫 번째 원칙에 의해 길그물을 等深線에 平行하게 놓으면 길그물을 따라 어군을 흩어지게 하지 않고 통그물까지 유도하기 쉽다. 두 번째의 원칙에 의해 길그물을 等深線에 직각으로 놓으면 魚

道を遮斷하는 범위는 가장 넓으며 魚群을 통그물이 놓여진 깊이로 향하게 하기 쉽다. 실제로 이 두가지의 원칙은 優劣을 가리기 힘들므로, 중간의 형태를 취하여 그림 2와 같이 길그물의 출발점에서는 等深線과 약 40~50°의 각도를 갖도록 하고 중간, 또는 끝부분인 통그물 가까이에서는 등심선에 직각으로 하는 것이 좋다.

#### 다. 통그물에 들어간 魚類의 行動

통그물 속에서의 어류의 행동은 입구에 대한 入網行動 및 脫出行動, 입망한 후 운동장에서의 행동, 비탈그물에 대한 행동 및 魚捕部에서의 행동으로 나누어 조사해보았다.

(1) 入口에서의 行動 : 전갱이에 대한 觀測 例를 보면 전갱이는 입구를 통과하는 경우 55m인 입구의 중앙을 큰 군을 이룬 상태로 지나가며 전체의 입구 통과량은 入網에서 30%, 出網에서 20%, 出入不明에서 50%인 것이 알려졌다.

(2) 운동장에서의 行動 : Inoue(井上)의 觀測 例에서는 입구를 통과한 어군은 거의 막다른 곳까지 나아가며 막다른 곳에 부딪친 어군은 분산되지 않고 비탈그물 쪽, 혹은 운동장 쪽으로 나아간다. 그때의 進行方向은 막다른 곳에 도달한 때의 進行角度에 의해 결정된다고 한다. 연어, 참돔은 운동장내에서 심하게 上下運動을 반복하며, 고등어, 꼬치고기 등의 어군은 곧바로 魚捕部를 향하지 않고 운동장, 비탈그물부근을 旋回하는 것으로 나타났으며, 방어는 크게 회유하여 단시간에 魚捕部로 들어가는 것으로 나타났다.

(3) 비탈그물에서의 行動 : 비교적 얇은 遊泳水深을 유지하면서 비탈그물로 접근하며, 비탈그물을 올라가는 군은 비탈의 바닥그물에는 접근하지 않고 일정한 유영수심(5~8m)을 유지하여 통과한다. 그 경우 중앙에서부터 外海側으로 통과하는 것이 대부분인 것으로 보고되고 있다.

(4) 魚捕部에서의 行動 : 어포부로 들어간 어군은 그물내에서 旋回하는 것이 많으며 선회하고 있는 중에 유영수심은 깊어지며 晝間의 群은 밀도가 높으나 夜間의 群은 밀집도가 낮은 것으로 알려져 있다. 좌우의 兩 魚捕部를 가진 경우 어느 곳에 고기가 많이 들어가는가는 潮流의 영향이 크다. 또한 어포부로부터 탈출하는 고기도 상당히 많다는 것을 標識放流 실험을 통해 확인한 결과도 있다.

#### 라. 潮流의 影響

좌우 양쪽에 어포부가 있는 落網에서 入網比率이 어느쪽으로 편중되는가는 조류의 영향을 많이 받는데 어류는 潮流를 거슬러서 유영하는 走流行動이 강하기 때문이다. Miyamoto(宮本)는 일본 북해도 방어 落網에서의 실험 결과 회유성어류는 남하, 또는 북상 회유시 그들이 指向하는 방향으로 향하려는 행동을 나타내며 흐름이 우측 어포부에서 좌측 어포부로 흐르는 경우, 다랑어, 어린 다랑어, 만새기, 고등어와 같이 表中層을 유영하는 어류이거나, 大回遊를 하는 원양성 어류들은 우측 어포부에 많이 들어가고, 방어는 좌우 어포부에서 差異가 없었으며, 돔, 넙치는 좌측 어포부에 약간 많아 앞의 浮魚類와는 다른 행동을 보였다고 하였다.

## 2. 刺網 漁具

그물코에 고기가 꽂히도록하여 잡는 어구와 그물감에 고기가 얽히도록하여 잡는 어구를 刺網이라 하는데 그물코에 꽂히는 어류는 정어리, 고등어, 삼치, 방어, 참조기 등과 같이 어느 정도 遊泳力을 가지고 있으며, 어군의 各 個體의 크기가 균일한 어종에 이용되고 있으며 그물감에 얽히는 魚種은 상어, 참치와 같이 개체가 매우 커서 그물코에 꽂히는 것만으로는 잡히지 않는 어종, 혹은 어군의 各 개체의 크기가 균일하지 않는 어종, 또는 넙치, 가자미, 새우, 게 등과 같이 遊泳力이 느리고 體形이 그물코에 꽂히기 어려운 어

종에 이용되고 있다.

Miyamoto(宮本)는 刺網의 구비조건으로서 網絲의 유연성이나 어체의 크기에 알맞는 그물코의 크기 이외에도 張力, 縮結의 비율, 그물깊이의 高低를 들고 있다.

가. 魚類가 刺網에 걸리는 과정

어류가 자망에 걸리는 원인으로서는 그물이 고기에게 전혀, 또는 잘 보이지 않기 때문이라고 하는 視覺상의 조건을 먼저 들 수 있다. 그러므로 刺網은 야간조업이 많고 그물감은 물속에서 잘 보이지 않는 mono-filament 섬유를 사용하는 것이 좋다.

Ogawa(小川)는 어류는 側線감각이 잘 발달해 있지만, 야간에 유자망에 걸리는 것은 視覺이 작용하지 않는 점, 睡眠遊泳상태에 있는 점 및 流刺網은 수중에 고정되어 있는 것이 아니라 조류와 함께 흐르고 있기 때문에 側線系 감각을 자극하는 파동이 약하기 때문일 것으로 추정하였으며, Inoue(井上)는 저층성인 고기가 底刺網에 걸리는 원인으로서는 探究행동의 개념을 도입하였는데 그물이 무엇인지를 조사하는 어류의 행동에는 그물감에 접촉하여 접촉 감각을 만족시키려는 走觸性도 있을 것이라고 하였다.

Tauchi(田内)는 어류가 刺網에 걸리는 원인으로서는 자망과 마주친 어류는 그물 바로 앞에서 일시 정지하는데, 그물이 波濤에 의해 흔들려 앞쪽으로 기울면 어류는 그것을 뒤따르려고 하여 앞으로 나아가고, 그물이 다시 흔들려서 원래의 위치로 되돌아 올 때 그물코로 어류의 머리가 돌입하는 것과 같은 현상이 일어나기 때문인 것이라고 하였다

#### 나. 潮流와 罹網

어류는 여러가지 자극 중에서 흐름에 대해 쉽게 正位하는데 이를 走流性이라고 하며 많은 실험을 통해 어류의 走流性은 시각과 측선감각에 의한 것이라는 사실이 밝혀졌으며 Uchibashi(內橋) 등은 정어리의 罹網方向과 조류방향과의 관계를 유자망업자들을 통해 설문조사한 결과 游泳방향과 조류방향과 무관하다고 한 것이 6%, 조류방향으로 향하여 유명하다고 한 것이 51%, 조류에 順應하여 유명하다고 한 것이 41%, 기타 2%였다.

또한, 정어리의 罹網方向은 유자망에 대하여 한쪽 방향에서만 걸린다고 한 것이 66%로 압도적으로 많고, 양쪽 방향에서 걸린다고 한 것이 21%, 기타 13%였다. 이것으로부터 Uchibashi(內橋) 등은 潮流와 游泳방향의 관계에 있어서 조류를 향하는 것과 순응하여 유명하는 것의 비율이 거의 같으나, 罹網時에는 어군이 한쪽 방향으로 향하여 이동하고 있는 것으로 추정할 수 있다고 하였다.

어류가 흐름이 미약하면 흐름을 자극으로 느끼지 않을 것인데, 흐름에 반응하는 水流의 최저한계에 대하여, Nikolski는 어류 전반에 대하여 向流하는 値는 대략  $2\sim 10\text{cm/sec}$ 이며, 특히 멸치는  $5\text{cm/sec}$ 에서 반응하기 시작한다고 하였다.

Kojima(兒島)는 날치에 대하여 흐름의 방향과 유자망에 의한 罹網방향과의 관계를 日本 島根縣 濱田 연안과 근해에서 낮과 아침, 저녁으로 나누어 조사하였는데, 조사결과는 날치가 그물에 대하여 흐름과 같은 방향으로 꽂히는 것을 潮上側, 흐름에 거꾸로 꽂히는 것을 潮下側이라 할 때, 근해에서 8회의 조업에서 罹網尾數의 95~99%가 潮上側에서 罹網되고 조류에 거꾸로 꽂히는 것은 대단히 적었다고 하였으며, 연안에서는 潮上側에서 78%, 潮下側에서 22%가 罹網되었으나 양측에서 거의 평균적으로, 또는 潮下측에서 많은 경우도 있었는데, 이와 같이 연안과 근해에서 날치의 走流行動에 차이가

나는 것은 산란생태와 관련이 있는 것으로 추측할 수 있다고 하였다.

#### 다. 刺網에 대한 魚類의 行動

자망에 대한 어류의 행동을 보면 어군이 자망에 접근하여 그물을 感知한 때에는 깊은 곳으로 沈下할 것이라고 하는 생각이 일반적이다.

Nomura(野村)는 日本의 山口縣의 앞바다에서 정어리 자망에 대한 정어리군의 반응을 魚探機로 조사한 결과, 어군은 대략 15~40m의 깊이를 유지하여 유영하고 있으며 자망어구의 돌음줄의 깊이는 45~60m이고 그물은 돌음줄 아래로 18m 깊이였다. 어획량을 조사한 결과, 돌음줄의 깊이와 魚群의 깊이의 차이가 12~28m일 때 어획량이 많았다. 이러한 결과에서 만약 돌음줄을 어군의 깊이와 같게 하거나 얇게 한다면 어획을 거의 기대할 수 없다는 것을 알았는데 이는 刺網의 투망에 의해 어군이 놀라서 전반적으로 침하하기 때문인 것이라고 하였다.

刺網을 설치할 때, 어류의 유영방향과 함께 遊泳水深을 추정할 필요가 있다. 어류의 유영수심은 수온, 시각, 천후, 해황, 照度, 外敵의 존재 등이 거의 동시에 영향을 미치기 때문에 예측하기는 어려우며, 결과적으로는 자망의 權網位置로부터 추정하여 판단할 수밖에 없다.

Yoza 등은 야간에 닭새우의 遊泳水深을 자망에 걸린 닭새우의 깊이방향의 위치로부터 추정하였는데 닭새우는 8월과 9월에 해저에서 불과 19cm 정도의 높은 곳에서 최대밀도로 유영하며 유영높이의 上限은 70cm 전후인 것을 알았다. 또, 月齢이 닭새우의 權網과 관계가 있는지의 여부를 확인 한 결과 달빛이 증가함에 따라 야간의 유영행동이 둔화되며, 그 때문에 權網尾數의 감소를 초래하는 것으로 추정할 수 있었다고 하였다.

### 3. 낚시 漁具

낚시에는 대낚시, 손낚시, 끝낚시, 주낙 등이 있는데 그 대부분은 천연미끼나 인공미끼를 사용하는데 미끼가 갖고 있는 誘引性의 강약이 어획에 크게 관계된다.

#### 가. 낚시 미끼에 대한 고기의 行動

魚類는 낚시 미끼를 시각, 취각, 미각, 청각 등으로 認知한다. 주간에 투명도가 높은 수중에서는 視覺으로 먼저 미끼를 발견하지만, 흐린 물속이나 야간에는 臭覺, 味覺 등 화학적 감각이 우선한다. 그러나 취각성 어류에서는 晝間이라 하더라도 시각의 의존도는 낮을 것이다.

Tamura(田村)는 농어 幼魚(체장 4~6cm)의 攝餌 감각에 대한 수조실험 결과, 농어 유어는 원거리에 있는 먹이를 발견하여 그것에 유인될 때 관계되는 감각은 주로 視覺이며 그외에 振動감각도 중요하나, 특히 움직임이 있는 먹이에 주의를 기울인다고 하였으며 어류가 먹이에 반응하는 경우에는 가장 잘 視認할 수 있는 방향에 먹이가 있는 경우에 효과가 크며, 물체의 모습을 가장 잘 발견할 수 있는 방향은 어종에 따라 차이가 있다고 하였다, 예를 들면, 참돔, 붉돔 등은 전방의 아랫쪽에, 방어, 썸뱅이 등은 전방에, 농어, 전갱이, 가다랑어 등은 전방의 윗쪽에 視軸이 있으므로 그 방향에 있는 먹이를 잘 발견할 수 있다고 하였다.

Yamaguchi(山口)는 황어에 대한 수조에서의 攝餌行動 관찰과 다랑어류의 現場에서의 낚시에 의한 漁獲 결과를 병행하여 다랑어류의 섭이행동을 다음과 같이 추정하였다.

(1) 황어는 수조속에서 이동하는 먹이에 대하여 遊泳하면서 입을 벌려 단숨에 삼키는 filter feeding 방식으로 섭이하는데, 메달아 둔 먹이에 대해서는 먹이 바로 앞에서 일단 정지하여 씹는 동작으로 포식하는 sucking 방식으로

攝餌한다.

(2) 황어의 낚시에 의한 漁獲에 가장 적당한 미끼는 그 크기가 입술의 길이와 거의 비슷한 길이이며, 미끼로서 적당한 크기는 어획 대상어 體長の 0.09~0.10배인 체장의 고기이다

(3) 황어의 索餌 욕구가 가장 왕성한 시기는 완전히 空腹인 때가 아니라 위속에 어느정도의 먹이가 들어가고 난 뒤이며, 다른 고기와의 경쟁에 의해 광분적인 索餌 상태일 때 낚시에 의한 어획의 기회가 많다고 하였다.

#### 나. 낚시 漁具에 대한 魚類의 行動

낚시 바늘에 걸린 고기가 어느정도의 힘으로 낚시줄을 잡아당기는가에 대한 기초적인 연구에서, Ooshima(大島)는 외줄낚시를 대상으로 고기가 순간적으로 잡아당기는 最大引張力을 측정하였다. 實驗魚는 쏜뱅이, 잿방어, 줄벤자리, 능성어, 참돔, 쥐치 등이었는데, 당기는 힘이 비교적 약한 쏜뱅이는 體重과 최대인장력이 대체로 比例하였으며, 인장력을 고기의 체중 100g당의 값으로 換算하여 각 어종에 대해 比較하면 잿방어가 最大이고, 참돔, 능성어, 줄벤자리, 쥐치의 順이라고 하였다.

동일 어장에서 사용되고 있는 구조가 다른 낚시어구에 의한 어획물과 釣獲率의 차이에서 고기의 행동을 추정할 수가 있는데, Arimoto(有元)는 3종류의 저연승을 사용하여 어획시험을 실시하였다. 사용된 底延繩으로는 선주낙, 着底주낙, 離底주낙이며 어군탐지기를 이용하여 200~400m 등심선을 따라 투승하였다.

선주낙의 어획율은 3회 조업에 평균 28.2%, 着底주낙은 4회에 31.7%, 離底주낙은 3회에 11.0%로서 離底주낙이 가장 어획율이 낮았는데, 이러한 결과를 종합하여 추정한 고기의 행동은 다음과 같다. 눈퉁바리는 着底주낙에는 걸리지 않고 선주낙이나 離底주낙에 걸리는 것은, 보통 해저로부터 임의의

높이만큼 떨어진 곳을 유영하는 경우가 많기 때문이며, 홍감펍은 모든 어구에서 많이 어획되었으나 離底주낙의 모릿줄에 붙인 낚시에서는 어획이 적었는데 선주낙의 아릿줄이나 離底주낙의 추줄과 같이 수직줄에 매단 낚시에서는 어획이 확인되었다. 따라서 홍감펍은 海底를 중심으로하여 索餌활동을 하며, 해저에서 떨어진 水層에서도 색이활동을 하므로 그 수직분포 범위가 다른 어종에 비해 넓은 것으로 생각된다. 붕장어, 금눈돔 등은 선주낙의 해저 쪽 낚시나 着底주낙에서 많이 어획되므로, 주로 해저에서 색이행동을 하며, 해저에서 떨어져 상층으로 浮上하여 미끼를 먹는 경우는 적었다.

#### 4. 통발 漁具

통발어업의 대상어족은 대부분 高級水族이 많으며, 어구어법 및 조업의 간편하고 능률적이며 어획물의 鮮度가 뛰어나고 특히 海底地形이 不規則한 곳에서의 조업이 가능하다는 등의 장점이 있는 어구이다. 통발에 수족이 들어가는 원인으로서는 餌料의 誘引효과, 수족의 走觸성, 통발의 逃避목표로서의 遮蔽效果 등을 들 수 있다.

##### 가. 魚類가 통발에 들어가는 行動

통발은 수족의 索餌행동을 이용하는 漁法이지만, 미끼의 誘引효과와 수족의 走觸성이 동시에 작용한다고 볼 수 있다.

미끼있는 통발과 미끼없는 통발에 의한 어획의 비교를 통한 미끼의 誘引 효과에 관한 수조실험에서 Inoue(井上)는 줄새우의 活動性은 주간과 야간에 차이가 있으며, 일몰전부터 2~3시간이 가장 활발하고 그 이후에는 잠잠해지기 때문에 실험을 10~16시 사이에 실시하였는데, 그 결과는 통발에 들어간 마리수는 미끼의 종류에 따른 差異는 그다지 없으나, 미끼있는 통발은 미끼없는 통발의 5배였으며, 통발과 접촉한 마리수도 3배나 되었고 최초로 통발에 들어가는 시간도 미끼있는 통발이 2배나 빠르다고 했다.

Miller는 게에 대한 水槽실험에서 미끼있는 통발과 미끼없는 통발의 漁獲을 比較한 결과를 보면 미끼없는 통발보다 미끼있는 통발에 들어간 게가 3배가 많았으며 통발에 게가 접근하거나 들어간 원인으로는 미끼의 誘引性만이 아니라, 게의 相互鬪爭的인 行動도 관계하며, 투쟁에 敗한 게의 退路 혹은 숨을 곳을 찾는 행동도 있다고 하였다.

Koike(小池)는 통발入口의 형상이나 위치가 수족을 통발로 들어가게 하는 중요한 요소라는 것을 지적하였는데 대형게를 잡는 대부분의 통발은 통발의 상면에 入口 1개를 붙인 上口型이었으나, 연안에서 소형의 게를 잡는 통발에서는 橫口型이 사용되고 있으며 대부분의 새우통발도 橫口型이다. Inoue(井上)가 줄새우를 이용하여 橫口型 통발과 上口型 통발에 대한 入籠尾數를 조사한 결과는 橫口型 통발이 上口型 통발보다 入籠尾數가 약 4배 많았다. 이는 줄새우가 수조내에서 그다지 유영하지 않고 기어 다니는 것이 많아 橫口型의 입구가 줄새우와 遭遇할 수 있는 빈도가 높으며, 통발을 쉽게 발견할 수 있기 때문일 것이라고 하였다.

Miier는 흐름에 대하여 직각으로 입구가 향하도록 설치한 橫口型 통발에 게가 들어가는 비율은 上口型 통발보다 떨어지며, 接近尾數의 7%에 불과하였는데 이는 미끼의 냄새가 오는 방향과 통발입구의 방향이 다르기 때문이며 입구의 발견이 곤란하고 통발주변에서 일어나는 다른 게와의 투쟁적인 만남도 관계하기 때문이라고 하였으며, 흐름에 대하여 평행하게 향하여 입구가 설치된 橫口型 통발에 대해서는 접근한 게의 65%가 통발에 들어갔는데, 이것은 게가 미끼의 냄새 匂配에 유도되어 입구로 향하고, 곧바로 통발에 들어갔기 때문이라고 하였다.

통발에는 그 容積으로부터 구해지는 物理的인 收容量을 상당히 밀도는 生物的인 飽和收容量이 존재하는데, Inoue(井上) 등은 소형의 통발에 줄새우가 다수 들어가면 통발에 들어간 새우는 제각기 공격적으로 변하여 勢力圈 다

틈을 하고 있는 것처럼 보이며 실제로 그 경우 통발 속의 새우가 網口로부터 脫出하는 것이 관찰되었으며, 포화수용량은 물리적 수용량보다 상당히 낮은 값을 가져, 그것을 초과하는 경우에는 새우가 통발에 잘 들어가지 않고 들어간 새우도 잘 逃避한다고 하고, 그 원인으로서는 새우의 세력권행동 내지는 個體의 空間占有行動에 기인하는 것이 분명하다고 하였으며, Miller도 수조실험에서 계통발에도 飽和收容量이 존재하는 것을 확인하였다고 하였다.

#### 나. 魚類가 통발에서 나가는 行動

통발에 들어간 새우가 脫出하는 경로는 網口와 網目の 2가지 통로가 있다. Inoue 등은 북쪽분홍새우의 모형통발과 실물통발에서의 새우 脫出行動을 비교한 결과 ① 통발 속의 새우는 상대방의 干涉이나 反撥에 의해 활동이 많아져서 탈출을 유발하고, ② 그 경우 소형새우가 대형새우의 위협을 피하기 위해 浮上하여 탈출하는 것이 많아 지며, ③ 모형통발에서의 탈출이 많은 것은 통발이 작아서 새우가 점유할 수 있는 공간이 좁고, 또한 입구의 漏斗網이 짧아 망구로부터의 탈출이 용이하며, ④ 실물통발은 용적이 모형통발의 7배이지만 시간이 경과하여 야간이 되면 脫出 尾數가 증가하며, 또한 북쪽분홍새우의 망목으로부터의 탈출행동을 보면 머리 부분이 망목으로부터 빠져 나갈 수 없다는 것을 경험하게되면 꼬리 부분을 망목 밖으로 내밀어서 점차 뒷걸음쳐서 頭胸部까지 빠져나가면 힘차게 뛰어 올라 그힘으로 단숨에 그물 밖으로 탈출하는 것이 확인되었다고 하였다.

Koike(小池) 등은 북쪽분홍새우 통발 입구의 漏斗網 끝에 덮개를 붙여 통발을 들어 올릴 때만 入口가 닫혀서 망구로부터 새우가 탈출하지 못하게 하고 보통의 통발과 어획미수를 比較한 결과, 덮개를 붙인 통발의 漁獲은 덮개를 붙이지 않은 통발의 약 1.5배여서, 이로부터 통발을 들어 올릴 때 새우가

직경 9cm의 입구로부터 상당량 脫出하고 있는 것을 확인하였으며, 무당계에 있어서도 동일하며, 계에 標識를 붙여 조사한 Ishida(石田)는 통발에 들어간 계의 80%가 入口로부터 脫出한다고 하였다.

### 제3절 防潮堤 周邊海域에 적합한 漁具漁法の 모델

연안 천해역에 대한 대규모의 干拓事業이나 臨海工業團地 組成을 위한 매립사업 및 변화되어가는 연안 해저지형과 함께 소멸되거나 손실되어가는 藻場으로 인해, 魚類는 幼稚仔魚 時期의 좋은 생활 據點을 잃어버리는 등 연안 어장이 현저히 손상되고 있다.

따라서, 이에 대한 對策으로 대규모 간척사업이 이루어지고 있는 새만금 방조제 주변해역의 복잡한 海底 地形에 적용 가능한 漁具漁法에 대해 관련 자료를 수집하고 분석한 결과, 방조제 構築物, 潛材, 人工魚礎 등 불규칙한 해저지형에 조성된 어장에서의 어업활동은 정치망어업, 자망어업, 낚시어업, 통발어업 등이 가능할 것으로 分析되어 이에 대한 구체적인 어구어법을 提示한다.

#### 1. 定置網 漁業

定置網은 연안에 유영해오는 어류는 무엇이든지 漁獲對象이 되지만 동해구나 남해구와는 달리 西海區는 조류의 흐름이 빠르므로, 어구의 규모가 큰 落網類보다는 비교적 규모가 작으며 유속이 빠른 急潮漁場에서도 부설이 가능한 昇網류의 어구가 적합하다.

昇網은 길다란 길그물 끝에 헛통그물을 부설하고 헛통그물의 벽에 원추형으로 된 자루그물을 여러개 부착하고 어구전체를 닻, 멍 또는 말목으로 敷設한 것으로, 연안에 내유해오는 어군이 길그물에 차단되어 통그물속으로 誘導된 후 자루그물 속으로 들어오도록하여 어획하는 것이다. 이때 자루그물은

통그물 속의 어군이 쉽게 찾을 수 있도록 통그물의 곳곳에 모서리를 만들고 그 끝에 부착하므로 자루그물의 數는 통그물의 모서리수와 같은 것이 대부분이다. 따라서 昇網漁具는 자루그물의 수에 따라 二角網, 三角網등으로 부르며 八角網까지도 있다.

그러나 새만금 防潮堤 부근은 急潮漁場에 속하므로 조류의 유향과 유속을 고려한다면 그림 8.3, 그림 8.4와 같은 二角網이나 三角網을 선정하여 부설하는 것이 타당할 것이다.

昇網에 있어 가장 중요시 되는 점은 통그물 속의 어군이 자루그물로 쉽게 유도되고 한 번 들어온 고기는 다시 탈출하지 못하게 하므로 자루그물은 통그물의 모서리에 부착하고 자루의 내부에는 대나무나 PVC 파이프로 만든 둥근 고리테를 직경이 큰 것부터 차례로 부착하여 전체를 원추형으로 만들고 고리테마다 갈대기 그물을 부착한다. 또한 통그물의 하단에 까래그물을 부착하기도 하나 急潮漁場인 새만금 防潮堤 어장에서는 까래그물이 조류에 날려 통그물 속의 어군을 놀라게 하거나 자루그물을 振動시키기 때문에 부착하지 않는 것이 좋다. 대상어종은 숭어, 삼치, 농어, 우럭, 도미류, 전어, 갑오징어, 쥐치 등으로 다양하며 조업은 간조시가 되었을 때 배를 타고 자루그물쪽으로 들어가서 그것의 앞끝을 들어 올리고, 그 속의 고기를 뒷끝쪽으로 몰아가면서 차차로 들어 올린 후 뒷끝을 풀어 어획물을 털어내면 되며, 작업 인원은 2~3명이면 가능하다.

## 2. 刺網 漁業

고기가 그물코에 꽂히게 해서 어획하는 어구류로서 그물은 길다란 직사각형 띠모양이고, 흐름에 수직으로 놓이게 하기 위하여 그물의 윗전에는 뜬을, 아랫전에는 발들을 부착한다. 遊泳力이 강하거나 유영속도가 큰 고기일수록 잘 꽂히기 때문에 이러한 어종을 주대상으로 하되 어획대상어의 體長이 균

일하고 어군이 농밀한 경우에 주로 쓰인다.

이 어구에서 무엇보다 중요한 것은 고기가 그물을 認識하지 못하는 것이기 때문에 주간조업보다는 야간이 유리하고 그물실은 가늘어서 잘 보이지 않아야 한다. 또한 그물코의 크기를 어체의 몸통 둘레에 적절히 맞추어야 하며, 그물감 자체의 특성은 한 번 낚힌 고기를 다시 빠져나가지 못하도록 할 수 있어야 한다.

이와같은 刺網漁具는 그 구조상 표층자망, 중층자망, 저층자망으로 나눌 수 있고, 사용방법상으로는 固定刺網, 流刺網, 旋刺網으로 나눌 수 있지만 새만금방조제 주변해역은 수심이 낮고, 해저지형이 방조제 構築物, 潛材, 人工魚礎 등으로 불규칙하게 되어 있으므로 固定 底刺網을 저층에 부설하여 사용하는 것이 타당하다.

고정자망이란 어구의 일부 또는 전부가 닻 또는 멍 등으로 일정위치에 고정되는 자망류로서 해저에 고정하는 것을 底刺網이라 하지만, 수심이 낮으므로 어획대상은 가자미류, 도미류, 볼락, 양태, 양미리, 전어, 준치, 조기, 게, 새우, 병어 등과 함께 표중층 어종도 어획이 가능하다.

漁具의 構造는 주대상어종에 따라 다르나 도미류, 우럭, 볼락, 쥐치 등을 대상으로 하는 어구를 보면, 그물감은 나일론 210Td 6~9합사, 그물코의 크기 86.6mm를 주로 사용하며, 뜬줄의 성형율은 55%정도이고, 발줄의 길이가 뜬줄의 길이보다 약 5% 길다. 이러한 어구를 50幅 정도 준비하여 1일 25幅씩 교대하여 사용한다. 漁期는 4~11월이나 5월과 9월에 양호하며, 어선은 5톤이하로서 2~3명이 승선 조업할 수 있다.

또한, 가자미류와 게류 등을 대상으로 얻히도록하여 잡는 홀 엽에 底刺網은 나일론 그물감 210Td 3합사 120mm 그물코를 사용하며, 뜬줄의 成形率은 약 38%, 발줄의 성형율은 약 35%로 주름을 많이 주어 대상어종이 잘 얻히도록 한 어구를 해저 바닥에 고정시켜 조업한다. 어구는 10~20폭을 준비하

여 5~10폭을 1組로하여 매일 교대로 사용하는데, 투망은 오후 4~5시경에 하고 양망은 다음날 새벽 6시경에 한다.

연중 조업이 가능하나 2~5월에 어획이 양호할 것으로 기대되며, 어선은 2~3톤급에 2명이 승선하면 조업이 가능하다. 고정 저자망어구와 홀 얽에 底刺網 어구의 예를 도시하면 그림 8.5, 그림 8.6과 같다.

### 3. 낚시 漁業

낚시 漁具類는 낚시에 미끼를 끼우거나 고기가 좋아하는 색채, 형광물 등을 부착하여 그것에 유인된 고기를 낚아 올리는 어구류를 말하며 외줄낚시, 끌낚시, 주낙 등으로 나눌 수 있다. 그러나 西海岸의 새만금 防潮堤 주변해역의 해저 지형특성을 고려한다면 이곳에 적합한 낚시어업은 외줄낚시 어업이다.

외줄낚시 어업이란 목적물을 한 마리씩 낚아 올리는 것을 주목적으로 한 것이며, 구조상 한가닥의 줄에 한 개의 낚시를 달지만, 2개 이상을 다는 것도 있으며, 낚시대를 쓰는 대낚기, 낚시대를 쓰지 않는 손줄낚기가 있다.

대낚기는 수면 가까이나 육안 기슭 가까이에 있는 대상물을 어획하기 위한 것이며 낚시대로 낚시의 위치를 조절하고, 손줄낚기는 주로 깊은 곳에 있는 것을 어획하기 위한 것으로 대낚기에 비하면 낚시줄이 길고 낚시대가 없으나 긴 낚시줄을 정리하기 위한 자세가 있어야 한다.

그러나 沿岸의 小型漁船에서는 대낚기는 잘 사용하지 않고 손줄낚기를 주로 사용하고 있으며, 방조제 부근해역에서 조업하기 적합한 도미, 불락용 외줄낚시와 농어, 능성어 외줄낚시의 예를 들어보면 그림 8.7, 그림 8.8과 같다.

### 4. 통발 漁業

통발이란 나무, 대나무, 금속, 합성수지 등으로 여러 가지 틀을 제작하고

그것을 같은 재료로 엮거나, 또는 그물감이나 철망 등으로 씌워서 만든 통모양의 어구인데, 수산동물이 통발속으로 誘引되도록하여 어획하여야 하므로 誘引用 미끼를 사용한다.

통발은 어구 구조가 단순하고 船舶艤裝이 간단한 소극적 어업이지만, 미끼로 인한 유집작용이 뛰어나고, 鮮度가 좋은 고급어종을 어획할 수 있으며, 油類사용이 적어 에너지 절약형 어구이면서, 海底의 起伏이 심한 지형이나 방조제 주변같은 障礙物이 많은 해역에서도 조업이 가능한 어업이다.

이러한 통발어업이 연안의 內灣에서 게를 어획하거나 남해안과 동중국해에서 장어류와 꽃게 등을 어획하는데 그치고 있지만, 앞으로는 연근해어업에서 다양한 어종을 대상으로 적극 활용하여야 할 것이다. 새만금 주변해역에 敷設하기 적합한 통발은 봉장어통발과 우럭통발을 들 수 있는데, 봉장어는 그물통발에서도 일부어획되고 있지만 봉장어통발은 대나무 또는 플라스틱으로 된 긴 원통형에 한쪽은 막고, 한쪽은 깔대기를 부착한 입구가 있으며, 入口의 내경은 12cm 정도이고 길이는 60cm 정도이며, 25cm 길이의 깔대기를 입구 끝에 씌워 구성한다. 플라스틱 통발은 전체적인 모양은 대통발과 같은데 통발벽에 지름 1cm 정도의 구멍이 550개 정도 나 있어 통발내의 물빠짐을 좋게 하고 있다. 操業은 오후 5시경 等深線이나 海底의 골을 따라 미속으로 전진하며 投繩하고, 다음날 오전 6시경 揚繩한다. 漁具는 약 300~500개를 준비하여 100~200개를 1組로하여 여러곳에 분산 투승한다. 漁期는 연중 가능하나 5~6월에 어획이 양호하며, 어선은 5톤이하에 4명정도 승선하면 가능하다.

우럭통발은 지름 9~12mm내외의 철사로된 원통 틀에 PE 260D 9~15합사 20~22mm그물코 내외의 그물감을 씌우고 옆면에 깔대기 모양의 入口가 2~3개 있는 통발에 미끼를 넣어 대상생물을 유인하여 잡는다. 潮汐干滿의 差가 심한 서해의 방조제 부근에서는 停潮時에 투승하고 다음 停潮時에 양승하는

것이 원칙이나, 투승 후 2~3시간 대기하였다가 양승하여도 된다. 통발의 간격은 일반적으로 5m 범위로 하고 어구는 약 20개를 1組로하여 총 100~150개를 여러 곳에 분산 투승한다. 漁期는 연중 조업 가능하나 4~5월과 10~11월에 어획이 양호할 것이며, 漁船은 2~5톤급으로 3명 승선으로 가능하다. 붕장어통발과 우럭통발을 도시하면 그림 8.9, 그림 8.10과 같다.





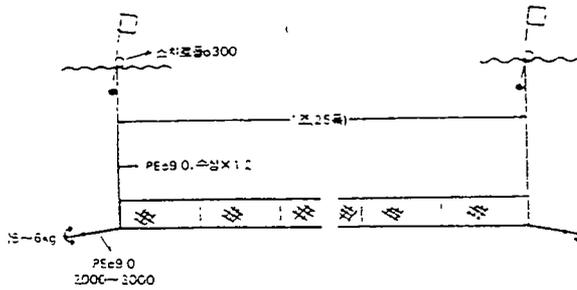
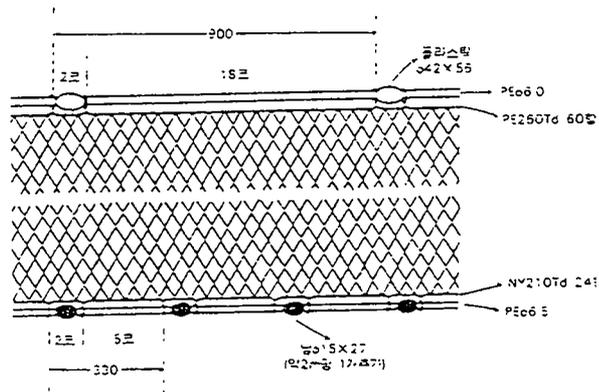
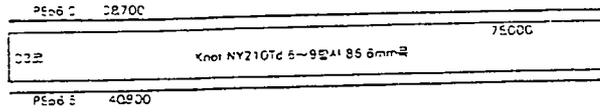


그림 8.5 固定刺網 어구의 예(도미, 우럭류)

PE17 15 200		
203	Knot NY210Tc 3단A, 121.2mm <sup>2</sup>	303 000
PE2.5 105 600		

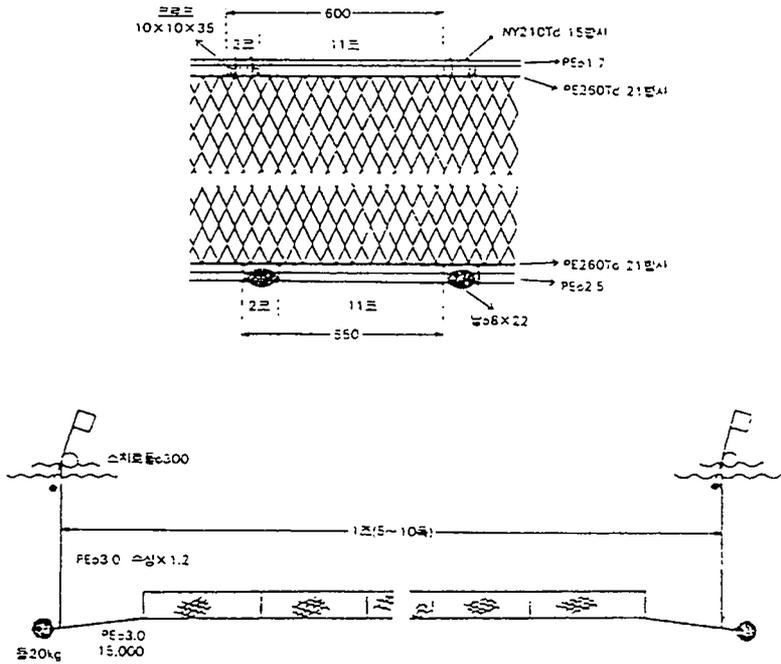


그림 8.6 홀 엽에 底刺網 漁具의 例(가자미류)

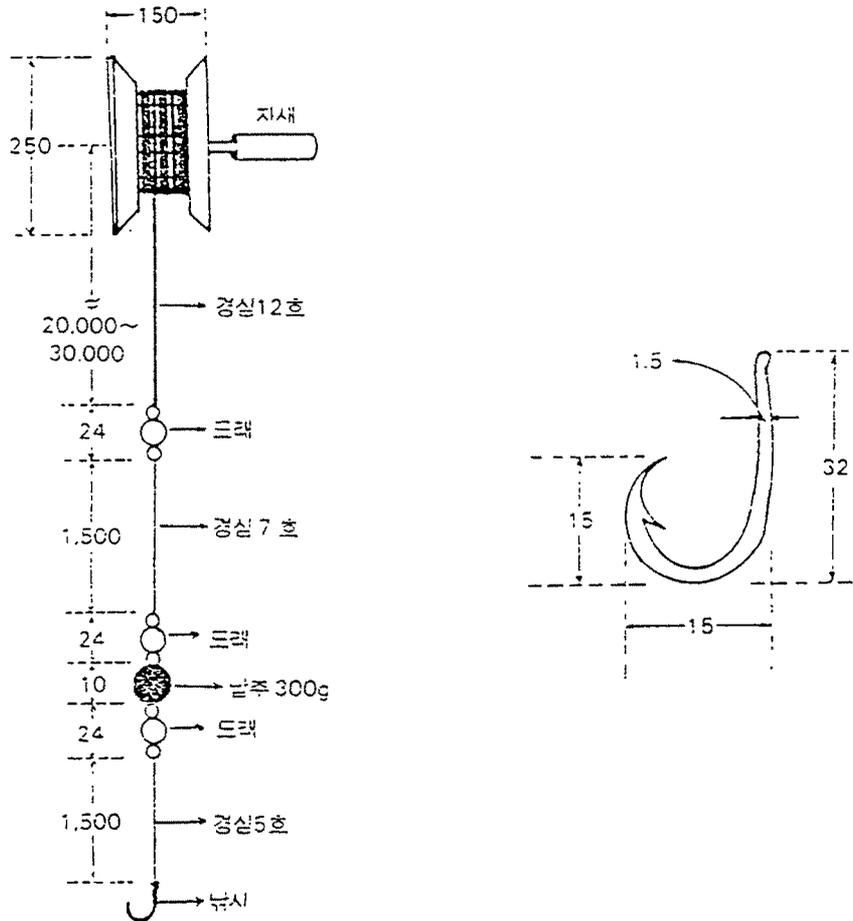


그림 8.7 외줄낚시 漁具의 例(돔, 불락류)

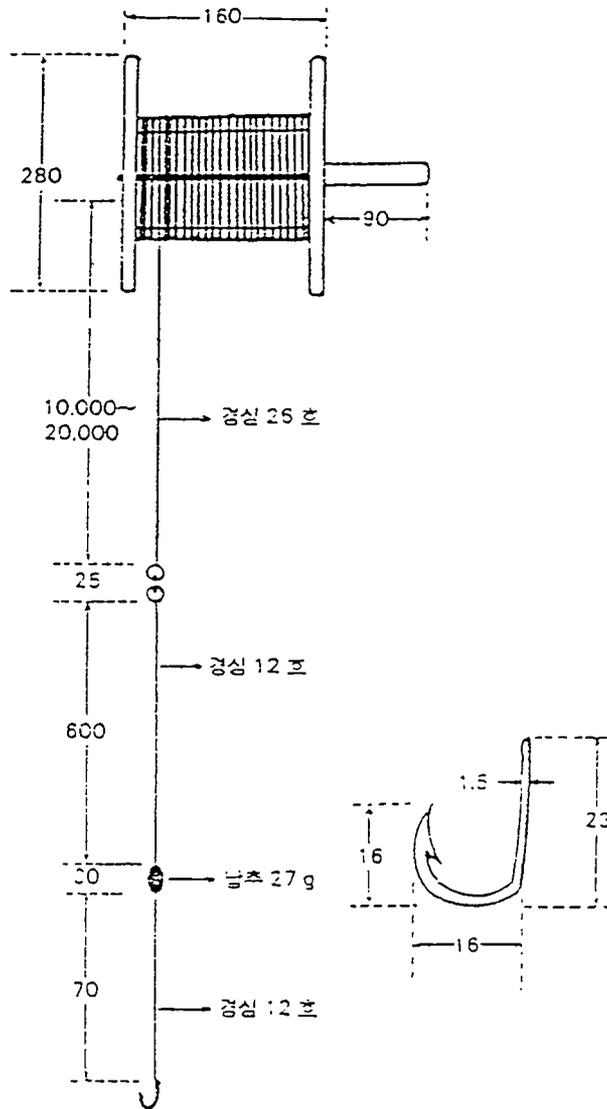


그림 8.8 외줄낚시 漁具의 例(농어, 능성어류)

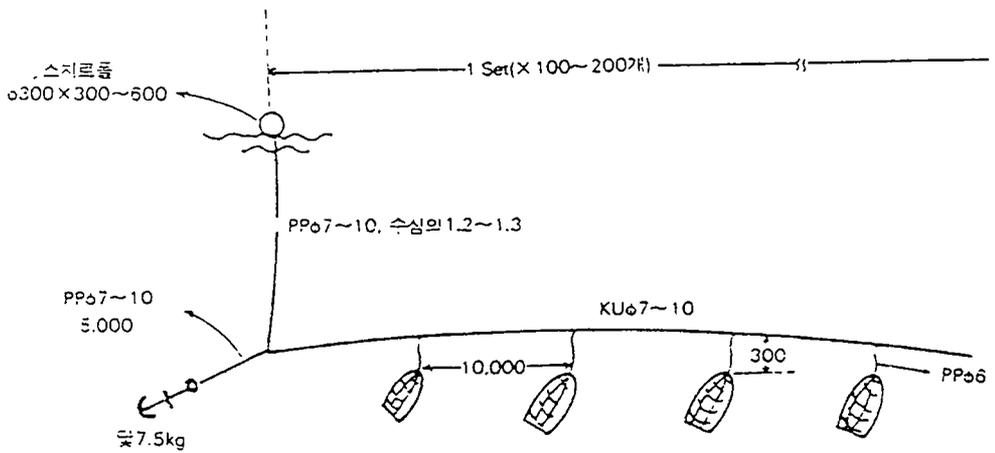
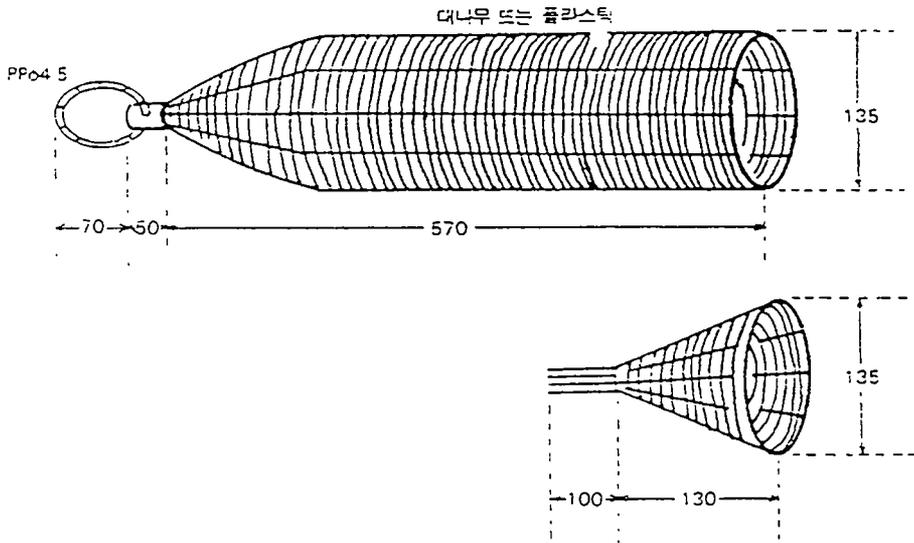


그림 8.9 통발 漁具의 예(붕장어)



## 9. 結 論

국토확장사업의 일환으로 대규모적인 해면간척사업과 산업이 발달 함으로써 요구되는 대규모적인 항만건설, 인공섬축조, 방파제, 외곽시설등의 공사가 생물생산이 높은 장소인 연안해역에서 진행되고 있다.

이러한 사업이 경제성이 높다고 하여도 인간생활의 쾌적과 안전을 위한 자연환경의 보존 및 수산자원보존의 견지에서 더욱 환경을 보존하면서 해상토목공사가 실시되어야 한다고 본다. 즉 수면을 육지화 하므로써 그 주위에서 어떠한 환경변화가 일어날 수 있으며 환경변화에 어떻게 대처할 것인가 하는 대책도 마련하여 Mitigation의 견지에서 개발에 따른 영향을 최소한으로 줄이고, 손상된 환경을 복원하고, 또한 이러한 것들이 불충분한 경우에는 새로운 환경을 재생, 창조하여 전체적으로 환경영향을 零으로 하는 방법이 모색되어야 한다.

따라서 해면간척사업등의 해상공사로 인하여 손실된 어장환경을 보완하기 위하여 해면간척사업과 해안보존을 위하여 축조된 수십Km의 방조제(예: 새만금간척사업)를 이용한 어장환경조성기술개발을 위하여 새만금 방조제 축조 전후의 조석, 조류, 조류와 밀도류·바람이 포함된 잔차류의 특성을 규명하고, 방조제 전면에 잠재를 설치하여 어류의 난·치어의 이동특성에 대하여 규명하여 수산의 관점에서 mitigation의 가능성은 있는가를 알아본 결과 잠재설치는 mitigation의 가능성이 있다고 판단되었다. 결론을 요약하면

1. 계산 결과로 부터 얻어진  $M_2$ 분조류에 의한 조석응력에 의한 조석잔차류는 방조제 축조 전의 조석잔차류에서는 대항리에서 가력도사이의 1호방조제가 완성되어 방조제 외해에서 반시계 방향의 순환류가 형성되고 있었으며, 방조제 내해에서 시계 방향의 순환류가 형성되고 있었다. 선유도

외해에서도 반시계 방향의 순환류가 형성되고 있었다. 또한 금강, 만경강과 동진강하구에서 잔차류는 하천수의 영향을 받는 것으로 판단된다.

2. 방조제 축조 후의 조석잔차류에서는 1호방조제 앞부분과 4호방조제 중간 부분에서 방조제 외해에 반시계 방향의 순환류가 형성되고 있었다. 또한 선유도 주변 외해에서도 반시계 방향과 시계 방향의 순환류가 형성되고 있었다. 또한 방조제 축조 전의 조석잔차류에서 나타나지 않았던 곰소와 고창앞 해역에 반시계 방향의 순환류가 형성되고 있었다.

3. 잠재를 설치하였을 때의 조석잔차류에서는 대항리와 비안도사이, 비안도에서 신시도 사이, 4호방조제 중간 부분에서 반시계 방향의 순환류가 형성되고 있었다. 이 흐름은 부유유생의 수송, 확산억제, 침착을 촉진하여 어장환경조성에 기여할 수 있다. 그리고 잠재를 설치한 내측에 파의 靜穩化로 파고가 작아지고 모래의 이동을 억제할 수 있다고 본다. 그러나 배수갑문으로 부터 오염된 오수가 장기간 방출될 경우에는 해역의 환경에 나쁜 영향을 줄 수 있다고 본다.

4. 계산결과로 부터 얻어진 방조제 축조후 고군산의  $M_2$ 분조의 진폭(H: cm) 과 위상(K)은 방조제 축조전 보다 각각 4 cm, 1(K)로 감소하였다. 따라서 방조제 축조 후의 평균해면의 조정이 필요하다고 판단된다.

5. 잠재를 설치한 내측에 파고의 감소로 저기압이동·해일등에 대한 연안 방재효과가 크다.

6. 가을에 관측한 3층data를 쌍곡선함수를 이용하여 객관보간한 수온·염분 결과 수온의 분포는 금강,만경강,동진강 하구부분에서 낮은 분포를 나타내고 있었지만 중층과 하층에서는 일정한 분포를 나타내고 있었다. 그리고 염분은 금강 하구부분의 상층에서 낮은 분포를 나타내고 있었지만 하층에서는 일정한 분포를 하고 있었다.  $\sigma_t$ (Sigma t)는 만경강·동진강 하구보다 금강 하구의 상층에서 낮은 분포를 나타내고 있었고 중층과 하층에서 일정치를 나타내고 있었다.

7. 조석응력결과와 가을의 바람·수온·염분관측자료를 이용하여 전북 연안의 진단Model의 계산 결과 금강·만경강·동진강하구부분상층에서 시계방향의 잔차류가 형성되고 있었다.이 잔차류는 하천수의 영향을 받는 것으로 판단된다. 또한 중층에서는 금강·만경강·동진강하구부분에서 하구 안쪽으로 흐름이 형성되고 있어 하구의 특성을 나타내 주고 있다.하층에서는 상층과 흐름이 반대인 흐름을 형성하고 있었다.

8. 새만금 방조제축조 후 방조제 전면에 잠재를 설치하여 어류의 난,치어의 이동특성에 대하여 규명하여 수산의 관점에서 mitigation의 가능성은 있는가를 알아보고자 대상해역의 흐름특성을 규명한 후 생물특성을 고려한 입자의 추적실험하였다. 그결과 방조제축조 후 방조제 전면에 잠재를 설치하여 어류의 난의 이동특성은 잠재 설치전 보다 난의 이동범위는 작았다.

9. 해면간척사업과 해안보존을 위하여 축조된 수백Km의 방조제와 이안제가 친수성을 고려한 방조제Model로 개발됨으로서 어장환경조성사업을

통하여 어업생산성을 높이기 위하여 활용할 수 있다.

개발된 생태변화Model을 이용하여 현재 재배어업의 큰 문제로 되고 있는 방류직후 치어의 거동을 확실히 규명하는데 활용할 수 있으며,또한 효과적인 방류를 하기 위해서는 방류치어의 크기,방류장소,방류시기를 결정하기 위한 방류치어의 행동특성,방류해역의 유동,해황특성을 규명하는 데도 활용할 수 있다. 또한 유생분산 수치실험에도 활용이 기대된다.

## 参考文献

1. Shin Moon Seup, Lee Jong Nam (1991): An analysis of diffusion by probability method, journal of Korean society of coastal and ocean engineers, 8.
2. Shin Moon Seup, Lee Jong Nam, Ko Byeng Uk, Park Sang Bai (1991): Diffusion pre-estimate of soil by pump dredging work, 34, Korean society of hydrology.
3. Yanagi T., Tsukamoto H., Inoue H. and Okaichi T. (1983): Numerical Simulation of Drift Cards Dispersion, La mer, 21, 218-224.
4. Yanagi T. (1979): Vertical residual flow in Kasado Bay, J. Oceanogr. Soc. Japan, 35, 168-172.
5. Yanagi T., Takeoka H. and Tsukamoto H. (1982): Tidal energy balance in the Seto Inland Sea, J. Oceanogr. Soc. Japan, 38, 293-299.
6. Yanagi T. (1978): Fundamental study on the tidal residual circulation, J. Oceanogr. Soc. Japan, 34, 67-72.
7. Bagnold, R.A., 1946. Motion of waves in shallow water, interaction between waves and sand bottoms, "Proc., Royal Soc. of London, Series A, Vol. 187
8. Benque J.P., J.A. Cunge, J. Feullet, A. Hauguel, F.M. Holly (1982): New method for tidal current computation., Proc., ASCE, Vol 108, No. WW3, pp. 396 - 417.

9. Davies, A.G., 1983. Wave interactions with rippled sand beds, Physical Oceanography of Coastal and Shelf Seas, Elsevier Oceano. Series.35
10. Dinh Q.V., B.Mantel, J.Periaux, R.Glowinski(1986) : On the numerical simulation of incompressible viscous fluids modelled by the Navier-Stokes equations, related domain decomposition methods., Proc. of Int. Symp. on Refined Modeling of Flows, pp. 275 - 317.
11. Fredsoes, J., O.H. Andersen and S. Siberg, 1985. Distribution of suspended sediment in large waves, Jour., ASCE, Vol.111, No. WW6, pp1041 ~ 1095
12. Grant, W.D. and O.S. Madsen, 1979. Combined wave and current interaction with a rough bottom, J. Geoph. Res.
13. Hashimoto, H., Hayakawa, N., Tsuchimoto, G., 1983. Velocity distribution and suspended sediment concentration over large scale ripples., Coastal Eng. in Japan, Vol.26.
14. Hayakawa, N., Tsuchimoto, G., Morishita, K., 1985, The mechanism of suspended sediment transport over ripple bed., Proc. of Coastal Eng., JSCE, Vol.32., (in Japanese)
15. Homma, M., Horikawa, K., 1964, Suspended sediment due to wave action., Proc. of Coastal Eng., JSCE, Vol. 11, (in Japanese)
16. Homma, M., Horikawa, K. and Kajima, R., 1965. A study of suspended sediment due to wave action. Coastal Eng. in Japan., 8:85 ~ 103.

- 17.Horikawa,K.,Watanabe,A. and Katori,S.,1982. Sediment transport under sheet flow conditions., Proc.18th Int. Conf. on Coastal Eng.,pp1335~1352.
- 18.Hosoi,M., Inagaki,A.,1975, Distribution of suspended sediments by waves., Proc. of Coastal Eng.,JSCE, Vol. 22., (in Japanese)
- 19.Inman,D.L.,1957. Wave generated ripples in nearshore sand, B.E.B.Tech.Memo., No.100
- 20.Kamphuis,J.W., 1974. Determination of sand roughness for fixed beds,Jour. of Hydraulics Reaearch, Vol.12,No.2,Delft the Netherlands,
- 21.Kaneko,S.,1980. Sand ripple length generated by oscillatory flow.,Proc.of Coastal Eng., JSCE, Vol.27.,(in Japanese)
- 22.Kennedy,J.F.,and Falcon,M.,1965. Wave generated sediment ripples,"Report No.86, Department of Civil Engineering, Hydrodynamics Laboratory, Massachusetts Institute of Technoloty, Cambridge,Mass.,Aug.
- 23.Kim et al,1991. Geometry of sand ripples generated by combined wave and currents, Proc. of Civil Eng., JSCE, Kansai Chap.(in Japanese)
- 24.Kim,K.H., Sawaragi,T., Deguchi,I.,1992. Rearrangement of ripple spacing and concentration of suspended sediment on ripples, Proc.of Coastal Engineering,JSCE,Vol.39,(in Japanese)

25. Kim et al, 1992. Geometry and dynamics of ripples due to regular and irregular waves, Technology Reports of the Osaka Univ., Vol.43, No.2140
26. Kennedy, J.F. and Locher, F.A., 1987. Sediment suspension by water wave, in wave on beaches, R.E. Meyer(ed), Academic Press.
27. Lofquist, K.E.B., 1978. Sand ripple growth in an oscillatory-flow water tunnel, CERC Tech. Paper, No.75-5
28. Madsen, O.S., Grant, W.D., 1980. Sediment transport in the coastal environment, Rept. No.209, Dept. Civil Eng., MIT.
29. Miller, M.C., and Komar, P.D., 1980. A field investigation of the relationship between oscillation ripple spacing and the near-bottom water orbital motion, Jour. of Sedimentary Petro.
30. Skafel, M.G and B.G. Krishnappan, 1984. Suspended sediment distribution in wave field, Jour., ACES, Vol.110, No WW2, pp.215~230
31. 干拓工學 (著者:林迎春, 申東壽, 申文燮:1988), 出版社:京文社
32. 水産土木工學 (編著者:李種南, 申文燮:1987), 出版社:京文社
33. 申文燮(1990): 海域에서 土砂投下에 따른 濁水塊 舉動에 관한 研究 (第32會 水工學研究發表會 論文抄錄集)
34. 申文燮(1990): 海域에서 土砂投下에 따른 濁水塊 舉動에 관한 研究 (慶熙大學校 博士學位論文)
35. 申文燮(1990): 海域에서 土砂投下에 따른 濁水塊 舉動에 관한 研究 (韓國海岸·海洋工學會誌 第2券)

- 36.申 文 燮(1991):鹽水投下에 따른 鹽水塊 舉動에 관한 研究  
(韓國海岸·海洋工學會誌 第3卷)
- 37.申 文 燮(1990):海域에서 土砂投下에 따른 濁水塊 舉動에 관한 研究 (第32會 水工學研究發表會 論文抄錄集)
- 38.申 文 燮,李 種 南(1991):確率論的 方法을 利用한 擴散解析  
(韓國海岸·海洋工學會發表會論文集)
- 39.申 文 燮,李 種 南(1992):湖內에서 Pump浚渫에 의한 土砂擴散豫測(第34會 水工學研究發表會 論文抄錄集)
- 40.申 文 燮,李 種 南(1992):防造堤築造에 따른 土砂擴散豫測(第34會 水工學研究發表會 論文抄錄集)
- 41.申 文 燮,權 正 坤(1992):不規則波浪場에 있어서의 波向算定 法에 의한考察 (韓國海岸·海洋工學會發表會論文集)
- 42.Bagnold,R.A., 1946. Motion of waves in shallow water, interaction between waves and sand bottoms,"Proc.,Royal Soc. of London, Series A, Vol.187
- 43.Benque J.P., J.A.Cunge, J.Feullet, A.Hauguel, F.M.Holly(1982) : New method for tidal current computation., Proc., ASCE, Vol. 108, No. WW3, pp. 396 - 417.
- 44.Carstens,M.R., Neilson,F.M., and Altinbilek,H.D.,1969. Bed forms generated in the laboratory under an oscillatory flow analytical and experimental study, "TM-28,U.S.Army,Corps of Engineering Research Center, Washington, D.C., June

45. Davies, A.G., 1983. Wave interactions with rippled sand beds, Physical Oceanography of Coastal and Shelf Seas, Elsevier Oceano. Series.35
46. Dinh Q.V., B.Mantel, J.Periaux, R.Glowinski(1986) : On the numerical simulation of incompressible viscous fluids modelled by the Navier-Stokes equations, related domain decomposition methods., Proc. of Int. Symp. on Refined Modeling of Flows, pp. 275 - 317.
47. Fredsoes, J., O.H. Andersen and S. Siberg, 1985. Distribution of suspended sediment in large waves, Jour., ASCE, Vol.111, No. WW6, pp1041 ~ 1095.
48. Grant, W.D. and O.S. Madsen, 1979. Combined wave and current interaction with a rough bottom, J. Geoph. Res.
49. Hashimoto, H., Hayakawa, N., Tsuchimoto, G., 1983. Velocity distribution and suspended sediment concentration over large scale ripples., Coastal Eng. in Japan, Vol.26.
50. Hayakawa, N., Tsuchimoto, G., Morishita, K., 1985, The mechanism of suspended sediment transport over ripple bed., Proc. of Coastal Eng., JSCE, Vol.32., (in Japanese)
52. Hom-ma, M., Horikawa, K., 1964, Suspended sediment due to wave action., Proc. of Coastal Eng., JSCE, Vol. 11, (in Japanese)

- 53.Homma,M., Horikawa,K. and Kajima,R.,1965. A study of suspended sediment due to wave action. Coastal Eng. in Japan., 8:85~103.
- 54.Horikawa,K.,Watanabe,A. and Katori,S.,1982. Sediment transport under sheet flow conditions., Proc.18th Int. Conf. on Coastal Eng.,pp1335~1352.
- 55.Hosoi,M., Inagaki,A.,1975, Distribution of suspended sediments by waves., Proc. of Coastal Eng.,JSCE, Vol. 22., (in Japanese)
- 56.Inman,D.L.,1957. Wave generated ripples in nearshore sand, B.E.B.Tech.Memo., No.100
- 57.Kamphuis,J.W., 1974. Determination of sand roughness for fixed beds,Jour. of Hydraulics Reaearch, Vol.12,No.2,Delft the Netherlands,
- 58.Kaneko,S.,1980. Sand ripple length generated by oscillatory flow.,Proc.of Coastal Eng., JSCE, Vol.27.,(in Japanese)
- 59.Kennedy,J.F.,and Falcon,M.,1965. Wave generated sediment ripples,"Report No.86, Department of Civil Engineering, Hydrodynamics Laboratory, Massachusetts Institute of Technoloty, Cambridge,Mass.,Aug.
- 60.Kim et al,1991. Geometry of sand ripples generated by combined wave and currents, Proc. of Civil Eng., JSCE, Kansai Chap.(in Japanese)

61. Kim, K.H., Sawaragi, T., Deguchi, I., 1992. Rearrangement of ripple spacing and concentration of suspended sediment on ripples, Proc. of Coastal Engineering, JSCE, Vol. 39, (in Japanese)
62. Kim et al., 1992. Geometry and dynamics of ripples due to regular and irregular waves, Technology Reports of the Osaka Univ., Vol. 43, No. 2140
63. Kennedy, J.F. and Locher, F.A., 1987. Sediment suspension by water wave, in wave on beaches, R.E. Meyer (ed), Academic Press.
64. Lofquist, K.E.B., 1978. Sand ripple growth in an oscillatory-flow water tunnel, CERC Tech. Paper, No. 75-5
65. Madsen, O.S., Grant, W.D., 1980. Sediment transport in the coastal environment, Rept. No. 209, Dept. Civil Eng., MIT.
66. Miller, M.C., and Komar, P.D., 1980. A field investigation of the relationship between oscillation ripple spacing and the near-bottom water orbital motion, Jour. of Sedimentary Petro.
67. Murry, S.P., 1979. Settling velocities and vertical Diffusion of Particles in turbulent water, J.G.R., Vol. 75, No. 9, pp. 1647 ~ 1654
68. Nielsen, P., 1984. Field measurements of time-averaged suspended sediment concentration under waves, Coastal Eng., Vol. 8, No. 1, pp. 51 ~ 72.
69. Nakato, T., Locher, F.A., Glover, J.R., Kennedy, J.F., 1977. Wave entrainment of sediment from rippled beds, Proc. ASCE, 103(WW1)

- 70.Nielsen,P.,1979. Some basic concepts of wave sediment transport.,Inst. Hydrodynamics and Hydraulic Eng.,Series paper 20,Tech.Univ.of Denmark, pp.160
- 71.Nielsen,P.,1981. Dynamics and geometry of wave-generated ripples, Journal of Geo. Res., Vol.86, No.C7
- 72.Nielsen,P.,1983. Analytical determination of nearshore wave height variation due to refraction, shoaling, and friction., Coastal Eng., Vol.7, No.3
- 73.Nielsen,A.F., Gordon,A.D., 1984, Sediment responses to natural waves, Proc. 19th International conf. of Coastal Eng.
- 74.Nielsen,P.,1984. Field measurements of time-averaged suspended sediment concentration under waves, Coastal Eng., Vol.8, No.1
- 75.Nielsen,P.,1986. Suspended sediment concentration under waves.J.Coastal Eng. Vol.10 No.1 pp.23~32.
- 76.Skafel,M.G and B.G. Krishnappan,1984. Suspended sediment distribution in wave field, Jour., ACES, Vol.110, No WW2, pp.215~230
- 77.Sleath,J.F.A.,1982. The suspension of sand by waves. J.Hydraul. Res. 20 (5)., pp.439-451.
- 78.Staub,C. et al,1984. Variation of sediment suspension in oscillatory flow. Proc.19th Int. Conf. on Coastal Eng.

- 79.Sakakiyama,T. et al,1985. Sand ripples generated by prototype waves in a large wave flume, Coastal Eng. In Japan, Vol.28
- 80.Sato,S.,K. Mitani,A. Watanabe,1987. The geometry of sand ripples and the net sand transport rate in irregular oscillatory flows, Proc.of Coastal Eng., JSCE,Vol.33.(in Japanese)
- 81.Sawaragi,T., Deguchi,I., Kim,K.H., 1992. Stochastic characteristic and occurrence limit of three-dimensional sand ripples., Proc.of Civil Engineering, JSCE,(in Japanese)
- 82.Vitale,P.,1979. Sand bed friction factors for oscillatory flows,J.Waterways, Harbors and Coastal Eng. Division, ASCE, Vol., No.WW3