

가막만의 해수유동 Pattern

李 奎 亨

麗水水産大學校

(1992年 5月 15日 接受)

The Pattern of Sea Water Circulation in Kamak Bay

Gyu-Hyong LEE

Yosu National Fisheries University

(Received May 15, 1992)

A studies on the pattern of sea water circulation was carried out by using drogoue experiments, tidal current measurement and hydrographic data in Kamak Bay which has two channels.

At the flood, the water inflowed from the northern narrow channel flows mostly to the southward then the westward because Daekyung-island located at the flow path, at the same time the water from the southern channel of bay directed strongly to the north with a spin centered at around Gunnaeri. And these waters converged at the area between Eng-Island and Deakyung-Island in the bigining of the flow, and placed at less southern part than the area at the late. The water of the north west inner bay having concave bottom topography inflows to Najin inlet with a spin of anti-clockwise.

At the ebb, those waters in the bay turn back to two channels respectively, but most of waters directed to the southern channel of the bay.

The directions of residual current of two channels are the southward mainly, and the current of inner area are influenced by the prevailing wind.

The north-west inner bay which has the weak tidal current less than 10 *cm/sec* shows a similar upwelling by off-shore wind in winter, and the stratification in summer, respectively.

序 論

여수반도 남단과 돌산도에 둘러싸인 가막만은 남북방향의 길이가 약 15km, 동서방향

의 길이가 약 9km인 타원형 내만이며, 평균 수심이 약 9m인 천해이다(國立水振院·全南道, 1982). 해저지형은 오목하게 깊은 북서 내만역과 만중앙으로 부터 남쪽으로 갈수록

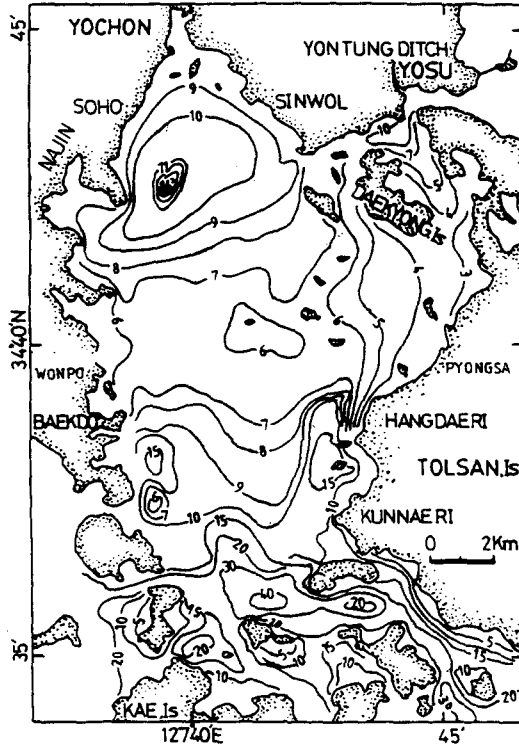


Fig. 1. Bathymetry of Kamak Bay (after Kang, 1981).

40m까지 차츰 깊어지는 남쪽 만구역 그리고 수심이 얇고 경사가 완만한 동부 천해역으로 구분된다(kang 1981, Fig. 1).

대조차는 약 3m이며, 탁월한 조석류에 의하여 해수는 북쪽 협수도(여수항)와 남쪽 만구를 통하여 거의 동시에 출입하며 양쪽에서 유입한 해수는 만내에서 상접한다(國立水振院 1978, 水路局 1978). 해수유동은 생물 생산과 수산자원 배양을 좌우하는 용존물의 보급 및 제거, 어란 및 치자어 분포에 관여하며, 흐름과 表裏 관계에 있는 前線, 水溫躍層 등의 水塊구조와 그 변화를 통하여 수산생물의 분포와 이동, 어장 형성에 직접·간접의 영향을 미치고 있다(川畝, 1991).

상기만은 대부분이 수하식 굴 양식장으로서, 그 생산량은 전국의 약 30%를 점하는 중요한 어장이며, 청정 해역으로도 지정되어

있지만 과도한 굴 양식과 주변 임해공단 및 도시로 부터의 폐수 유입의 증가로 어장 환경 관리상 많은 문제가 발생하고 있다(이·조, 1990). 이와 같은 관심과 흥미 때문에 가막만에서 해수 특성 및 수괴에 관한 연구(國立水振院·全南道 1982, kim 1983, 李·崔 1985, 이·조 1990)와 기초생산에 관한 연구(梁 1978, Shim 1980, 李等 1991)등이 활발하게 이루어져 왔다. 그러나 해수교환 또는 자정능력에 관한 연구(李·張 1982, 李 1983)와 함께 해수유동 양상과 그 정도에 관한 연구(金 1968, 國立水振院 1978, 水路局 1978, 水産廳·國立水振院 1988, 李 1992)등은 대부분이 조사의 어려움 때문에 단편적인 결과나 개괄적인 조사로 그쳐 구조적으로 복잡한 가막만에서 물질의 거동을 구체적으로 파악하기에는 아직 난해한 바가 있다.

본 논문은 해수유동이 물질순환과 생물 생산에 어떠한 영향을 미치는지 알아보기 위한 기초 연구로서, 1981년 춘계 그리고 1989년 동계에서 1990년 춘계에 걸쳐 가막만에서 수행한 측류관 추적시험, 유속계에 의한 측류, 수온, 염분 및 용존산소량 분포 외에 저질을 관측하고 밀물과 썰물때 만구와 상접역 및 북서 내만역의 해수의 유동 양상을 상세히 알아보고 만 내외의 해수순환 양상을 살펴보고자 하였다.

資料 및 方法

가막만의 해수유동 양상을 알아보기 위하여 Table 1에 표시한 것처럼 1981년과 1990년에 어장시설이 거의 철거되고 풍속이 약한 5월과 6월을 택하여 Fig.2와 같이 2개의 만구역(T,X,Y선)과 해수유동 상접부(A,E,R,W선) 및 북부 내만역(J,L,P,S선)에서 측류관 추적 시험을 행하였다. 그리고 해수유동 특성과 순환 과정을 살펴보기 위하여 동계와

Table 1. Observed date in Kamak Bay

Date	Observation Item*	Moon's Age (day)	Declination	Wind Vel. m/sec (dir.)
1981. 5.25.	D	20.9	S17°48'	1.6(240)
6. 1.	D	27.9	N13°24'	1.8(302)
6. 2.	D	28.9	N17°11'	1.9(223)
6. 3.	D	00.6	N19°48'	1.3(225)
6. 4.	D	01.6	N21°01'	1.9(221)
6. 5.	D	02.6	N20°47'	1.9(201)
1989.12.29.	T, S, O	01.0	S24°31'	3.1(276)
1990. 1.12.	V	15.0	N20°33'	5.8(288)
1.13.	V	16.0	N15°45'	5.9(291)
1.20.	V	23.0	S20°48'	7.0(297)
1.21.	V	24.0	S24°06'	1.2(298)
5.26.	D	01.6	N26°47'	1.1(029)
5.27.	D	02.6	N25°08'	0.8(307)
6. 2.	V, T, S	08.6	S04°25'	1.7(229)
6. 3.	V, O	09.6	S09°43'	0.9(007)
6.23.	V, T, S, O, M	00.3	N26°01'	0.2(094)
6.24.	V	01.3	N23°20'	1.5(028)

* D : Drogue, V : Current meter, T : Temperature, S : Salinity, O : Dissolved Oxygen, M : Mud

하계의 대조기 및 소조기(Table 1)에 만구(V₁, V₂지점)와 만내(V₃, V₄지점) 4개 지점에서 동시에 수심(2.5m)별로 25시간 연속 측류를 실시하였다. 또한, 연직적인 해수 유동 현상과 만내 물질 유입에 따른 해수유동 경과를 검토하기 위하여 동계와 하계(Table 1)에 만내 37개 지점에서 수온, 염분, 용존산소량 및 저질(악취 泥와 흑색 침전물)을 관측하였다.

측류관 추적 시험은 4척의 선박이 동시에 밀물과 썰물때에 각각 수면하 1~2m에서 표류되도록 조정한 측류관을 따라가면서 Sextant에 의한 수평협각법으로 15~30분 마다 위치를 구하였다. 이때 사용한 저항관의 크기는 50cm×50cm로, 제반사항은 李·張(1982)과 같다.

25시간 연속 측류는 자기유향유속계(MTCM-5B) 및 Potable current meter (SD-4) 외에 측류관을 병행 사용하였다.

수온과 염분치는 MC-5, Bridge type의 Oceanographic Salinometer (Accuracy: ±0.05‰, ±0.1°C)를 가지고 현장에서 측정하였으며, 측정수심은 0, 2, 5, 10, 20, 30m 였다.

또한, 용존산소량은 Kitahara type의 채수기를 이용하여 표면 및 저층(저면상 1m)채수 즉시 사이폰으로 시료를 채취하고, 고정시약으로 고정된 뒤 실험실에서 Winkler방법에 따라 측정하였다.

한편, 저질 상태는 Core type의 Bottom Sampler(아크릴, φ 3cm×60cm)를 사용하여 퇴적 층별 시료를 채취하여 악취가 나는 泥質과 그위에 쌓인 흑색 분진상 침전물의

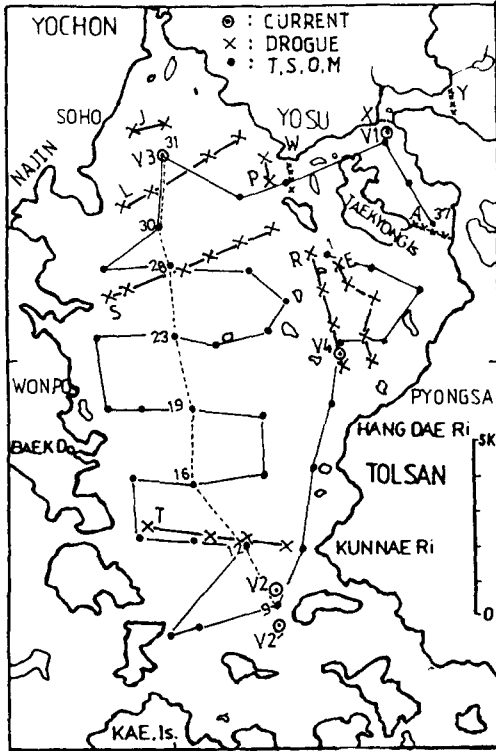


Fig. 2. Oceanographic stations of Kamak Bay. Solid lines denote track of survey, while dotted line vertical section.

두께를 30cm자를 이용하여 재었다.

관측기간 중의 조석조건과 바람 상태는 Table 1과 같았다.

結果 및 考察

1. 해수 유동 양상

1) 만구역의 해수 유동

가막만은 탁월한 조석류에 의하여 만 내의 해수가 북쪽 협수도(여수항)와 남쪽 만구를 통하여 거의 동시에 유입·유출한다. 이때 양쪽 만구역에서의 해수유동 양상을 살펴 보기 위하여, 1981년 5월 25일부터 6월 5일까지 밀물과 썰물의 최강류시로부터 전류시까지 6개 단면(R, S, T, W, X, Y)에서 실시한

측류관 추적 결과는 Fig. 3과 같다.

그림 중 실선은 밀물때를, 점선은 썰물때를 나타낸다. 밀물때, 북쪽 협수도에서 유입하는 해수(X단면)는 대경도의 導流堤 역할 때문에 시류 보다 남류 세력이 커서 대경도의 동남방으로 더 진입한다. 동시에, 남쪽 만구역에서 유입하는 해수(T단면)는 군내리를 중심으로 시계 환류를 형성하며 큰 폭으로 북상 진입하는 양상이다. 군내리 부근의 시계 방향성 환류는 돌출한 지형에 의한 局地的 右旋 渦動 현상에 기인하는 것 같다.

그리고 이렇게 남북 방향에서 유입하는 해수(R, W단면)가 북부에서는 신월동과 소경도를 잇는 지역에서 만나 와류를 형성하는 것이 잘 나타나고 있으나, 대경도의 동남쪽으로 깊숙이 유입하는 해수의 상접은 아직 분명치 않다.

썰물때 만내의 해수는 다시 각각 유입한 만구로 되돌아 가는 경향이며, 북부의 상접 지역인 신월동과 소경도 부근에서는 계속 와류가 나타난다. 이 와류는 위치에 따라 다르게 나타나지만 밀물 때와는 상반되는 방향을 나타내고 있어 유동 방향이 바뀌어 북쪽 협수도와 남쪽 만구역으로 유출하는 해수의 분리역 입을 시사한다.

2) 만내 상접 지역의 해수 유동

남북 양쪽 만구를 통하여 만내에 유입한 해수는 북부에서 신월동과 소경도를 잇는 곳(Fig. 3의 W단면)에서 상접 및 분리하고 있다. 그러나 대경도 동남쪽으로 깊숙이 유입한 해수가 어디에서 상접하고 어떻게 유출하는지 1990년 5월 26일 밀물과 썰물때 2개 단면(A, E)에서 실시한 측류관 추적 결과는 Fig. 4와 같다.

밀물때 양쪽 만구에서 유입한 해수는 초기(Fig. 4-a)에 대경도의 남단과 임도를 잇는 해역에서 만나고 있으나, 후기(Fig. 4-b)에는

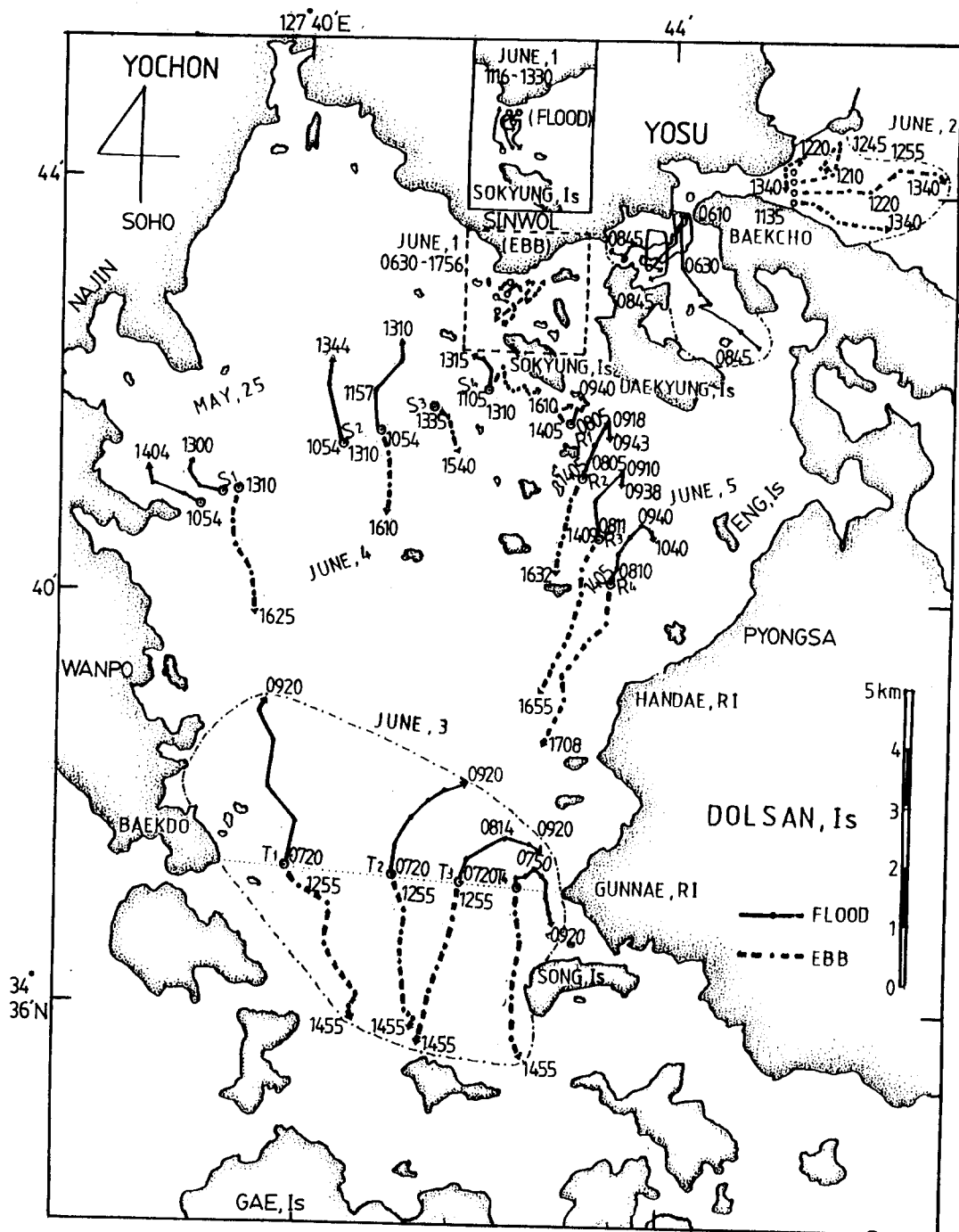


Fig. 3. Results of drogue experiments from maximum velocity to slack water on May 25 through June 5, 1981. Solid lines denote tracks of drogue drifted during flood flow, while dotted lines those during ebb flow.

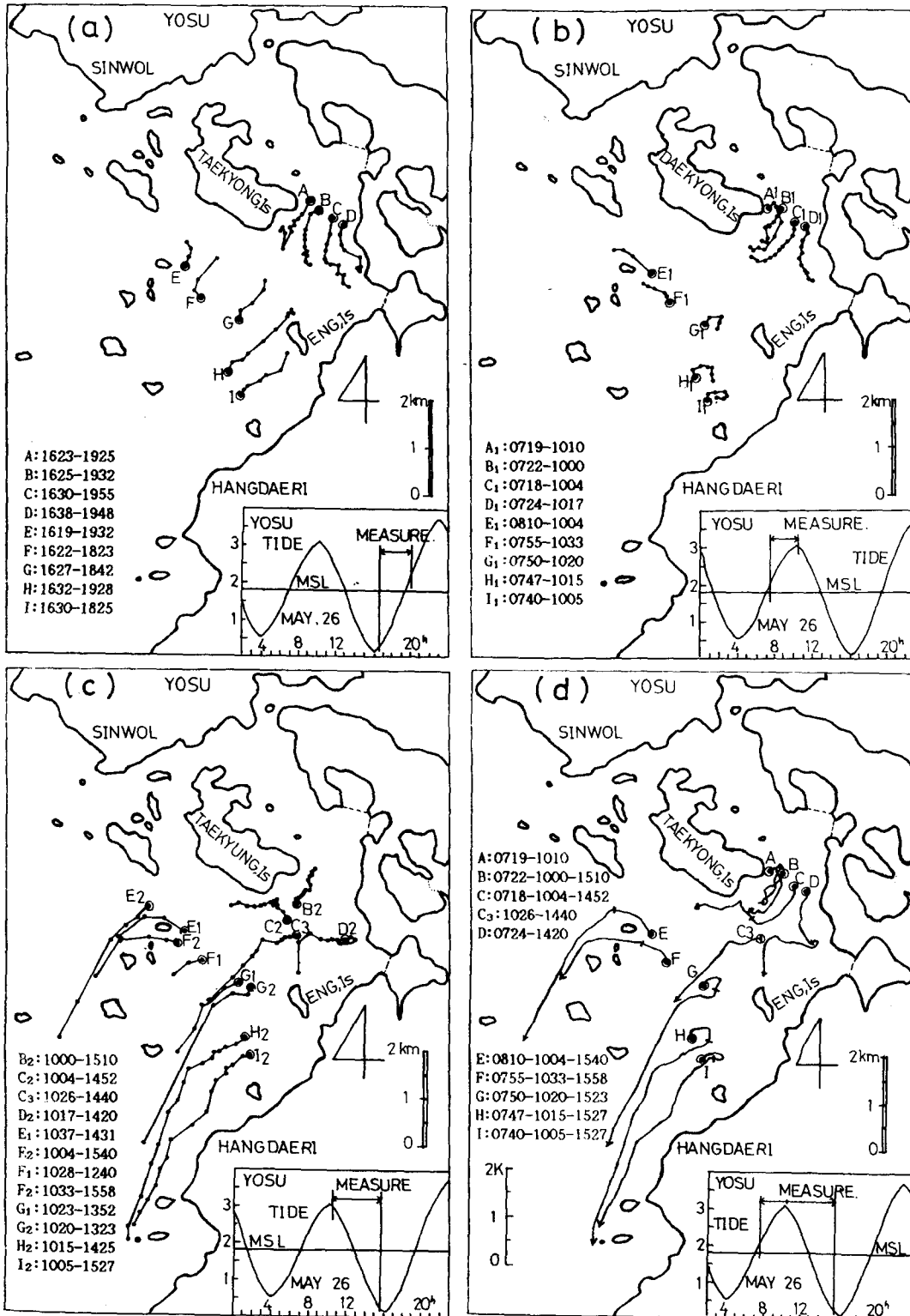


Fig. 4. Results of drogue experiments at converted area of sea water in Kamak bay on May 26, 1990.

그 보다 더 남쪽에서 만나는 것으로 나타났
다. 이 상점지역의 남하 현상은, 밀물때 조
석과가 돌산도의 남동쪽 외해로 부터 진행하
여 오기 때문에 초기에 가막만으로 대량 유
입하는 해수는 위치나 만구 단면적으로 보아
북쪽의 협수도 보다 남쪽 만구역이나, 시간
이 경과 하면서 북쪽 협수도에서 수위차 조
석 현상이 커져서 그 곳에서 남하하는 해수
세력이 상대적으로 강하게 나타나 밀리기 때
문이라고 사료된다. 이 때문에 밀물 후기에
남쪽에서 북동진한 해수(Fig. 4-b의 E, F지
점)가 상점 지역에서 같은 방향으로 더 진입
하지 못하고 진행류에 밀려 초기보다 강하게
북서향하는 양상이 잘 나타나고 있다.

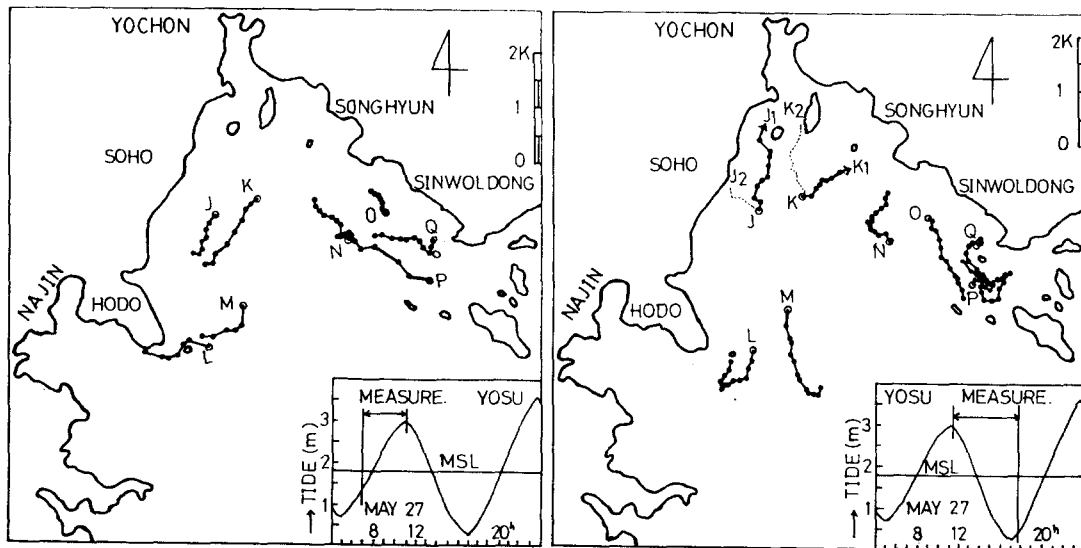
썰물때(Fig. 4-c)는 북쪽 협수도에서 유입
하여 대경도의 동쪽을 통과한 해수 대부분이
부근 해역에 체류하거나 西流 혹은 南流하
며, 일부가 아주 느리게 북류하여 되돌아 간
다. 따라서 썰물때 대경도 동남쪽의 해수 분
리역은 대경도의 남단 가까이에서 나타나 밀
물때의 상점역 보다 훨씬 북쪽에서 형성된
다.

그리고 이 지역(A단면)에서 밀물 후기로
부터 썰물동안 8시간을 계속 추적한 측류관
의 거동(Fig. 4-d)을 살펴보면 북쪽 협수도
에서 유입한 해수는 결국 이어지는 밀물을 따
라서 모두 남하할 것으로 사료된다.

3) 북서 내만역의 해수 유동

해저 지형이 특이하게도 오목하게 깊은 북
서 내만역에서 해수유동 양상이 어떠한지 살
펴보기 위하여 1991년 5월 27日 밀물과 썰물
때 3개 단면(J, L, P)에서 실시한 측류관 추적
결과는 Fig. 5와 같다.

밀물때(Fig. 5의 左)에 북서 내만역에서는
반시계 방향의 환류가 존재하는 것이 뚜렷하
게 나타난다. 이것은 Fig. 4에서 살펴본 바와
같이 밀물 초기에 남쪽에서 북동진 해운 해
수가 밀물 후기에는 서서히 북서향 하므로써
소경도 남쪽에서 만의 중앙부를 지나 똑바로
북향 유입한 해수와 합류하게 되므로 주변보
다 상대적으로 유량이 많아지면서 진행류에
밀려 낮은 지형을 따라 흐르기 때문이라고
생각된다. 이 반시계 방향성 환류를 따라 흐



J:0730-1021, K:0720-1026, L:0741-1114, M:0745-1042
N:0725-1051, O:0700-1040, P:0706-1035, Q:0700-1045

J₁:1125-1715, K₁:1120-1723, L:1130-1724, M:1135-1738
N:1200-1735, O:1150-1725, P:1130-1720, Q:1130-1710

Fig. 5. Results of drogoue experiments at inner area of north west in Kamak bay on May 27, 1990.

르는 해수는 소호리를 돌아 호도부근에 도달하면 모두 나진포 쪽으로 유입하는 양상이다. 환류는 그 중심역의 해저지형이 특히 오목하게 깊은 곳(Fig.1)과 일치하고 있어 이 지역에서 꽤 흥미있는 현상으로 사료된다.

썰물때(Fig.5의 右)는 소호리와 호도의 중간 수역을 경계로 하여 그 북방에서는 동쪽으로 가면서 북향류-동류-남동류가 나타나는 시계방향성 유동 변화가 보여졌다.

그리고, 신월동 부근의 해수(P,Q지점)는 약 6시간 동안 썰물을 따라 소경도 앞에까지 갔다가 모두 되돌아 나오는 복잡한 유동 양상을 보였다.

한편, 그 남방(M,L지점)에서는 아주 천천히 남류하거나 시계방향으로 흘러서 나진포

쪽으로 향하는 유동 양상이다. 이와 같은 북부 내만역의 유동은 그 유역에서 투입되는 물질이 썰물을 따라 북쪽 협수도(여수항) 방향으로는 거의 유출하지 않으며, 부근에 머물러 있거나 소경도의 남서쪽을 경유하여 천천히 남하할 것을 시사한다. 그러나 이것은 밀물때 반시계 방향성 환류를 따라 썰물때 보다는 강하게 수송되어 가므로 반복되는 해수유동에 의하여 결국 대부분의 부유물은 나진포 쪽으로 유입하게 될 것으로 사료된다.

4) 가막만의 해수 유동

이상의 측류판 추적 결과를 종합하면 밀물때와 썰물때 가막만의 해수유동 양상은 Fig.6과 같다.

그림중 굵은 실선은 밀물이나 썰물의 후기

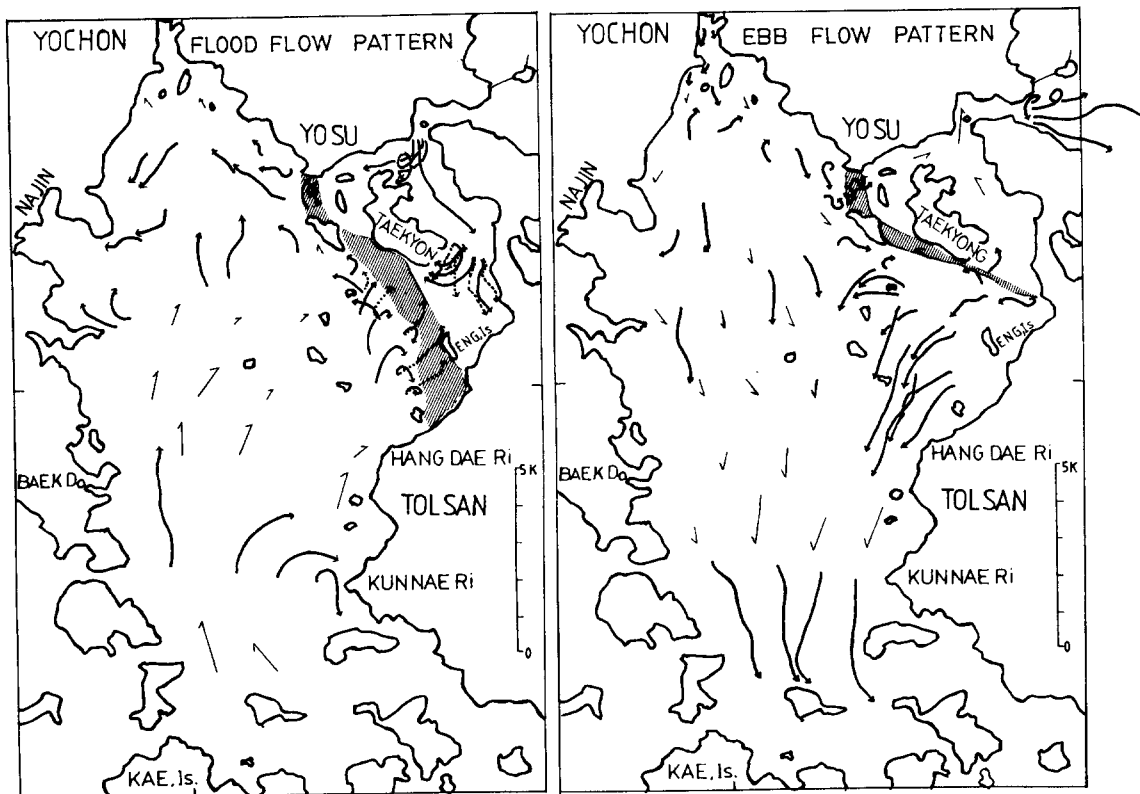


Fig. 6. Current pattern of flood flow (left) and ebb flow (right) during about 3 hours in Kamak bay. Solid lines denote in early time of flood or ebb flow, while dotted lines in late of flood flow. Oblique lines denote meeting area (left) and separated area (right).

약 3시간 동안의 해수거동을, 굵은 점선은 밀물의 초기 약 3시간 동안의 해수거동을 나타내었다. 그리고 사선은 북쪽 협수도와 남쪽 만구에서 각각 유입한 해수의 상접역 또는 분리역(셸물때)을 표시하였다.

밀물때 상접역은 앞에서 살펴본 바와같이 초기에 사선 지역의 우측 경계선에서 만나며, 후기에는 그 보다 남쪽으로 밀려서 좌측 경계선에서 만난다.

한편, 북서 내만역에서는 밀물때 반시계 방향성 환류가 형성되어 유입한 해수가 나진포 쪽으로 수렴하며, 썰물때 소호리와 호도의 중간 수역을 경계로 하여서 아주 느리게 시계 방향으로 변화하는 유동을 따라 천천히 남류 하거나 나진포 쪽으로 향하는 양상이다.

이와 같은 해수유동이 가막만으로 유입한

물질에 대하여 장기적으로 어떻게 응답 했는지를 검토하기 위하여, 1990年 6月 23일에 만내 37개 지점에서 조사한 저질 상태는 Fig. 7과 같다.

그림중 가는 실선은 악취가 풍기는 泥質의 두께를, 굵은 실선은 泥質위에 쌓인 흑색 분진상 침전물의 두께를 나타내었다. 만내에서 보여지는 악취 泥質 및 흑색 침전물은 대부분이 북쪽 협수도(여수항) 부근과 북서 내만역에서 광범위하게 분포하였으며, 최대 두께는 각각 35cm, 7cm였다. 이것은 적어도 도시 산업화 이후 가막만으로 유입한 도시하수 혹은 공장 폐수의 영향이 장년에 걸친 해수 유동의 결과 해역별로 어떻게 나타나고 있는지를 보여 준다고 생각된다. 특히, 광범위한 분포를 보이는 북서 내만역은 악취 泥質과 흑색 침전물의 분포 중심이 각각 여천시와 나진포로 나타나 그 분포 중심이 달랐다.

이와 같은 분포가 이 지역에서 광범위하게 나타날 뿐만 아니라 그 분포값이 큰 것은 북서 내만역 주변(여천시)에서 유입된 물질이 소량 일지라도 이 지역 특유의 미약한 해수 유동과 오목한 해저지형 등에 갇혀서 수송이 억제되므로 대부분이 축적되기 때문이다.

또한, 물질의 유출지가 아닌 나진포가 흑색 분진상 침전물의 분포 중심지로 나타난 것은 상기한 바와 같이 이 유역에서 밀물때나 썰물때에 나진포로 향하는 해수유동이 상존하므로 가벼운 부유물을 천천히 그 곳으로 수송했기 때문이라고 사료된다.

이러한 분포 양상은 조등(1982)이 상기만에서 측정된 저질의 Phaeophytin과 COD값으로 제시한 저질 오염 분포도와 잘 일치하는 결과이다.

2. 해수 유동 특성

1) 지역별 조류 특성

가막만의 계절 및 조시에 따른 해수유동

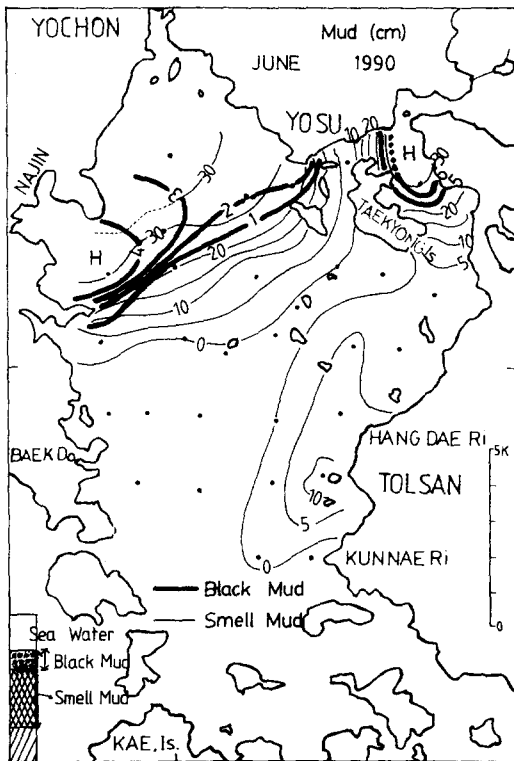


Fig. 7. Distributions of smelled mud and black deposits of bottom in Kamak bay.

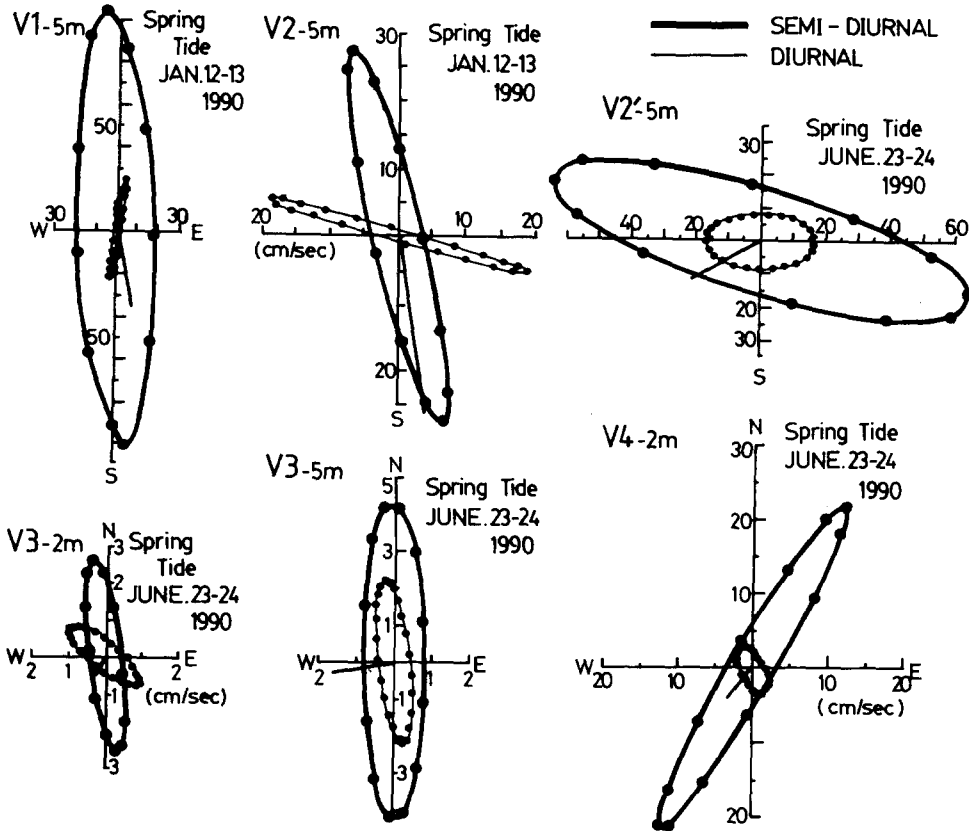


Fig. 8. Tidal current ellipses form records obtained of Yosuhobour at north chanel (V_1), Song-do Island area at south mouth (V_2), So-ho area (V_3) and Pyung-sa area (V_4) in Kamak bay.

특성을 알아보기 위하여, 동계와 하계의 대조기 및 소조기 (Table 1)를 택하여 동시에 4개 지점 (Fig. 2의 $V_1 \sim V_4$)에서 수심 (2, 5m) 별로 25시간 연속 측류를 하고 최소자승법으로 조화분해를 한 결과 지점별로 대표적인 조류타원도 양상은 Fig. 8과 같다.

북쪽 협수도의 여수항 (V_1 지점)과 남쪽 만구역의 송도 부근 (V_2 지점)에서 관측한 최강 유속은 각각 182cm/sec , 87cm/sec 였으며 언제나 남북 방향 성분이 탁월하였다.

반면에, 만내에서는 북서 내만역의 소호 (V_3 지점)가 최강유속 16.7cm/sec 였으나 대개가 10cm/sec 미만으로서 매우 미약했으며, 평사 부근 (V_4 지점)의 경우에는 44cm/sec 로,

역시 남북방향 성분이 우세하게 나타났다.

그리고 계절 및 潮時별 조류타원도를 보면 언제나 반일주조가 탁월하게 나타나며, 각 지점마다 수심별 조류 형태가 서로 유사하다. 단지, 하계에 소호 (V_3 지점)에서만 수심 2m와 5m의 조류 형태 및 항류 값이 크게 달랐다. 이것은 북서 내만역에서 하계에 미약한 해수 유동과 증가하는 해면 가열 때문에 성층현상이 나타나 (이·조, 1990), 표층과 저층이 다른 유동 특성을 갖기 때문이다.

2) 항류

한편, 가막만의 항류와 순환 양상을 살펴 보기 위하여, 4회에 걸쳐 얻은 4개 지점의 수심 2m에서의 항류값을 함께 도시한 것이

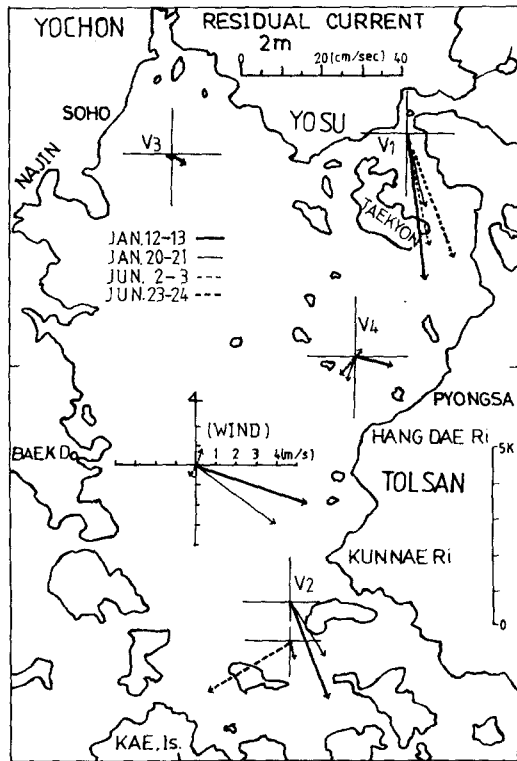


Fig. 9. Residual current of Yosu hobour (V₁), Song-do island area (V₂), So-ho area (V₃) and Pyung-sa area (V₄) in Kamak bay.

Fig. 9이다.

그림의 중앙부에는 여수 측후소에서 관측한 당일의 Vector 평균풍을 나타내었다. 해수가 출입하는 북쪽 협수도(V₁ 지점)와 남쪽 만구역(V₂ 지점)에서는 언제나 남향의 향류가 나타났는데 그 크기가 각각 18~36cm/sec, 4~25cm/sec로, 만내의 다른 해역(V₃, V₄ 지점)보다 훨씬 크다. 이것은 만내에서의 순환 과정이 지형적으로 복잡할 것으로 사료되나 가막만과 외해간의 해수순환이 북쪽 협수대에서 남쪽 만구역으로 이루어지는 것을 암시해 준다. 즉, 여름철에 북쪽(여수항)협수대에 위치한 연등천 등으로 부터 유입되는 담수량의 급증이 남하류를 형성할 것으로 생각되며, 겨울철에는 강한 북풍계 계절풍 때문

에 남향의 취송류가 우세하게 나타날 것으로 사료된다.

이와 같은 순환은 앞에서 측류관 추적 결과 북쪽 협수도에서 유입한 해수가 상접 지역을 지나 남쪽으로 유출하는 양상과 잘 일치한다.

한편, 평사 부근(V₄ 지점)의 향류값은 관측 기간중에 최고치가 7.9cm/sec였으며, 시기에 따라 그 크기와 방향이 아주 달랐다. 평사는 수심이 5m 이내인 천해역이므로 빈번하게 불어가는 바람 등에 대하여 민감하게 응답하여서 취송류가 탁월하게 존재하며 그 지역의 해수순환에 지대한 영향을 미칠 것으로 생각된다.

그리고 소호 부근(V₃ 지점)의 향류는 대체로 연안을 따라서 0.7cm/sec 미만의 크기로 남서류하고 있으나, 6cm/sec 이상의 WNW풍이 있었던 1990년 1월 12일과 13일에 바람 방향으로 3.5cm/sec의 향류값이 나타났다. 최대 수심이 14m인 북서 내만역은 그 보다 천해인 평사 해역과는 달리 일정한 크기 이상으로 장시간 취송되는 경우에만 취송류가 발생한 것으로 사료된다. Nansen 등의 실험식(Pond and pickard, 1983)에서 취송유속 V₀는,

$$V_0 = 0.0126 W / \sqrt{\sin \phi} \dots\dots\dots (1)$$

에 의하여 당일의 Vector 평균풍속(W) 5.9 cm/sec와 위도(φ) 35°를 대입하면 V₀는 9.8 cm/sec가 얻어지는데 이는 평사의 실측치 7.9cm/sec와 비교할 때, 취송 이외에 조석잔차류 등을 고려한다면 근사한 값이라고 생각된다.

3. 북서 내만역의 연직 해수 유동

가막만에서 연직적인 해수유동의 양상이 어떠한지를 살펴보기 위하여, 동계와 하계(Table 1)에 만내 37개 지점에서 관측한 수

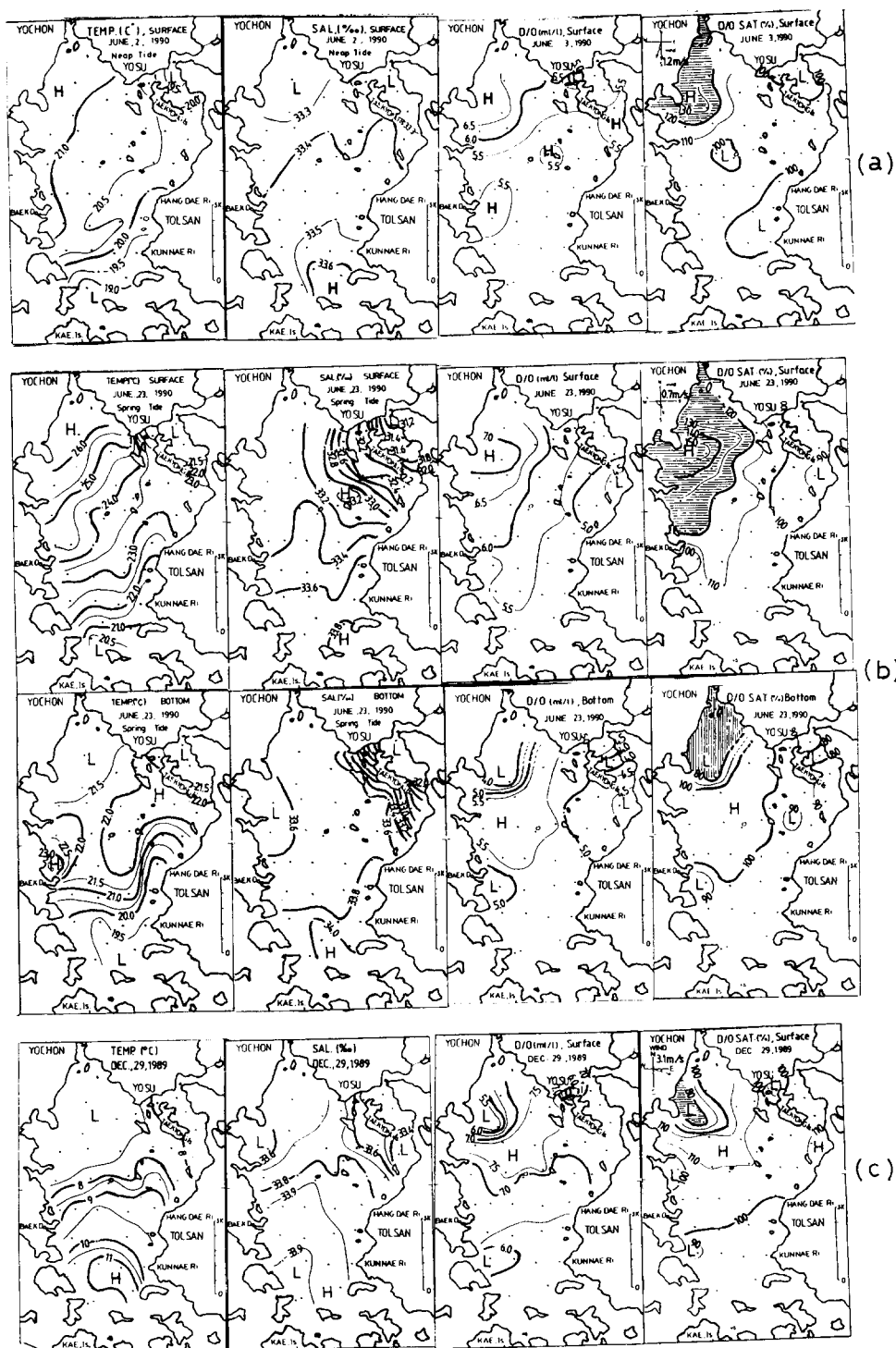


Fig. 10. Horizontal distributions of water temperature, salinity, dissolved oxygen and saturated rate of D/O in Kamak bay in June 3(a), June 23, 1990 (b) and dec. 29, 1989 (c).

온, 염분, 용존산소량 및 용존 산소 포화도 분포는 Fig. 10과 같다.

수온과 염분치는 하계에 19.0~26.1°C, 31.20~34.00‰로, 북서 내만역에서 고온 저염상이고, 북쪽 협수도가 저온·저염상이며, 남쪽 만구역이 저온·고염상인 반면, 동계에는 7.2~11.5°C, 33.30~33.95‰로, 북서 내만역에서 저온·저염상이고 남쪽 만구역에서 고온·고염상이다. 그리고 특이하게도 북서 내만역에서는 하계(Fig. 10-b)에 표층과 저층 수온이 상반된 분포를 보인다. 이들 수온과 염분의 분포는 이·조(1990)가 가막만에서 구분한 수괴 분포 양상과 일치한다.

한편, 용존산소량은 하계에 4.0~7.0ml/l, 동계에 5.5~7.5ml/l로 나타났다. 하계(1990年 6月 23日)의 용존 산소 포화도 분포(Fig. 10-b의 우단)를 보면 북서 내만역에서 나진포를 중심으로 표층에서 150%이상의 포화도가 나타났으며, 저층에서는 그 북쪽에서 80%이하의 포화도를 보여 상반된 양상이다. 이것은 일반적으로 물질 유입이 많아지고 바람이 약해지는 하계에 내만의 정체역 표층으로 물질이 다량 집적하면 표층에서 광합성 미생물이 대량 번식하므로 용존산소량이 과포화 상태가 되는 반면, 저층에서는 성층현상에 의하여 용존 산소의 활발한 보급이 억제되고 저층 생물의 호흡과 활발한 유기물 분해 등으로 용존 산소가 고갈되기 때문이라고 사료된다. Fig. 10-a(1990年 6月 3日)의 용존 산소 포화도 분포는 그와 같은 양상이 진전되기 전의 모습을 잘 보여준다.

그리고 당일 관측한 남북 방향 단면의 수온, 염분 및 밀도(σ_{t-t})분포(Fig. 11)를 보면, 내만역의 5m수심에서 수온, 염분 및 밀도약층이 뚜렷하게 나타난다. 가막만의 성층현상은 해면 가열이 일어나는 봄과 여름철에 나타나며, 특히 해수유동이 미약하고 지형적으로 오목한 지형을 이루는 내만역에서

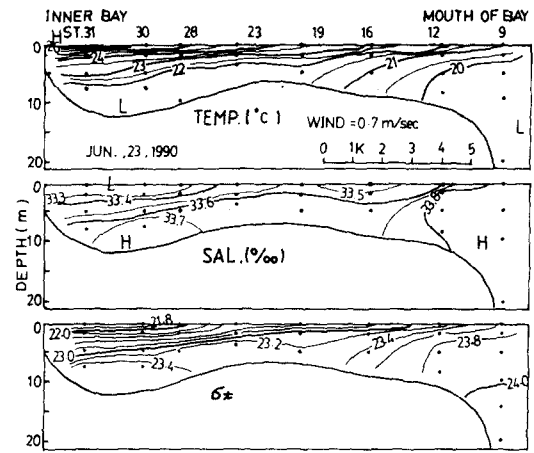


Fig. 11. Vertical distributions of water temperature, salinity and sigma-t in Kamak bay in June 23, 1990.

강한 성층이 형성 되므로(이·조, 1990), 이와 같은 시기에 북서 내만역에서는 연직적인 해수유동이 크게 억제 된다고 사료된다.

한편, 동계(Fig. 10-c)에 북서 내만역의 표층에서는 용존 산소 포화도가 80% 이하인 분포가 바람 방향으로 뻗어 나타나고 있다. 이것은 동계에 강한 離岸風에 의하여 표면수가 취송되면서 오목한 지형에 갇혀있던 저산소의 저층수가 표층으로 올라와 풍향을 따라 이동했기 때문이라고 추측된다. 관측 당일의 Vector 평균풍은 3.1cm/sec, 276°였는데, 이와 유사한 경우인 1990年 1月 12日과 13日에 Vector 평균풍이 5.9cm/sec, 290°로 거의 같은 방향으로 불었을 때 그 부근에서 바람 방향으로 3.5cm/sec의 취송유속이 나타났다(Fig. 9). 그리고 북부 내만역은 주변보다 수심이 깊고 오목하게 패인 지형을 이루고 있는데다 하계에 쉽게 형성되는 성층현상과 미약한 해수유동 때문에 저층수가 수월하게 표층이나 저층주변과 혼합 또는 교류하기가 어렵고 그 때문에 주변 해역보다 저산소역으로 존재하기 쉽다고 생각된다.

그렇다면 겨울에 해면 냉각에 의한 대류혼

합 이외에 강한 離岸風에 의한 연직적인 해수유동이 이 지역에서는 해수 순환 과정상 꽤 중요하리라고 사료된다.

要 約

두개의 만구를 통하여 거의 동시에 해수가 출입하는 가막만에서 해수유동이 물질 순환과 생물 생산에 어떠한 영향을 미치는지 알아보기 위한 기초 연구로서 유동 pattern을 조사하였다.

측류관 추적시험, 유속계에 의한 측류, 수온, 염분, 용존산소 분포 및 저질(악취성 니 및 흑색 침전물)을 1981년 춘계 그리고 1989년 동계에서 1990년 춘계에 걸쳐 조사한 바는 아래와 같다.

① 밀물때 북쪽 협수도(여수항)에서 유입하는 해수는 신월동쪽보다 대경도의 동남쪽으로 남하하여 항대리 부근까지 진입하며, 동시에 남쪽만구에서 유입하는 해수는 군내리를 중심으로 시계 방향의 환류를 형성하며 큰 폭으로 북상 유입한다. 그리하여 이들 해수는 초기에 대경도의 남단과 잉도를 잇는 해역에서 만나고, 후기에는 그 보다 남쪽에서 만난다. 한편, 북서 내만역에서는 지형을 따라 반시계 방향의 환류를 형성하며 소호를 돌아 호도에 이르면 나진포로 유입한다.

② 썰물때 만내의 해수는 양쪽 만구로 나뉘어 각각 유출하지만, 대부분이 남쪽으로 흐른다. 한편, 북서 내만역에서는 매우 약한 시계방향의 유동을 따라 천천히 남류하거나 나진포로 흐른다.

③ 항류는 양쪽 만구역에서 언제나 남향류가 크게 나타났으며, 만내에서는 바람 방향을 따라 나타나는 양상이었다. 따라서, 만내 외 간의 해수순환은 남쪽 방향이지만, 만내 순환은 풍계가 크게 좌우한다고 사료된다.

④ 오목한 지형을 이루는 북서 내만역은

특히 미약한 유동과 상기의 유동 양상 때문에 나진포를 중심으로 악취성 泥와 흑색 침전물이 광범위하게 분포한다고 해석된다. 또한, 이 지역은 성층현상 이외에 강한 離岸風에 의한 유사 용승현상이 나타나 계절과 바람에 따라 크게 다른 연직적 유동이 있음을 시사하였다.

參 考 文 獻

- 趙昌煥·朴晁洋·梁漢變·洪在上(1982) : 得糧灣과 駕莫灣 貝類養殖場의 富營養化. 韓水誌 15(3), 233-240.
- Kang, H.J. (1981) : Late quaternary sedimentary processes in the Gamagyang Bay, South coast of Korea. A Thesis of the reguiements for the degree of Master of science in Seoul National Univ..
- 川合英夫(1991) : 流れと生物と. 京都大學學術出版會.
- Kim Kuh (1983) : Water characteristics and circulation in the Gamag Yang Bay. pro. of college of Natural sciences, Seoul National Univ. 8 (1), 109-120.
- 金三文(1968) : 여수항 및 그 부근 일대의 조류. 수로기술연보, 157-180.
- 李秉燾·姜亨求·姜龍柱(1991) : 굴 養殖場 水域의 基礎生産 研究. 韓水誌 24(1), 39-51.
- 李奎享·張善德(1982) : 駕莫灣의 海水交換. 韓海誌 17(1), 12-18.
- 李奎享(1983) : 駕莫灣의 自淨能力. 麗水產專 研究報告 4, 19-25.
- 李奎享·崔圭檉(1985) : 6月中 駕莫灣의 水溫, 鹽分 및 透明度 분포. 韓水誌 18(2), 157-165.

가막만의 해수유동 Pattern

- 이규형·조규대(1990) : 가막만의 수온과 염분의 분포. 韓水誌 23(1), 25-39.
- 李三魯(1992) : 潮流에 의한 汚染物質 擴散의 數值模型. 전남대학 박사 학위 청구 논문.
- Pond, S and G.L. Pickard(1983) : Introductory dynamical oceanography. 2nd ed., Pergamon press, New York, 329.
- 水産振興院(1978) : 沿岸 漁場 및 臨海工業團地 周邊 海域의 海水流動. 89-92.
- 水産振興院·全羅南道(1982) : 全南東部沿岸 養殖漁場 基礎環境 및 低棲貝類에 關한 調査. 7-39.
- 수산청·수산진흥원(1988) : 연안어장 기본조사 보고서. (전라남도편), 13-31.
- 水路局 海洋課(1978) : 1977년도 여수항일대 조류관측 결과. 수로기술연보, 91-122.
- Shim, J.H. (1980) : Biological Oceanography of Gamag yang Bay-the Yeoja Bay Water system (I). J. ocean. Soc. Korea 15 (2), 89-99.
- 梁漢春(1978) : 봄철 麗水沿岸의 植物플랑크톤 色素量 分布. 麗水水專論文集 12, 82-88.
- 麗水測候所(1981, 1989, 1990) : 麗水地方의 日氣象 統計表.