

영일만의 조석잔차류 거동 특성

김종규⁽¹⁾

The Characteristics of Tidal Residual Current in Youngil Bay

by
Jong-Kyu Kim⁽¹⁾

요 약

영일만의 해수순환에 영향을 미치는 조석잔차류와 형산강 하천수의 거동 특성을 규명하기 위하여 2차원 수치모형실험을 수행하였다. 수치모형실험의 결과는 기존의 관측자료들과 잘 일치하였으며, 영일만의 북쪽 달만갭 연안으로부터 포항신항을 거쳐 장기갭 연안을 따라 외해로 빠져나가는 조석잔차류 거동을 잘 재현하였다. 영일만의 잔차류에 대한 조류의 영향은 미약하며 파랑이나 바람에 의한 영향이 크지만 영일만의 전형적인 조석잔차류의 거동에 미치는 형산강 하천수의 역할은 지배적인 것으로 나타났다.

Abstract

The characteristics of tidal circulation with Hyungsan River discharges in Youngil Bay by the numerical experiments is elucidated. For the simulation of tidal residual currents related to inflow by the river discharges in Youngil Bay located in the southeastern part of Korean Peninsula, the two-dimensional numerical experiment is performed. The tidal elevation boundary conditions of the 4 main tidal harmonic constituents (M_2 , S_2 , K_1 and O_1) on the open boundary and river discharges at the river boundary are considered. The computed results obtained from numerical experiment showed good agreements with the field observation ones. The residual currents generally flow toward the inner bay through the western (Dalman-Gap) and central areas of the bay, and then the currents go toward the outer bay along the eastern shore (Changgi-Gap) of the bay with anti-clockwise circulation. Especially, in the numerical experiment without Hyungsan River discharges, these flow patterns are disappeared. Based on the results, it showed that the Hyungsan River discharges play the dominant role in the patterns of tidal residual currents. This flow pattern of tidal residual currents are important mechanism of water quality, material transport in Youngil Bay.

Keywords: Tidal Residual Current, River Discharge, Boundary Conditions, Numerical Experiments, Water Quality

1) 정회원, 부경대학교 해양공학과, kimjk@woougbi.pknu.ac.kr

1. 서론

한반도 동해안 남부에 위치한 영일만은 지리적으로 동쪽의 구룡반도와 남쪽 및 북서쪽이 육지로 둘러 쌓여 있고, 만의 북동쪽이 동해로 개방되어 있으며, 만내 가용면적이 넓어 항만으로서의 충분한 지리적 여건을 갖추고 있다. 만구 폭은 약 10 km 정도이고 남서쪽으로 약 12 km 정도 만입되어 있으며 총 수면적은 약 120 km²이다. 영일만 일대의 수심(Fig. 1)은 장기갑 동방 약 4 km에서 약 50 m 정도인데 만으로 향하면서 점차 얕아져 만구에서는 15~30 m이고, 만 중앙부에서는 대체로 10~30 m의 평탄한 분포를 나타내며 10 m 등심선은 연안으로부터 1~2 km 외해쪽에 분포한다. 영일만 내로 유입되는 하천은 동해안에서 가장 큰 범정 하천인 형산강과 준용하천인 냉천과 여남천 등이 있으며 이들 하천은 영일만내에 유입되는 토사의 주공급원이 되고 있다.

영일만은 동해안의 다른 내만에 비해 수질이 양호하여 어패류 및 해조류의 서식환경에 적합하므로 수산생물의 생산성이 높은 해역이나, 만내

로 유입하는 각종 오폐수량의 점진적인 증가로 인한 수질악화 및 연안해역개발로 인한 만내 해수유통의 변화가 예상되므로 영일만내의 해수유통 특성 파악이 중요시 되고 있다.

해양과 직접적으로 연결된 하천에 있어서의 해수순환의 특성은 하천으로부터의 유출량과 만내에서의 조석에 크게 의존한다. 조석과 하천수의 상호작용에 관한 연구로 Lamb [1945]은 해석적 방법을 통해 수로나 만 등에서의 하천수와 조석의 간소화된 특성을 연구하였으며, Dronkers [1964]는 수치실험을 통하여 연구하였다.

한편, 영일만의 해양물리학적 조사 및 연구는 국립해양조사원이 선박의 안전운행과 항만개발의 기초자료를 제공하기 위하여 해수유통에 대한 조사(국립해양조사원, [1971])를 수행하였으며, 성기탁 등[1993]은 해양관측자료에 근거하여 영일만내의 항류와 조류의 분포 특성을 제시하였으며, 이종섭 등[1995]은 1989~1990년의 관측자료를 토대로 영일만의 해수유통, 확산 및 형산강 유출수의 거동에 대하여 연구하였으며, 최근 이문옥 등[1999]은 2차원 수치실험을 통하여 홍수시 영

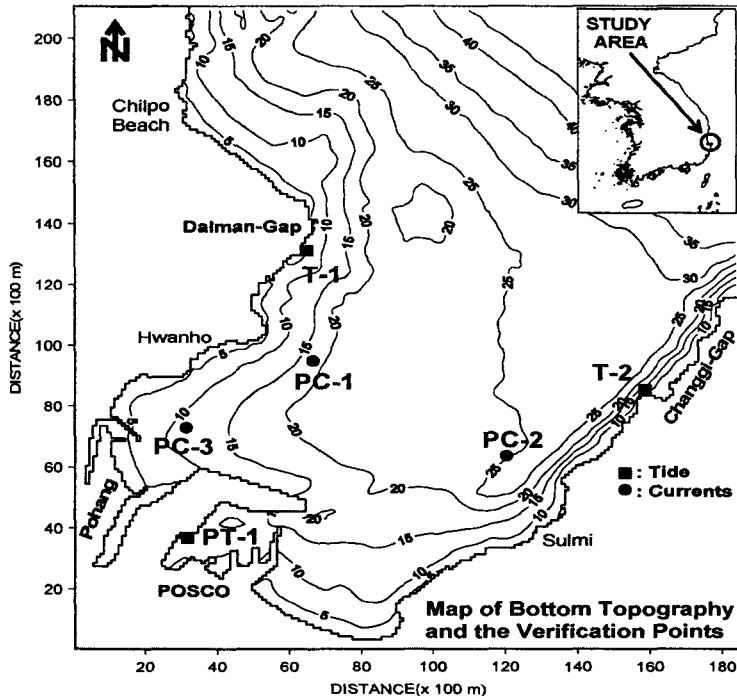


Fig. 1 Schematic of bottom topography and the verification points

일만 내로 유출하는 하천유출수의 거동과 SS 확산특성을 연구하였다. 그러나 기존의 연구결과들은 영일만내의 물질수송에 관한 잔차류 특성의 정량적 결과보다는 정성적 결과의 도출에 주목되었다.

따라서, 본 연구에서는 영일만내에 유입되는 하천수와 연안수와의 연관성을 규명하고자 수치모형실험을 통하여 영일만내의 조석잔차류 및 형산강 하천유출수의 거동 특성을 파악하였다.

2. 자료 및 방법

2.1 유출수 특성

형산강의 유역면적은 1,167 km²이고, 유로 연장은 62.2 km이며, 유역형상은 유역평균폭이 18.8 km, 유역형상계수가 0.3인 장방형이고, 하상의 평균구배는 1/2,500이고, 하류부의 하폭은 약 100 m이다. 연평균 평수량은 17.4 m³/sec이고, 연평균 갈수량은 4.3 m³/s 이며, 계획 홍수량인 100년 빈

도 최대홍수량은 하구에서 3,630 m³/sec이다. 냉천은 유역면적이 78 km², 유로 연장이 19 km의 소하천으로 포항신항 동안 호안에 평행하게 하구도류제를 형성하고 있다. 계획 홍수량은 50년 빈도 홍수량인 571 m³/sec이다.

현재, 형산강 하구에는 송도해수욕장 측면으로 도류제(돌제)가 설치되어 있으며 흐름방향과 평행한 포항종합제철주식회사(POSCO)의 호안이 축조되어 형산강 하천유출수의 흐름을 유도하고 있다.

2.2 조석 특성

일반적으로 동해안의 조석은 매우 적어서 조차가 30 cm 내외에 불과하며 조석형태수가 1.8로서 일주조가 우세하고 일조부등이 매우 현저하며 대·소조차는 각각 7.6 cm와 4.8 cm로 동해안에서도 가장 작으며, 평균해면의 높이(O₁+K₁+M₂+S₂)는 12.3 cm, 2(K₁+O₁)인 회귀조차가 17 cm로서 대조차보다 크게 나타난다. 조석의 반월주기는 대·

Table 1 Tidal Harmonic and Non-harmonic Constants in Youngil Bay(POSCO [1995])

Station		Dalman-Gap(T-1)		Changgi-Gap(T-2)		Pohang(PT-1)	
Period		Mean(Summer · Winter)					
Constant		H (cm)	κ (°)	H (cm)	κ (°)	H (cm)	κ (°)
M ₂ (Hm, Km)		3.3	111.6	3.3	113.4	3.2	117.9
S ₂ (Hs, Ks)		0.7	203.4	0.7	204.8	0.7	155.3
K ₁ (H', K')		4.0	359.7	4.1	359.1	4.3	358.7
O ₁ (Ho, Ko)		4.3	326.7	4.4	327.5	4.6	327.1
N o n- h a r m o n i c	M. H. W. I.	3 ⁿ 51 ^m		3 ⁿ 55 ^m		4 ⁿ 05 ^m	
	M. L. W. I.	10 ⁿ 3 ^m		10 ⁿ 07 ^m		10 ⁿ 17 ^m	
	Approx. H. H. W.	24.5 cm		25.1 cm		25.1 cm	
H a r m o n i c	H. W. O. S. T.	16.3		16.6		16.5	
	H. W. O. M. T.	15.6		15.9		15.8	
	L. W. O. S. T.	14.8		15.1		15.1	
	M. S. L.	12.3		12.6		12.7	
	L. W. O. S. T.	9.7		10.0		10.1	
	H. W. O. M. T.	9.0		9.3		9.5	
	H. W. O. S. T.	8.3		8.6		8.8	
C o n s t a n t	Approx. L. L. W.	0.0		0.0		0.0	
	Spring Range	8.0		8.0		7.7	
	Mean Range	6.6		6.6		6.4	
	Neap Range	5.1		5.1		5.0	
	Tidal Factor F	2.08		2.13		2.28	

소조 변화가 비교적 뚜렷하고 일조부등이 심하며 대조기에는 고조와 저조가 하루에 한번씩 일어나는 1일 1회조의 양상을 나타낸다.

포항신항 내에 있는 검조소(PT-1)에서 1973~1975년의 3년간 관측자료와 1994년 7월과 1995년 1월의 각 1개월 관측자료(T-1, T-2)를 조화분석하여 조화상수 및 비조화상수를 구한 결과(포항종합제철주식회사, [1995])는 Table 1과 같다.

조석의 주기성을 나타내는 지표인 조석형태수 $(F=(H'+Ho)/(Hm+Hs))$ 가 기준 조석의 경우 달만갭(T-1)에서 2.1, 장기갭(T-2)에서 2.2, 그리고 포항신항(PT-1)에서 2.3으로서 관측지점 및 관측기간에 따라 다소의 차이는 있으나, 일주조가 우세한 혼합조의 형태를 나타낸다. 우리나라의 거의 대부분의 연안에서는 반일주조가 우세하지만, 영일만의 경우는 일주조가 우세하다(이석우, [1994]). 이 때 대조차는 M_2 분조와 S_2 분조 조차의 합이 아니라 K_1 분조와 O_1 분조 조차의 합으로 표시되며, 따라서 대조차는 달만갭에서 16.6 cm, 장기갭에서 17.0 cm, 그리고 포항신항에서 17.8 cm이다.

2.3 조류 특성

영일만 내의 흐름은 조차가 작기 때문에 조류성분과 함께 취송류와 파랑에 의한 연안류의 성분이 크다(이 [1994]). 최강유속은 10~20 cm/s에 달하나 대체로 5~10 cm/s이며 유향 역시 가변성이 많아 만내의 해안을 따라 선회하며, 유속과 유향이 외해의 해류, 바람, 파랑 및 하천수 등에 따라 가변성을 나타내고 있다. 특히, 조류의 형태수 $(V_1+V_0)/(V_m+V_s)$ 는 0.8~3.8을 갖는 일주조류가 우세한 혼합형으로서 때때로 1일 1회의 조류가 나타나기도 한다.

영일만내에서 관측된 유속은 대개 20 cm/s 미만으로 미약하며 조류는 다른 해역에 비하여 1/4 주조류가 우세하게 나타나고 있으며 조류보다 해류의 유동상태가 다소 우세하게 나타난다. 항류는 달만갭쪽에서 10 cm/s로 만내로 유입하여 포항제철소 앞에 이르러 형산강 하천수와 합류하여 장기갭쪽으로 편향하여 10 cm/s로 유출하는 경향을 보인다. 포항항 전면의 하계 잔차류는 0.8~2.5 cm/s이며 동계 잔차류는 0.8~4.6 cm/s로 유향은 PC-1에서 W방향으로 유입되어 PC-3에서 SW방향으로 통하여 PC-2에서 NW~E방향으로

흐르는 경향을 보이는데 이는 미약하나마 달만갭으로 유입되어 장기갭쪽으로 편향되어 흐르는 영일만의 일반적인 해황특성을 나타내고 있다(포항종합제철주식회사, [1997]).

2.4 수치모형의 개요

본 연구에서 사용된 해수유동모델은 2차원 수심적분 모델로서 수심이 비교적 얇은 연안해역의 유동장을 계산하는 데 주로 사용된다. 모델에서 사용하고 있는 기본방정식은 2차원 연속방정식과 Navier-Stokes 방정식을 연직면($-h \leq z \leq \zeta$)에 대해 평균하고, 외력으로 지구자전에 의한 영향, 바닥의 마찰력 및 중력을 포함시켰다. 뿐만 아니라 만내에서의 표층의 흐름은 바람에 의한 영향이 크므로 바람에 의한 응력을 포함하도록 다음과 같은 방정식을 수립하였다.

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}[(\zeta + h)U] + \frac{\partial}{\partial y}[(\zeta + h)V] = 0$$

$$\frac{\partial U}{\partial t} + U \frac{\partial U}{\partial x} + V \frac{\partial U}{\partial y} - fV + g \frac{\partial \zeta}{\partial x} + U \frac{\sqrt{U^2 + V^2}}{C^2(\zeta + h)}$$

$$- \rho_a \gamma_s^2 \frac{W_x \sqrt{W_x^2 + W_y^2}}{\rho(h + \zeta)} - A_h \left(\frac{\partial^2 U}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial y^2} \right) = 0$$

$$\frac{\partial V}{\partial t} + U \frac{\partial V}{\partial x} + V \frac{\partial V}{\partial y} + fU + g \frac{\partial \zeta}{\partial y} + V \frac{\sqrt{U^2 + V^2}}{C^2(\zeta + h)}$$

$$- \rho_a \gamma_s^2 \frac{W_y \sqrt{W_x^2 + W_y^2}}{\rho(h + \zeta)} - A_h \left(\frac{\partial^2 V}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} \right) = 0$$

여기서, U, V 는 수심평균을 취한 x, y 방향의 유속, f 는 Coriolis 계수 ($=2\omega \sin \varphi$, φ 는 위도), g 는 중력가속도, ζ 는 수면변위, h 는 평균 수면하의 수심, C 는 Chezy의 조도계수, W_x, W_y 는 각각 x, y 방향에서의 풍속, ρ 는 해수밀도($=1.025 \text{ g/cm}^3$), ρ_a 는 대기밀도($=0.00123 \text{ g/cm}^3$), γ_s^2 는 해면에서 바람에 의한 마찰계수($=1.2 \times 10^{-3}$), A_h 는 수평와동점성계수이다.

본 모델에서는 수치계산을 위해서 Leendertse [1971]에 의해 조류·확산 계산에 응용되어 현재 널리 사용되고 있는 ADI법(Alternating Direction Implicit method)을 사용하였다. ADI법은 양해법

(explicit method)과 음해법(implicit method)을 동시에 사용하여 계산하는 방식으로 해의 수렴성과 계산시간의 경제성 면에서 효율적인 방법이라

할 수 있다.

본 연구대상해역의 계산격자망은 Fig. 2와 같으며 격자간격은 계산영역의 크기 및 계산시간

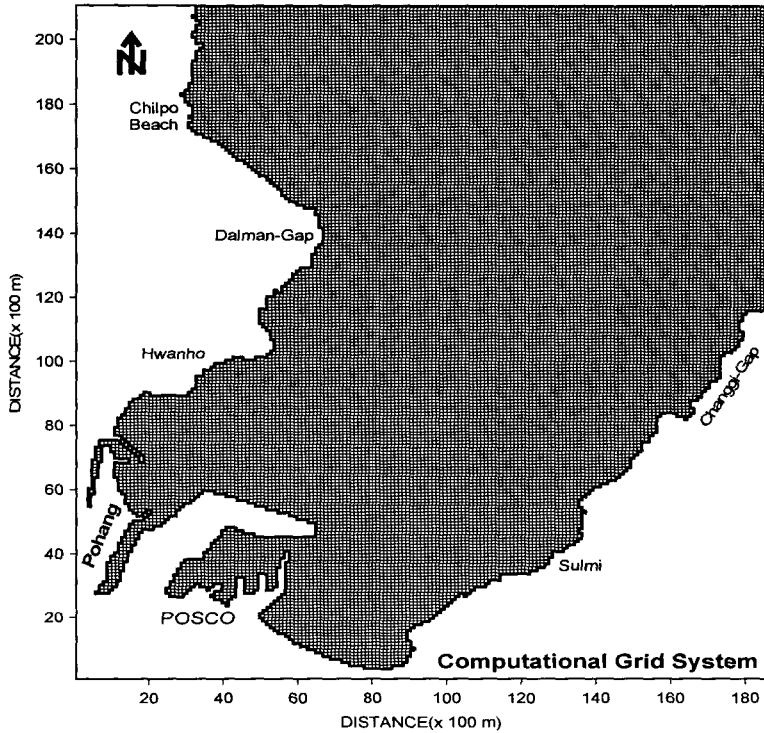


Fig. 2 Computational grid system

Table 2 Computational conditions

Contents	Computational Conditions
Grid System	185×210 ($\Delta x = \Delta y = 100 \text{ m}$)
Depth (h)	Chart No. 146, 135 (unit : m)
Time Interval(Δt)	10 sec
Coriolis Coeff. (f)	$f = 2 \omega \sin \varphi$, $\omega = 2\pi / (24 \times 60 \times 60)$, $\varphi = 36.03^\circ \text{ N}$
Bottom Rough. (C)	$C = 19.4 \ln(0.9h)$
Forcing (Tide & Current)	M_2, S_2, K_1, O_1 & Current
Wind stress	0
Eddy viscosity Coeff. (A_h)	10 m^2/sec
Initial Condition	$u = v = \eta = 0$

영일만의 조석잔차류 거동 특성

효율에 적합한 Δx , Δy 를 100 m로 정하였다. 계산영역은 x방향으로 185개의 격자와 y방향으로 210개의 상세격자로 구성된다. 수심도(Fig. 1)는 국립해양조사원 발행 해도 No.146으로부터 구하였으며, 실제 계산 수행시의 수심은 이 자료에 평균해면(M.S.L.) 값을 더하여 수심을 보정하였다.

조석에 의한 조위와 조류를 실제상황과 같이 예측하는 실시간 해수유동의 수치모형실험으로서 조석조화상수의 주요 4대 분조인 M_2 , S_2 , K_1 및 O_1 분조의 실측자료 및 해류성분을 고려하여 대조기부터 소조기를 거쳐 다음 대조기에 이르는 15일 이상 조석에 의한 해수유동의 수치계산을 행하였다(Table 2 ; Ro [2000]). 수치계산결과의 정확도를 판단하기 위하여 인근의 조위 및 해수유동 실측자료와 계산결과를 비교·검토하여 모델을 검증하여 수치모형실험을 수행하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 수치모형의 검증

영일만 일대의 해수유동 시뮬레이션의 결과를 검

증하기 위하여 Fig. 3과 같이 달만감(T-1), 장기갑(T-2) 및 포항항(PT-1)에서의 조위관측결과와 수치시뮬레이션 조위계산결과를 비교하였다. 여기서, 조위관측결과는 조석조화분해된 조화상수를 이용하여 예측한 조위이며 조위계산결과와의 비교는 수치모형에 의한 소조기로부터 대조기 동안의 결과를 나타내었다.

각각의 조위 검증점(T-1, T-2 및 PT-1)에서 조위예측결과와 계산결과가 잘 일치하고 있음을 파악할 수 있으며, 따라서 본 수치모형이 영일만 해역의 조위를 잘 재현하고 있음을 알 수 있다.

3.2 수치모형실험 결과

평수시의 형산강 하천유출수를 고려한 대조기 최강창조류도와 최강낙조류도를 Fig. 4에 나타내었다. 이 결과를 살펴보면, 평수시의 최강창조류와 최강낙조류는 내만에서 보다 만바깥쪽에서 강하게 흐르고 있음을 알 수 있으며, 형산강 하천유출수는 평수시 하천유출량이 작기 때문에 직접적으로 만내 조류의 거동에는 크게 영향을 주지 못하고 있음을 파악할 수 있다.

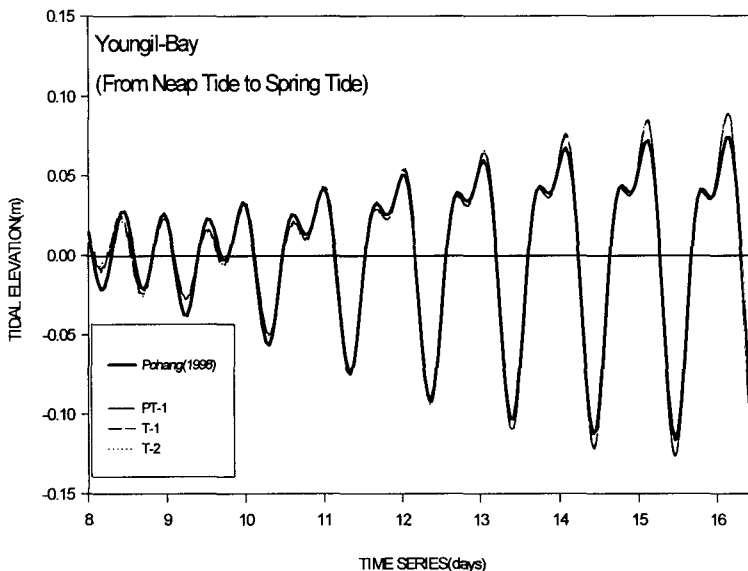


Fig. 3 Comparison of observed tidal height to computed one

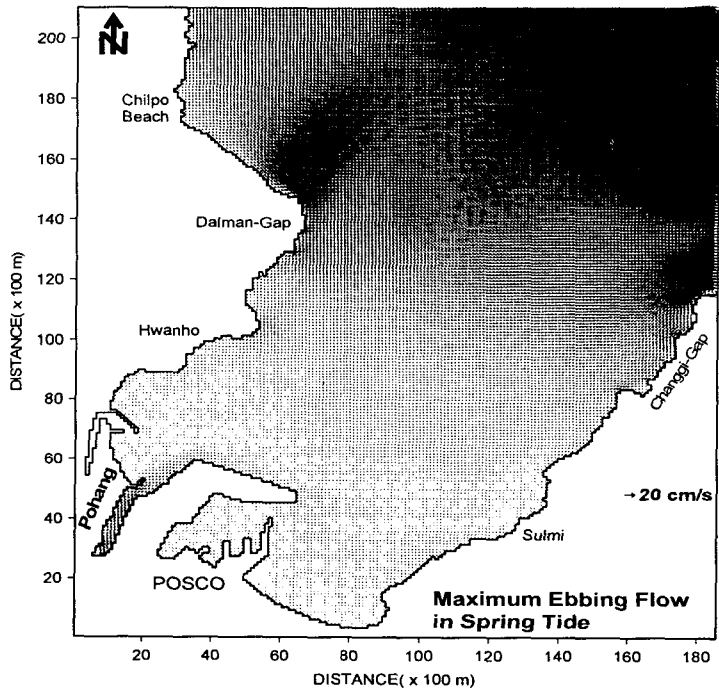
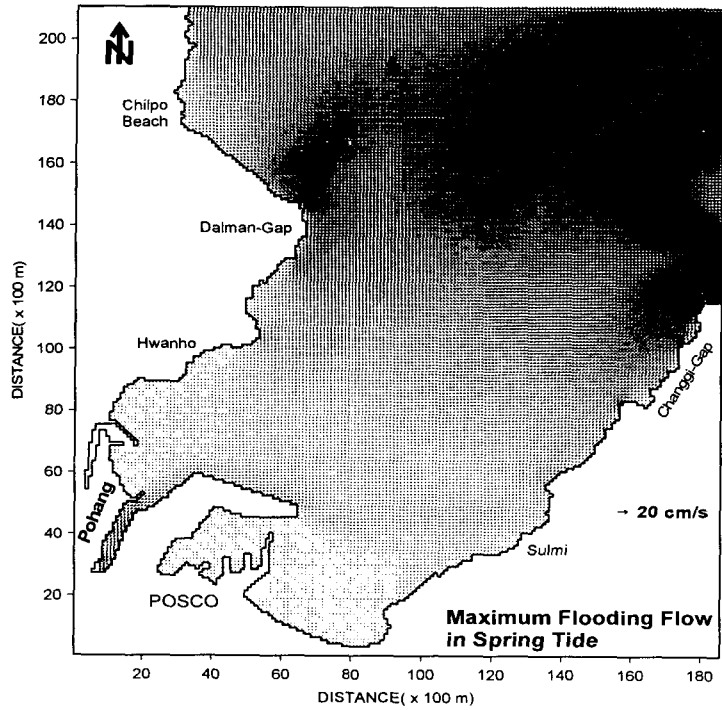


Fig. 4 Maximum flooding flow and ebbing flow in spring tide

영일만의 조석잔차류 거동 특성

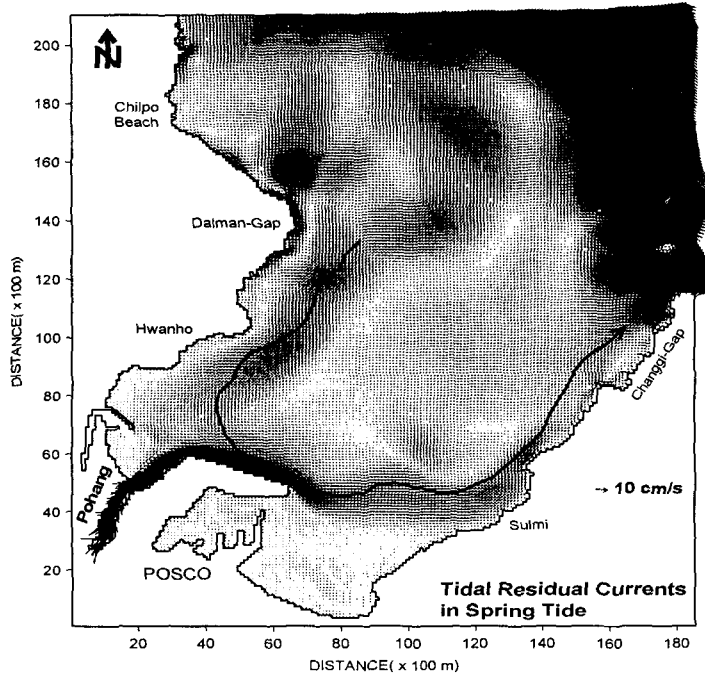


Fig. 5 Tidal residual currents in spring tide with river discharges

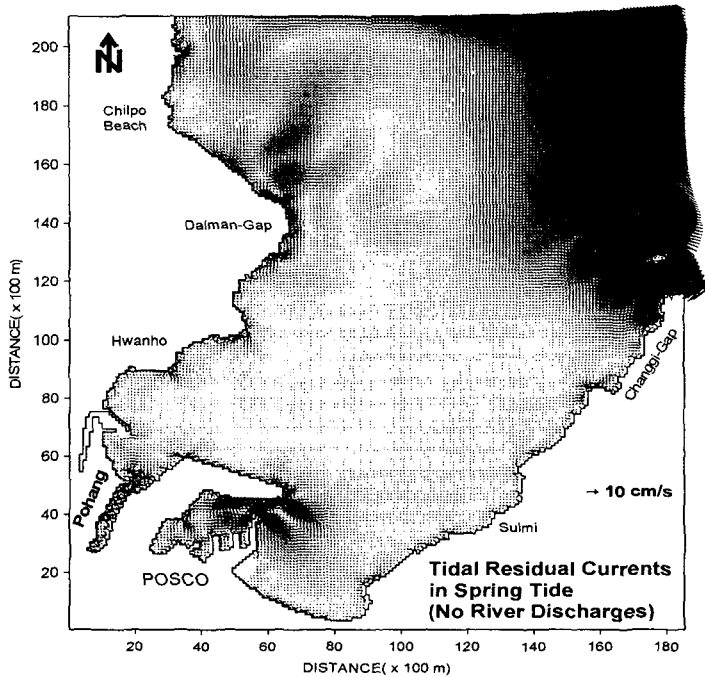


Fig. 6 Tidal residual currents in spring tide without river discharges

한편, 영일만 내의 해수순환 특성 파악을 위한 조석잔차류의 패턴을 Fig. 5에 나타내었다. 만의 측 경계부에서의 조석잔차류의 특징은 강제유속에 의한 경계조건의 영향으로 해류에 의한 복서 방향의 흐름이 탁월하게 나타났으며 장기갑 동쪽 끝단에서는 지형적인 영향으로 반시계방향의 와류가 강하게 형성됨을 알 수 있다. 이러한 현상은 창조시 영일만내로 유입한 조량이 장기갑 연안을 따라 유출되면서 만의측으로 빠져나가고 낙조시에는 장기갑 끝단에서 강하게 복서진하는 조량이 지형적인 영향으로 영일만내로 직접 유입되지 못하고 우회하면서 생기는 것으로 사료되므로 강제유속 및 광역모델 등을 고려한 연구의 필요성이 대두된다. 한편, 만내에서의 조석잔차류 거동은 달만갑 연안을 따라 만내측으로 유하하다가 포항종합제철 전면에서 형산강 하천유출수와 연행되어 장기갑 연안을 따라 만외로 빠져나가는 경향을 볼 수 있다. 특히, 형산강 하구에 설치되어 있는 돌제 및 호안구조물이 도류제 역할을 하면서 형산강 하천유출수를 포획하여 조석잔차류의 유속을 강화시키는 역할을 하고 있음을 볼 수 있다. 달만갑 동쪽 30 km 해상에서는 천퇴와 같은 해저지형에 의하여 우회하여 만내로 유입되는 경향이 나타났다. 이러한 조석잔차류 거동의 특성은 기존의 정성적 연구결과들과 잘 일치함을 알 수 있다.

한편, 영일만의 조석잔차류 거동에 미치는 형산강 하천유출수의 영향을 검토하기 위하여 하천수의 유출이 없는 조건으로 수치모형실험을 수행하였다(Fig. 6). 이 결과를 살펴보면, 기존에 달만갑 연안을 따라 만내측으로 유하하여 장기갑 연안을 따라 만외로 빠져나가는 잔차류 거동이 나타나지 않았다. 이러한 결과로 볼 때, 영일만의 조석잔차류 거동은 만내의 지형적 형상에 의해 영향을 받기보다는 형산강 하천유출수 거동에 의한 영향이 더 큰 역할을 하고 있음을 알 수 있다.

4. 요약 및 결론

영일만내에 유입되는 형산강 하천유출수에 의한 영일만의 조석잔차류의 거동 특성을 수치모형실험을 통해서 파악하였으며, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 영일만에 있어서 조류의 흐름양상은 만입구 부에서는 유속이 만내보다 강하게 나타났으며 해류의 영향으로 인하여 창조류보다 낙조류가 다소 탁월하게 나타났다. 최강창조류 및 최강낙조류 동안의 형산강 하천수의 영향은 평수시의 하천유량이 매우 작기 때문에 직접적인 만내 유동변화에는 영향을 주지 못하고 있음을 알 수 있었다.

2) 조석잔차류의 거동은 대상해역의 달만갑 전면 연안을 따라 만내로 유입하여 포항종합제철 전면 해상에서 형산강 하천유출수와 연행되어 동쪽 연안의 장기갑 전면 연안을 따라 만외로 유출하는 경향을 나타내었다. 달만갑 동쪽 30 km 해상에서는 천퇴와 같은 해저지형에 의하여 우회하여 만내로 유입되는 경향이 나타났다. 특히, 장기갑 동쪽 끝단에서는 반시계방향의 지형적인 와류가 강하게 형성되고 있음을 볼 수 있었다.

3) 형산강 하천유출수가 영일만내의 조석잔차류에 미치는 영향으로는 하천유출수가 하구로 유출되면서 송도해수욕장 측면에 설치된 도류제(돌제)와 하천수 유출방향으로 축조된 포항종합제철 호안시설물이 도류제와 같은 기능을 하면서 형산강 하천유출수를 호안을 따라 가속시키는 경향이 나타났다. 이러한 흐름은 기존의 달만갑쪽으로부터 내려오는 잔차류성분과 합쳐져 장기갑쪽 연안을 따라 잔차류의 흐름을 강화시키는 것으로 사료된다.

4) 형산강 하천수가 유출되지 않는 조건에 대한 수치실험결과로부터 영일만의 조석잔차류 거동은 만내의 지형적인 형상의 영향보다는 형산강 하천유출수가 더 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다.

참고문헌

- [1] 국립해양조사원, 1971, “영일만 및 부근일대 해양관측결과 보고서”, pp. 34~49.
- [2] 국립해양조사원, 1991, “조석조류개론”, pp.94.
- [3] 성기탁, 임기봉, 이석철, 1993, “영일만의 항류와 조류의 분포”, 수산진흥원 연구보고, 47, pp. 1~7.
- [4] 이석우, 1994, “한국항만수리지”, 집문당, pp.189~230.
- [5] 이문옥, 박일흠, 윤홍주, 1999, “홍수시 영일만내로 유출하는 하천유출수의 거동 및 SS 확산”,

영일만의 조석잔차류 거동 특성

여수대학교 논문집, 14(2), pp.643~654.

[6] 이종섭, 김차경, 김종화, 임기봉, 1995, "영일만의 해수유동 구조 및 확산특성", 한국해양학회지, 30(5), pp.467~479.

[7] 포항산업과학연구원, 1995, "형산강수계 수질 개선 대책연구", pp.29~49.

[8] 포항산업과학연구원, 1998, "영일만 해양오염도 조사 및 평가에 관한 연구", pp.285.

[9] 포항종합제철주식회사, 1995, "포항제철주변 해양환경조사 보고서", pp.1-1~19.

[10] 포항종합제철주식회사, 1997, "포항제철소 LNG 복합화력발전소 건설사업 해역이용협의서", pp.258.

[11] Dronkers, J. J., 1964, "Tidal Computation in Rivers and Coastal Waters", North Holland Publishing Company, Amsterdam, pp.518.

[12] Lamb, H., 1945, "Hydrodynamics", Cambridge University Press, pp.738.

[13] Leendertse, J. J., 1971, "A water-quality simulation model for well-mixed estuaries and coastal sea", Vol.2, The Rand Corporation, Santa Monica, California, pp.71~75.

[14] Ro, Y. J., 2000, "POM-ES Assimilating Current Vectors Estimated from Climatological T-S Datasets of GDEM, WOA, KODC", International Workshop on Operational Ocean Prediction around Korean Waters, pp.69~73.