

# 남해안의 연안전선 거동에 관한 연구

배상완\* · 김동선\*\*

\*부경대학교 해양산업공학(협), \*\*부경대학교 해양산업개발연구소

## A study of the coastal Front Behavior in the Southern Sea of Korea

Sang-Wan Bae\* and Dong-Sun Kim\*\*

\*Interdisciplinary Program of Ocean Industrial Engineering, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

\*\*Research Center for Ocean Industrial and Development(RCOID), Pukyong National University,

Busan 608-737, Korea

### 1. 서 론

한국 연안에서 하계 태양복사와 담수유입으로 인해 연직적으로 성층이 강화된다. 그러나 연안역은 수심이 얇고 조류가 강하여 해저 마찰로 인해 성층이 파괴되어 수직적으로 혼합이 잘 이루어 지게 된다. 이때 성층화 된 외해역과 연직혼합이 잘 이루어진 연안역 사이에 수온과 염분의 구배가 큰 전선이 형성된다. 전선은 물리적 특성뿐만 아니라 플랑크톤의 분포와 영양염의 분포, 그리고 부유물질의 확산 등과 밀접한 관련이 있는 것으로 알려져 있어(Bowman과 Esaias, 1977) 그 위치와 계절변동을 이해하는 것은 그 해역의 해양생태계를 이해하는데 매우 중요한 일이다.

한국 서해안은 수심이 얇고 조류가 매우 강하여 조석전선이 잘 발달되어 있고, 이에 대한 연구가 많이 수행 되었다. Kim과 Lee(1982)는 제주도 서안의 수직적으로 균질한 해수를 조석혼합과 용승으로 해석하였다. 최(1984)는 황해 및 동중국해에 성층혼합모델을 수행하여 조석에너지 손실량을 근거로한 성층계수의 분포로 조석전선 위치를 추정하였다. 정 등(1990)과 조 등(1995)은 수치모델을 이용하여 한국 남서해역의 조석전선을 simpson과 Hunter(1974)가 이용한 조석혼합에 대한 성층계수 1.5~2.0인 지역에서 조석전선이 형성되며, 조류에 의한 수직혼합 외에 용승작용과 여름철 담수유입에 의한 성층화 등이 조석전선의 위치에 영향을 주는 것으로 추정 하였다. 신 등(1993)은 Simpson과 Hunter(1974)의 혼합효율개념을 이용하여 서해 중부해역의 조석전선을 수치실험 하였다.

그러나 남해와 동해의 경우는 수심이 깊고 조류도 서해 보다 약해 조석전선이 잘 발달하지 못하여 남해와 동해에서의 조석전선에 대한 연구는 미비한 실정이다. 양(1994)은 정기여객선을 이용, 정기적으로 연속적인 남해안 표층수온을 조사하여 해

양전선의 계절변동을 설명하였다. 그러나 남해의 경우 동해보다 수심이 얇고, 조류도 강하여 조석전선의 형성에 있어 동해보다 유리한 조건을 갖추고 있다.

남해안의 전선의 형성과 계절변동을 이해하기 위해 먼저 남해역의 성층계수의 분포를 파악하고, 육상으로부터의 담수유입과 용승작용, 그리고 태양복사에 의한 해면의 열수지 등을 파악함으로써, 남해안의 해양전선의 위치와 계절변동을 추정할 수 있다.

따라서 본 연구는 남해안의 해양전선 형성에 영향을 주는 조류에 의한 조석전선의 분포를 파악하기 위하여 POM(Princeton Ocean Model)모델을 이용하여 수치실험 하였다.

### 2. 자료 및 방법

#### 2.1 조류 수치 실험

POM(Princeton Ocean Model, 2006 version)을 이용하여 남해안에 대한 조류 수치실험은 가로×세로(1km×1km)의 가로 306개, 세로 256개 정방격자를 사용하였다. 해저지형자료는 한국해양조사원의 해도 219와 229를 기반으로 하였으며, 부족한 부분은 836을 사용하였다(Fig 1). 개방경계(open boundary)의 조화상수는 한국해양조사원 검조소의 4대분조(M<sub>2</sub>, S<sub>2</sub>, K<sub>1</sub> 및 O<sub>1</sub>)의 조화상수를 사용하였으며, 계산 시간간격은 CFL(Courant-Friedrichs-Lewy

$$: \Delta t \leq \frac{1}{C_t} \left( \frac{1}{\Delta x^2} + \frac{1}{\Delta y^2} \right)^{-1/2},$$

여기서  $C_t = 2\sqrt{gH} + U_{max}$ ,  $U_{max}$ : 최대 수심평균 속도) 안정조건을 고려하여 10초로 설정하여 총 45일간의 계산을 수행하여 대조기와 소조기의 유속을 구하였다. 유동장의 초기조건은 계산 시작 단계에서 해수유동이 없는 것으로 설정

\*대표저자 : bae-31@hanmail.net, 051)627-0109

\*\* 통신 회원, kimds@pknu.ac.kr, 051)620-6255

하여 계산을 시작하였고, 유동의 폐경계 조건으로는 육지 경계면을 가로지르는 유량은 없는 조건을, 그리고 해저마찰은 Manning의 마찰계수를 이용한 quadratic stress law

$$(\vec{\tau} = C_D \sqrt{U^2 + V^2} \cdot \vec{U}, \text{ 여기서}$$

$C_D = g n^2 \Delta z^{-1/3}$ ,  $n$ 은 manning의 마찰계수,  $\Delta z$ 는 저층 두께) 를 사용하였다.

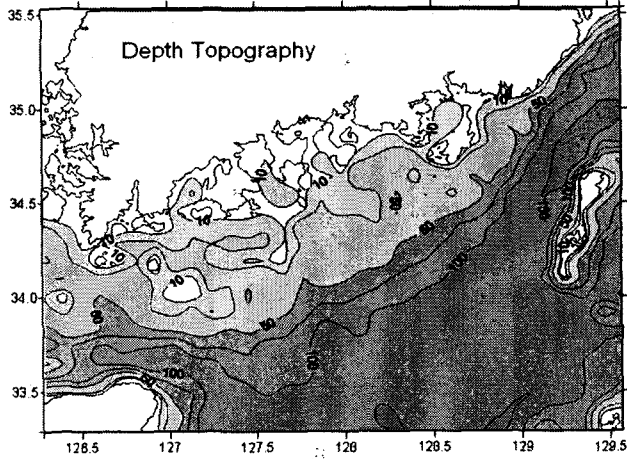


Fig. 1. Depth topography in the Southern Sea of Korea

## 2.2 성층계수

성층계수는 Simpsun과 Hunter(1974)가 제시한 아래와 같은 관계식을 사용하였다.

$$S_v = \log_{10}(H/U^3) \quad (1)$$

여기서  $U$ 는 유속,  $H$ 는 수심을 나타낸다.

유속은 조류수치실험 결과에서 대조기 및 소조기 반일주조의 최대 유속을 사용하였으며, 수심은 최대유속시의 해면변위를 포함한 수심을 사용하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 해수유동

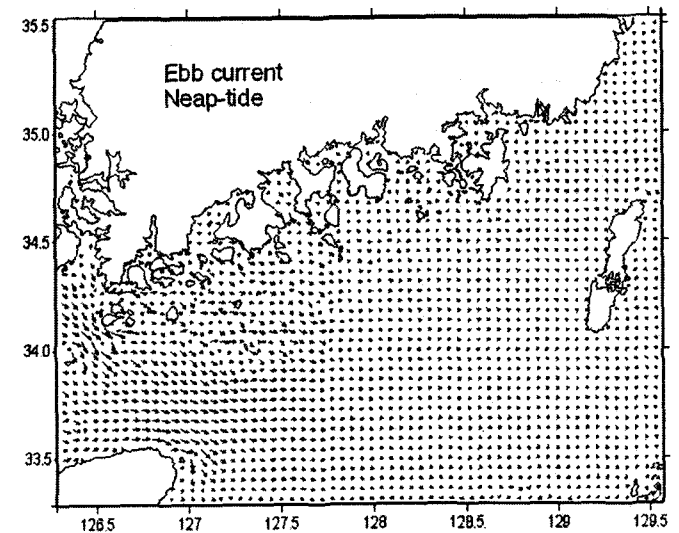
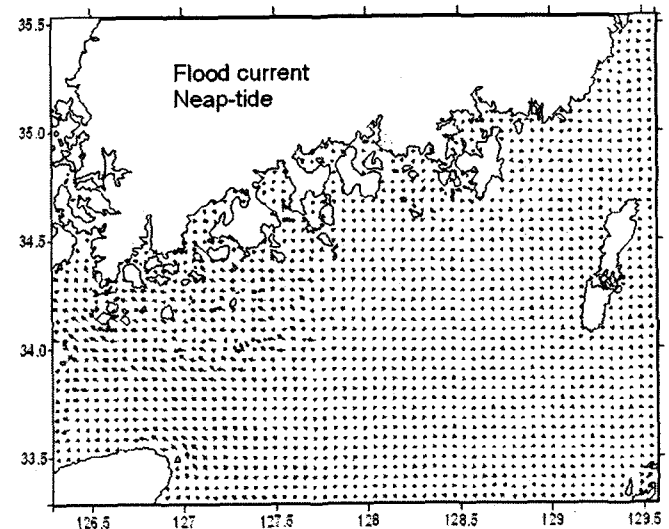
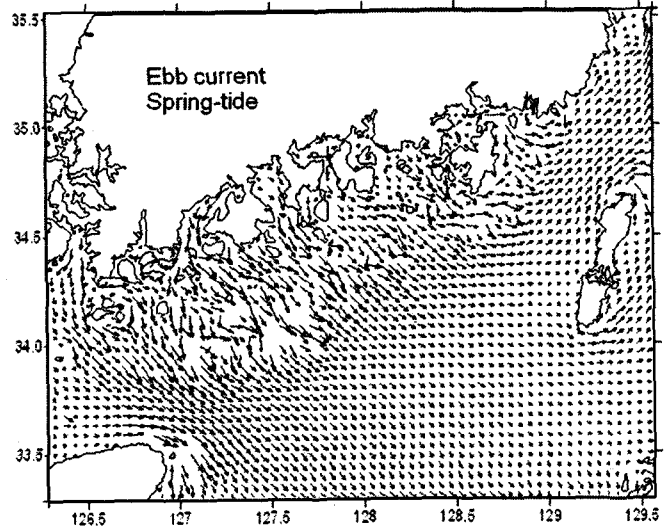
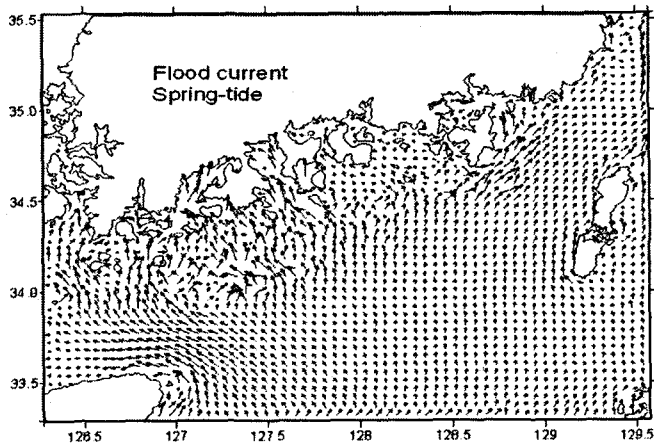


Fig. 2. Flood and Ebb current during neap-tide and spring-tide.

대조기 창조시와 낙조시의 유속은 수심 50m 이내에서 유속장의 변화가 심해지는 경향을 보인다. 남해서부에서의 유속이 남해동부보다 강한 분포를 보이며, 남해동부의 거제도 주변해역에서 강한 유속장이 분포한다. 남해서부의 유속장은 동서성분이 약하나, 남해동부의 유속장은 동서성분이 강하게 나타난다. 소조기 창조시와 낙조시의 유속장은 아주 약한 분포를 보였으며, 남해동부역 보다 남해 서부역의 유속이 강한 분포를 보였다.

### 3.2 성층계수

대조기와 소조기의 평균유속에 대한 성층계수는 Fig. 3과 같다. 소조기의 경우는 유속이 약하여 연안에 접해 있는 분포를 보이고, 대조기의 경우는 남해동부에서 성층계수(Sv)는 1.5~3.0의 분포가 거제도 주변에 약간 분포하여 조석전선의 형성이 어려운 것으로 나타났으며, 남해서부의 경우는 수심이 얕고, 유속이 강하여 육지에서 50km정도 떨어진 지역에서도 분포하였다.

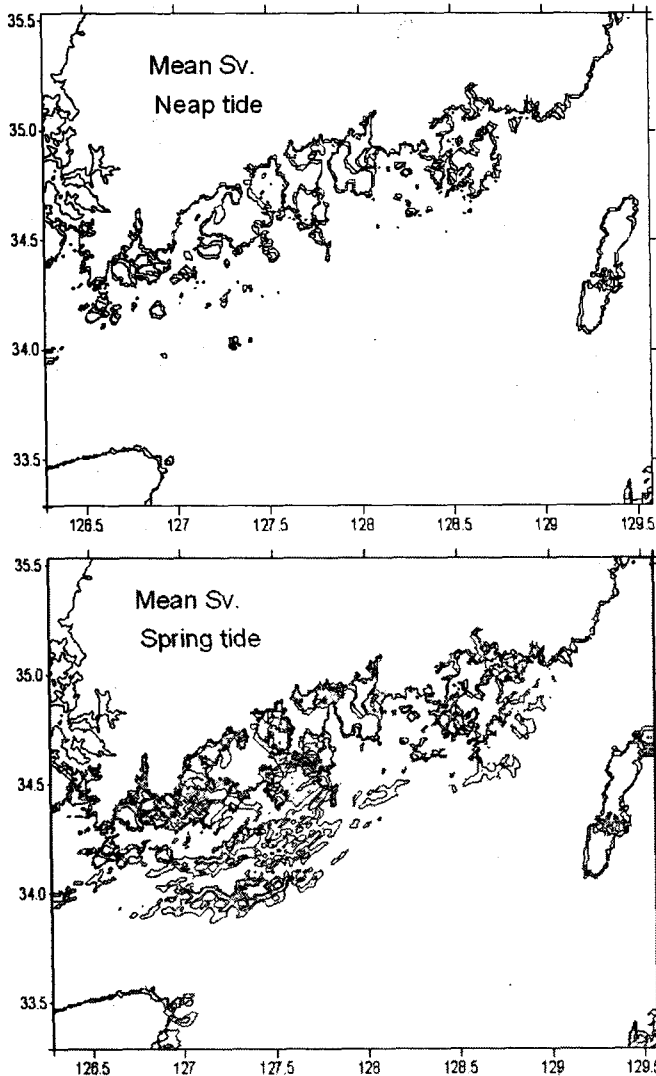


Fig. 3. Distribution of computed averaging Sv during neap-tide and spring-tide.

대조기와 소조기 각각 최고유속 일 때의 성층계수는 Fig.4와 같다. 소조기에는 남해서부 진도와 거문도 주변해역에서 성층계수 1.5~3.0의 분포가 약간 보였다. 대조기의 경우는 남해서부해역의 수심 50m 이내의 대부분의 해역에서 성층계수 1.5~3.0의 분포가 나타났으며, 남해동부 해역에서는 거제도 주변해역에서 나타났다.

국립수산과학원에서 1961~2000년까지의 정선관측 자료의 40년 평균수온에서 한국 남해안 표층수의 경우 동계와 하계 모두 연안역의 수온이 외양역 보다 낮은 분포를 보이고 있으나, 동해의 경우는 연안역의 수온이 낮은 분포를 보이지는 않는다 (Fig. 5.).

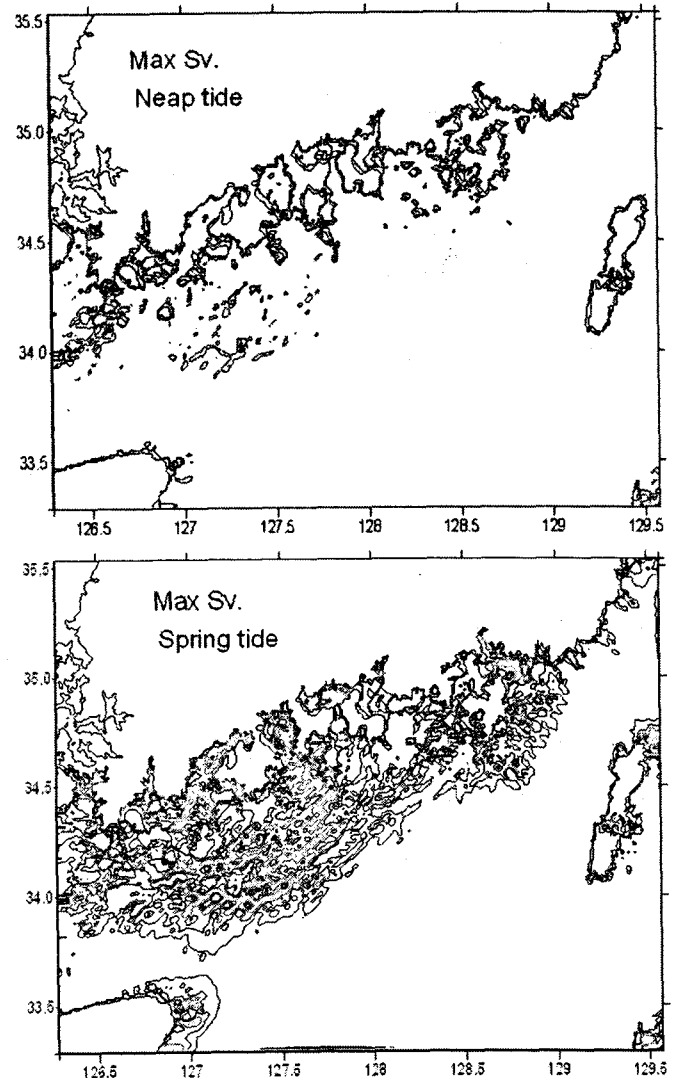


Fig. 4. Distribution of computed maximum Sv during neap-tide and spring-tide.

동계에는 내륙으로 부터의 담수유입이 작고, 해양 수주 내 열수지에서도 태양복사에 의한 표층수 가열이 약하며, 바람에 의한 혼합이 강화되어 성층의 강도가 약화되는 시기이다. 동계인 2월의 표층수온 분포는 Fig. 3의 대조기 성층계수 1.5~3.0의 분포와 유사한 지역에서 수온전선이 형성된 것을 볼 수 있

으며, 연안역과 외양역의 수온차는 6℃ 이상이다. 또한 담수유입과 태양에 의한 해양가열이 강한 하계인 8월에는 대조기의 최대유속일때의 성층계수 1.5~3.0의 분포와 25℃ 등온선과 유사한 형태를 보이며, 연안역과 외양역 사이의 수온차는 4℃ 이내이다.

연직적으로 성층이 약한 동계에 수평적으로 수온의 구배가 심하고, 연직적으로 성층이 강한 하계에는 수평적인 수온 구배가 약하다. 따라서 연안전선의 형성 위치는, 연직적인 성층강도와 수평적인 수온구배가 영향을 미치는 것으로 추정된다.

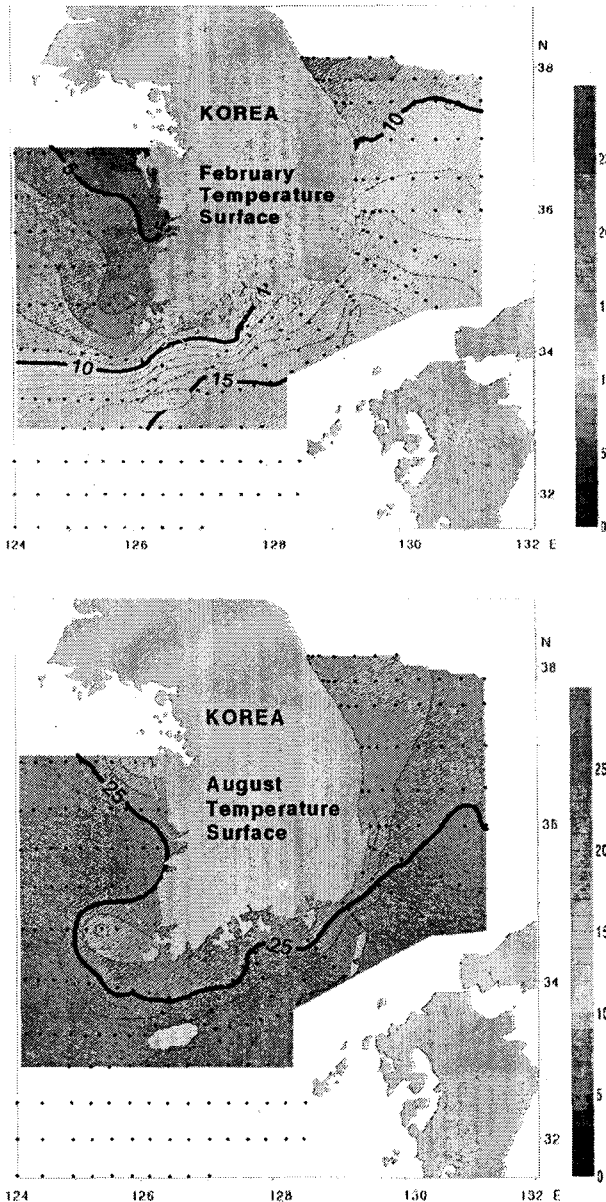


Fig. 5. Mena Water Temperature in February and August (by Oceanographic handbook of the neighbouring seas of Korea(4th edition), National Fisheries Research and Development Institute, 2001)

## 참 고 문 헌

- [1] 한국해양편람, 제4판(2001), 국립수산진흥원
- [2] 신상익, 송영호(1993), 혼합을 개념을 이용한 서해 중부 조석전선의 수치모델, 한국해양학회지, 28(2): 121-131.
- [3] 양성기(1994), 한국 남해연안의 해표면 수온분포와 천해전선의 변동 특성, 한국환경과학회지, 3(2): 111-128.
- [4] 정중률, 이대신(1990), NOAA자료를 이용한 여름철 한국 서안의 조석 전선 연구, 한국지구과학회지, 11(3): 276-282.
- [5] 조양기, 최병호, 정홍화(1995), 한국 남서해역 조석전선의 변화, 한국연안-해양공학회지, 7(2): 170-175.
- [6] 최병호(1984), 황해 및 동지나해의 성층-혼합모델, 대한토목학회논문집, 4(2): 125-132.
- [7] Bowman. M.J. and Esaias. W.E(1977), Oceanic fronts in coastal processes, Springer-Verlag, p. 114.
- [8] Kim, K and Lee, S.H., 1982, Vertically homogeneous water along the west coast of jeju island, J.oceanol. Society of Korea, 17(2): 59-68.
- [9] Simpsun. J.HI, and Hunter, J.R.(1974), Fronts in the Irish Sea, Nature, 250: 404-406.
- [10] Simpsun. J.HI, and D. Bowers(1981), Models of stratification and Frontal Movement in Shelf Seas, Deep-Sea Research, 28A(7): 727-738.