

## 1992년 하계 득량만 서부해역의 조류 특성

이재철 · 노홍길\* · 조규대 · 신상일 · 김상우 · 김상현\*  
부산 수산 대학교 해양학과  
\*제주 대학교 어업학과

### Tidal Current in the Western Part of Deukryang Bay in Summer 1992

Jae Chul LEE, Hong-Kil RHO\*, Kyu-Dae CHO, Sang-Il SHIN,  
Sang-Woo KIM and Sang-Hyun KIM\*

Department of Oceanography, National Fisheries University of Pusan  
Pusan 608-737, Korea

\*Department of Fishery, Cheju National University, Cheju 690-756 Korea

A recording current meter was deployed in the shallow western part of Deukryang Bay from 1 July to 7 August 1992 during which the wind was weak. Principal component in NNE-SSW direction parallel to the axis of the bay had 98.7% of the total variance and the orthogonal component of only 1.3%. Spectral analysis of the principal component revealed that the semidiurnal component comprised about 91.2% of total energy. Whereas the diurnal and longer components were less than 2.5%, the shallow water tide was about 6.3%. Weak mean current of 0.8cm/sec in SSE direction implies that the slow circulation in the bay is counterclockwise having the northward net flow in the deep eastern part.

Key words : Deukryang Bay, tidal current, principal component, circulation

#### 서론

득량만은 면적이 370km<sup>2</sup> 정도로 넓고 양식도 비교적 활발하지만 기초적인 환경조사는 매우 미흡한 편인데, 이것은 득량만 부근에 주요 산업시설이나 인구 밀집지역이 없어서 해양환경에 대한 관심의 대상이 되지 못하였기 때문일 것이다. 기존의 연구로는 국립수산진흥원 (1982)에서 수온, 염분, 영양염류 등의 계절별 분포에 대해서 조사한 바 있고 또한 1986년 8월 21~25일에 표층의 창조류와 낙조류의 분포를 조사한 것이 있을 뿐이다 (국립수산진흥원, 1988). 그러나 짧은 기간에 측정한 유속자료로는 득량만의 조류나 해류에 대하여 충분히 알 수가 없고, 더구나 근래에 이 지역의 환경변화로 인하여 피조개의 대량폐사가 빈번할 뿐만 아니라 키조개 양식도 기복이 심하여 환경변화의 영향을 파악할 필요성이 증대되어 1992년에 부

산 수산 대학교의 해양산업개발 연구소에서 득량만의 양식 생산성 향상을 위한 종합적인 해양연구가 시작되었다. 이 종합적 연구의 일환으로 득량만의 조류 및 해류를 연구하고자 득량도 서부에 장기간에 걸쳐서 자기 기록식 유속계를 계류하였다. 본 연구에서는 이 관측 자료를 분석하여 득량만의 조류의 특성을 구명하고자 한다.

#### 자료 및 방법

득량만은 조류가 강하고 저인망 어선에 의한 어업이 활발하여 설치한 유속계의 유실 가능성이 높다고 예상되므로 키조개 양식장의 관리를 위하여 고정 설치한 집배 (barge)를 이용하기로 하였다. 수문리와 득량도 사이의 수심 약 5m 되는 위치에 있는 (Fig. 1)

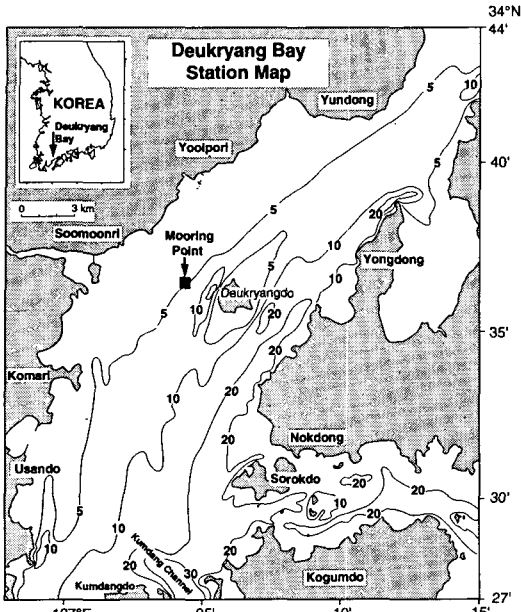


Fig. 1. Location of the current meter mooring.

집배에 Aanderaa RCM-7 유속계를 계류하여 2.5m 수심에서 조류를 측정하도록 하였다. 측정 시간간격은 30분으로 하였으며 1992년 7월 1일 오후 3시에 기록을 시작하여 8월 7일 오전 10시까지 약 38일간 측류하였다. 관측기간 동안 바람은 매우 약했으며 비도 거의 오지 않았다 (Kim et al., 1995). 측정자료는 기

본적인 통계처리를 한 후에 Foreman (1978)의 프로그램을 사용하여 조류의 조화분석을 하였다. 조류의 주축 방향과 그 직각 방향의 비교를 위하여 주성분분석 (principal component analysis)을 하였고 각 성분에 대한 스펙트럼 분석을 하였다.

### 결과 및 고찰

관측지점에서의 유속의 시간적 변화를 쉽게 파악하기 위해서 유속벡터의 형태로 Fig. 2에 나타내었다. 달의 위상은 시간축 위에 그려 넣었는데 7월 초의 대조기로부터 8월 초순의 소조기까지 조류의 변화를 함께 볼 수 있다. 북동-남서 방향의 반일주 조류가 탁월하고 대체로 반시계 방향으로 회전하는 경향이 강하다. 측정 순간의 유속이 다음 측정순간까지 유지된다는 가정하에 유속 값을 적분하여 Fig. 3과 같이 조류진행벡터도 (progressive vector diagram)로 나타내었다. 그럼으로써 주축 방향으로 왕복하는 성분이 지배적인 반시계방향의 회전성 조류에 남남동 방향으로 느리게 움직이는 항류 성분을 쉽게 볼 수 있다. 항류 성분은 매우 작아서 평균 1.0cm/sec가 채 안되지만 왕복성의 조류에 비해 항류는 해수중의 여러물질을 지속적으로 일정한 방향으로 운반하므로 중요하다.

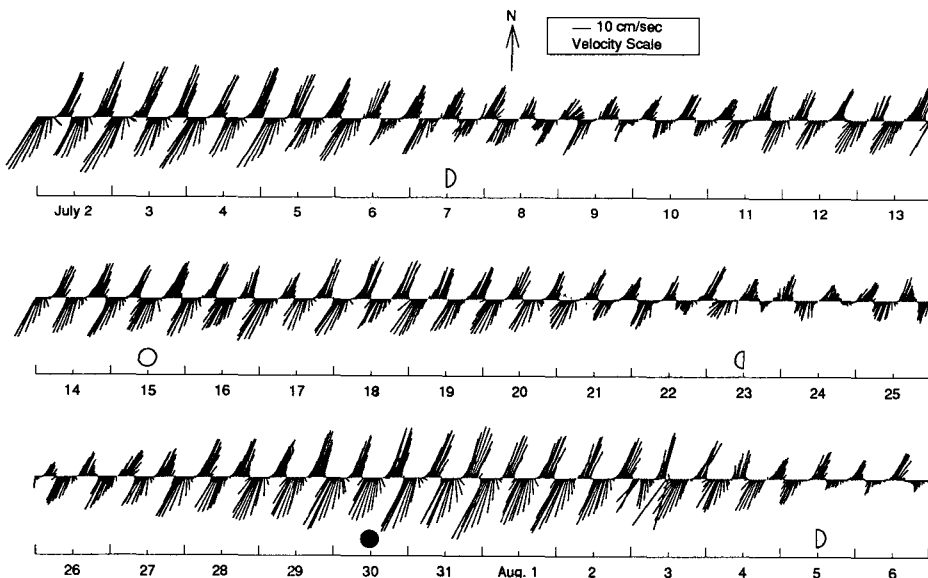


Fig. 2. Stick vector plot of the current. Phase of the moon is presented on the time scale.

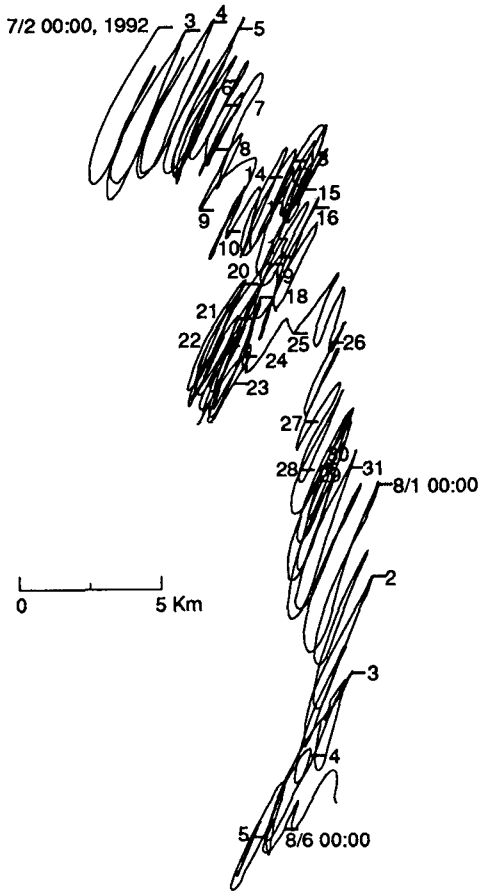


Fig. 3. Progressive vector diagram of the current.

독량도 서부의 천해역에서 남향류가 지속적으로 존재한다는 것은 결국 동쪽의 깊은 수로 부분에 북향류가 있어야 되며 그리하여 독량만 전체의 순환은 반시계 방향으로 일어난다는 것을 암시한다. 물론 이것은 바람이 매우 약할 때의 경우이며 강한 바람에 의한 해수 순환에 대해서는 별도로 조사를 해야한다.

Fig. 4는 유속의 분산도표인데 왕복성이 매우 우세함을 단적으로 보여준다. 그리고 회귀직선의 기울기로부터 주축의 방향은 동쪽으로부터 북쪽으로 63.2° 기울어져 있다고 해석할 수 있다. 그러나 보다 정확하게 주축의 방향을 결정하기 위해서는 주성분분석(principal component analysis)을 하는것이 바람직하다. 유속의 동방분속과 북방분속의 시계열 자료를 가지고 이 분석을 한 결과 주축 방향의 성분에 해당하는 첫번째 모드가 전체 분산의 98.7%를 차지하는 반면에 그 직각방향의 성분인 두번째 모드는 1.3%에 불과

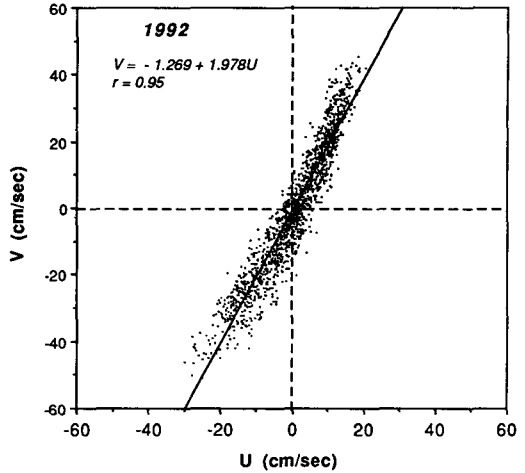


Fig. 4. Scatter plot of the current. U and V denote the E-W and N-S component respectively.

하며 주축의 방향은 동쪽 방향에 대해 북쪽으로 65.1° 기울어진 것으로 밝혀졌다. 조류의 조화분석 결과는 Table 1에 소개되어 있다. 맨 왼쪽부터 각 분조의 순서와 이름, 그리고 각속도가 cycles/hour로 나타나 있다. Major와 Minor는 각각 조류타원의 장축과 단축의 반경 (cm/sec)이고, INC는 장축이 동쪽 방향으로부터 반시계 방향으로 기울어진 각도이며 G는 직각이다. 장축의 기울기는 180°가 초과할 경우에는 180°를 뺀 결과이다. 그러므로 항류인 Z0는 그 크기가 0.75cm/sec에 불과하고 직각이 180°인 110.6°의 방향이 아니라 직각이 0°로 해석할 때 -69.4°가 되어 Fig. 3에 나타난 남남동 방향의 항류의 방향과 일치한다. 조류타원의 단축의 크기는 장축에 비해 대체로 10배 이하로 작으며 가장 큰것은 역시 반일주조인 M<sub>2</sub>와 S<sub>2</sub> 및 N<sub>2</sub>이다. 이 분조들의 장축이 이루는 기울기는 각각 65.4°, 65.8°, 66.5°로서 근본적으로 주성분분석(principal component analysis)의 결과와 일치한다. 조석의 4대분조에 속하는 K<sub>1</sub> O<sub>1</sub>의 장축은 각각 2.58cm/sec와 0.76 cm/sec로 매우 작은 반면에 비선형 효과에 의하여 발생하는 천해조 성분들이 큰데 특히 1/4일주조인 M<sub>4</sub>와 MS<sub>4</sub>가 비교적 우세한것을 알 수 있다. 그리고 이 천해조들의 장축의 기울기는 반일주조에 비해 작다.

국지적인 좌표축을 유속의 주축방향으로 회전시키면 유속 성분의 대비를 극대화 할 수 있다. 이때 기준이 되는 각도는 물론 주성분분석(principal component analysis)의 결과를 따르는것이 이상적이다. 국지

**Table 1. Result of the harmonic analysis of the tidal current data in Deukryang Bay**

NAME	SPEED	MAJOR	MINOR	INC	G*
1 Z0	.00000000	.753	.000	110.6	180.0
2 MM	.00151215	.444	-.080	129.8	184.9
3 MSF	.00282193	.952	-.191	50.6	215.0
4 ALP1	.03439657	.191	.102	84.5	51.6
5 2Q1	.03570635	.434	.200	129.5	56.1
6 Q1	.03721850	1.124	.217	56.5	337.0
7 O1	.03873065	.761	.425	70.5	6.4
8 NO1	.04026860	.329	.118	47.7	296.7
9 P1	.04155259	.667	.190	67.2	110.2
10 K1	.04178075	2.583	.167	69.3	107.9
11 J1	.04329290	.486	.023	95.3	142.9
12 OO1	.04483084	.413	.077	62.0	321.9
13 UPS1	.04634299	.314	.038	83.6	239.9
14 EPS2	.07617731	.489	.267	67.9	79.6
15 MU2	.07768947	1.499	.537	50.5	78.0
16 N2	.07899925	4.833	.197	66.6	183.2
17 M2	.08051140	24.400	1.530	65.4	191.6
18 L2	.08202355	.623	.449	13.5	239.8
19 S2	.08333334	10.732	1.648	65.3	217.3
20 K2	.08356149	2.155	.222	44.3	211.1
21 ETA2	.08507364	.505	.193	64.0	129.8
22 MO3	.11924210	.182	.065	70.4	141.8
23 M3	.12076710	.295	-.024	76.2	346.8
24 MK3	.12229210	1.303	.281	55.9	127.6
25 SK3	.12511410	1.100	-.014	48.5	113.8
26 MN4	.15951060	.788	-.353	65.6	52.5
27 M4	.16102280	2.736	-.663	48.8	104.0
28 SN4	.16233260	.522	-.192	46.9	211.2
29 MS4	.16384470	3.188	-.431	53.4	162.8
30 S4	.16666670	.310	-.250	44.8	219.4
31 2MK5	.20280360	1.855	.024	56.5	73.9
32 2SK5	.20844740	.330	.083	44.6	69.7
33 2MN6	.24002200	1.012	.180	62.4	166.1
34 M6	.24153420	1.273	.264	64.8	170.5
35 2MS6	.24435610	.984	.256	67.5	245.4
36 2SM6	.24717810	.440	-.104	64.7	102.0
37 3MK7	.28331490	.332	.196	86.9	190.5
38 M8	.32204560	.620	-.155	54.3	60.2
39 M10	.40255700	.431	-.115	50.9	354.6

\* Greenwich phase in degrees

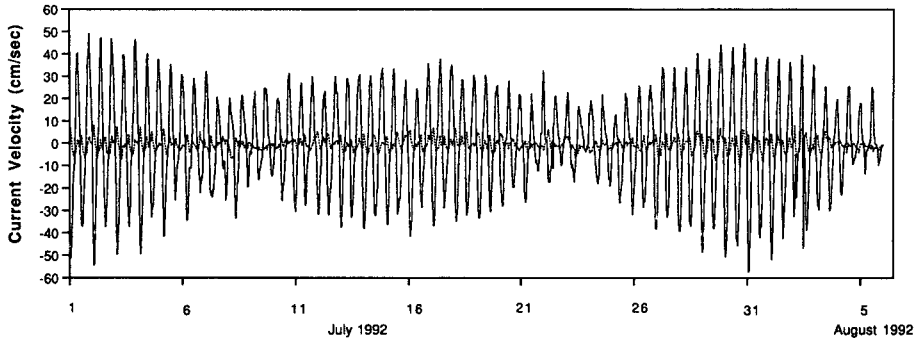


Fig. 5. Time series of the principal component and the orthogonal minor component.

적인 X축을 반시계 방향으로 65.1° 회전하면 주축 방향의 유속 성분은 조류의 역학적 에너지의 대부분 (98.7%)을 차지하기 때문에 이 성분 하나만 분석하면 조류의 성질을 파악할 수 있다는 장점이 있다. 이렇게 유속의 시계열 자료를 국지적인 주축방향과 그 직각 방향의 성분으로 변환한 결과가 Fig. 5에 나타나 있다. 자료의 시작 시간은 1992년 7월 1일 오후 3시이다. 주축성분과 직각성분은 대체로 반일주조의 조류타원에 있어서 장축과 단축에 해당되기 때문에 시간변화의 위상차는 대략 180°가 된다는 것을 알 수 있다.

Fig. 6는 각 성분을 스펙트럼 분석한 결과이다. 주

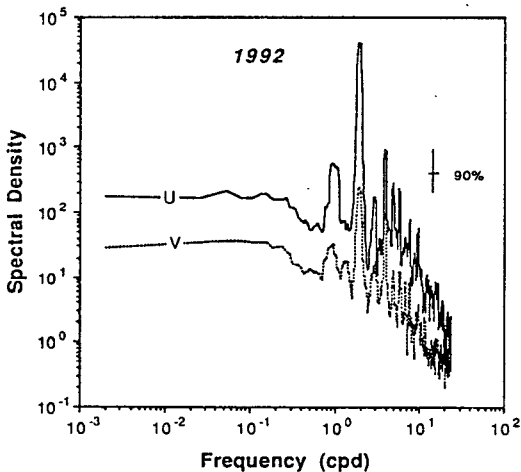


Fig. 6. Spectral density in  $(\text{cm/sec})^2/\text{cph}$  of the principal component (U) and minor component (V).

축성분 (U)과 그 직각성분 (V)의 에너지밀도 분포 양상은 거의 비슷하며 통계적으로 유의한 극대점은

0.96 cpd (cycles per day)에서의 일주조로부터 1.97 cpd의 반일주조를 비롯해서 2.96 cpd, 3.87 cpd, 4.93 cpd, 5.76 cpd에서의 천해조 성분이 뚜렷하게 보인다. U성분이 V성분에 비해서 저주파에서는 5~7배 크며 일주조는 약 35배, 반일주조는 약 180배, 기타 천해조는 13~20배 가량 크다. 특히 천해조 중에서는 조화 분석 결과와 마찬가지로 1/4일주조가 가장 우세하다. 이 에너지 분포를 주파수 대역별 백분율로 보면 일주조 이상의 장주기 성분의 합은 전체 에너지의 2.5% 이하이고 반일주조 성분이 91.2%를 점유하며 그 나머지인 6.3% 정도가 천해조 성분인데 이 중에서도 1/4일주조가 2.5%를 차지하였다. 그러므로 득량만에서의 조류 수치모델을 만들 경우에 크게는 반일주조만 사용하여도 무방하나 정확도를 높이기 위해서는 비선형 효과에 기인하는 천해조 성분들이 일주조와 그 이상의 장주기 성분보다 우선적으로 고려되어야 한다.

## 요 약

1992년 7월 1일부터 8월 7일까지 득량만의 수문리와 득량도 사이의 수심 약 5m 되는 천해역에서 2.5m의 수심에 자기 기록식 유속계를 계류하여 유속관측을 하였고 이 자료를 분석하였다. 관측기간 동안 바람은 매우 약했으므로 조류의 성질을 연구하는 데 적합한 자료가 획득되었다. 항류성분은 0.8cm/sec의 속도로 남남동 방향으로 흐르며 이는 득량도 동부 수로를 통하여 북향류가 필요하고 따라서 반시계 방향의 느린 순환이 일어난다는 것을 암시한다. 조류의 주축

방향은 북북동-남남서 방향이며 전체 분산의 98.7%가 이 방향에 집중되어 있다. 이 유속의 역학적 에너지의 91.2% 정도는 반일주조이며 일주조 이상의 장주기 성분은 2.5%에 불과한 반면에 비선형효과에 기인하는 천해조 성분은 6.3% 정도를 점유하였다.

## 사 사

이 연구는 한국과학재단 지정 우수공학연구센터인 부산수산대학교 해양산업개발연구소의 연구비 지원에 의해서 수행되었다.

## 참 고 문 헌

국립수산진흥원. 1982. 전남 동부 연안 양식어장 기초

환경 및 저서패류에 관한 조사. 129 pp.  
국립수산진흥원. 1988. 연안어장 기본조사 보고서, 전라남도편. 13~25.  
Foreman, M.G.G. 1978. Manual for tidal currents analysis and prediction. Pacific Marine Science Report 78~6, 70pp.  
Kim, S. W., K. D. Cho, H. K. Rho, J. C. Lee, S. H. Kim and S. I. Shin. 1995. Temperature and salinity distribution in Deukryang Bay in summer of 1992~93. J. Fish. Soc. Korea, 28(1), 7~14. (in Korean)

---

1994년 8월 10일 접수

1995년 1월 5일 수리