

● 技術報告

## 준설공사시 발생하는 부유물질의 확산 및 단일오탁방지막의 효과분석

김 계 영\* · 정 중 룰\*\*

(98년 6월 1일 접수)

### Diffusion of the Suspended Matter Caused by Dredging and the Effect of the Single Silt Protector

Kye-Young Kim\* · Jong Yul Chung\*

**Key Words** : Suspended Matter(부유물질), Silt Protector(오탁방지막), Dredging(준설), Tide  
(조석)

#### Abstract

The purpose of this study is to determine the distribution of the suspended matter caused by dredging at the northeastern part of Kwangyang Bay and to determine the effect of the single silt protector for it. According to the direction of the tidal current, six sampling stations were chosen from the dredging site to the southeast. At the high tide, the high concentration of the suspended matter was observed below the mid-depth near the dredging site. As the tidal currents were stronger, its concentrations below the mid-depth at the inner stations of the single silt protector were rapidly increased, but those of the outer stations did not show any significant change. The concentrations at the inner stations of the silt protector at that time were from 20~140 mg/l and those of the outer stations, which was only about 30 m apart from the inner station, were from 20~30 mg/l. It suggests that the large amount of suspended matter caused by dredging were moved to the inner stations near the silt protector at the ebb tide and that the silt protector is very effective for the suspended matter.

#### 서 론

최근 연안해역에 대한 활용도가 점차 증가하면서  
서 공단부지, 농업용지, 항만개발 및 레저 등을 위

한 각종 매립 및 준설사업이 활발하게 수행되고 있  
다. 더불어 이로 인한 주변 해양환경에의 직·간접  
적인 영향 등에 대한 관심도 크게 증가하고 있다.  
특히 준설공사시 필연적으로 발생하는 부유물질

\* 서울대학교 해양학과

\*\* 정회원 서울대학교 해양학과

은 주변해역으로 확산되어 해수의 혼탁도를 높이고 인근 해양생태계에 영향을 미칠 수 있기 때문에, 이에 대한 구체적인 저감대책이 필요하다. 즉, 준설공사시 발생된 부유물질에 의해 해역이 현저히 혼탁해지면 빛의 투과량이 줄어들어 광합성 작용을 하는 해양생물이 감소하게 되고, 부유물질 침전시 해양생태계의 1차 생산자인 식물성 플랑크톤이 부유입자와 응집현상을 일으켜 함께 침강되므로 해양생태계를 유지하고 있는 먹이사슬의 파괴가 일어날 수 있기 때문이다.<sup>1)</sup>

이러한 주변 해양환경에의 악영향을 최소화하기 위해서 준설해역은 공사진행시기에 따라 이동식 오타방지막을 설치하며, 매립해역은 여수토에서 발생하는 부유물질의 차단을 위하여 고정식 오타방지막을 설치하는 것이 일반적이다. 그러나, 공사시 발생하는 부유물질의 확산범위와 오타방지막의 차단효과에 대한 연구는 극히 미흡한 실정이어서 이에 대한 체계적인 연구가 필요하다.

본 연구해역은 한반도 남해 중앙부에 위치한 광양만내 북서쪽 해역으로, 대규모 매립 및 준설사업

으로 인한 부유물질의 피해영향을 최소화하기 위해 단일오타방지막을 설치하고 공사를 진행중인 해역이다. 본 연구에서는 준설공사 주변해역의 부유물질 농도의 시간적, 공간적 분포특성을 조사하여, 준설공사에 의해 발생하는 고농도의 부유물질의 확산범위를 조사하고 이를 바탕으로 오타방지막의 효과를 분석하고자 하였다.

## 조사위치 및 방법

### 조사해역 개요

연구해역은 광양만 북서쪽에 위치해 있으며, 수심은 10 m 이하로 조간대가 비교적 넓게 자리잡고 있다(Fig. 1). 광양만은 반폐쇄성 해역으로 동쪽에는 묘도를 중심으로 각각 남·북수로가 발달되어 있으며, 북쪽에는 섬진강, 수어천, 동천, 서천 등의 하천으로부터 세립의 쇄설성 퇴적물이 만내로 유입되고 있다. 광양만의 조석은 반일주기가 우세하게 나타나며, 조차는 평균 대조기를 기준으로 약 300 cm이다.<sup>2)</sup>

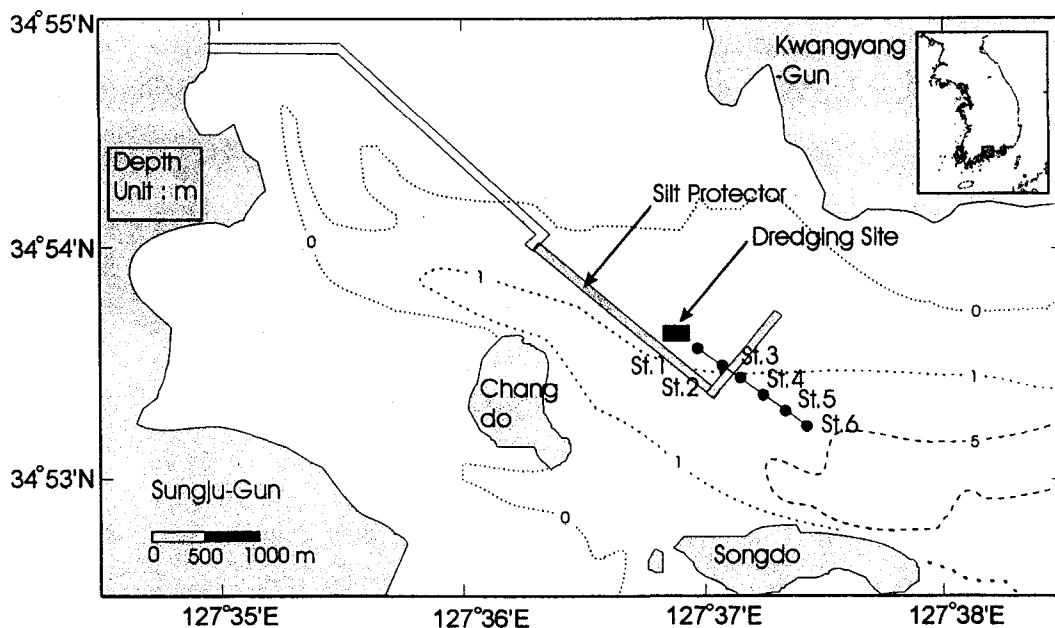


Fig. 1 A map showing the study area and sampling stations  
(The contour of 0m indicates the Lowest Low Water Level)

연구해역에서 소조기에 수행된 조류관측결과<sup>3)</sup>에 의하면, Fig. 1의 St.5에서 최강창조류시는 약 20cm/sec이고, 방향은 북서쪽으로 나타나며, 낙조류시에는 남동쪽으로 10~20 cm/sec의 유속이 나타난다. 이때, 창조류의 지속시간은 낙조류보다 약 1시간 40분가량 더 오래 지속되고, 창조류가 낙조류의 유속보다 큰 조석비대칭이 관측되었다. 연구해역에서 대조기에 수행된 부표추적실험 결과<sup>3)</sup>에 의하면, 낙조류시에 장도 북동쪽에 투하한 두 개의 부표는 남동쪽으로 이동하며, 이때 최강유속은 각각 55.8 cm/sec, 62.3 cm/sec에 이르는 것으로 관측되었다.

본 해역의 부유물질 농도에 대한 기존 연구결과<sup>3,4)</sup>에 따르면, 여름철 대조기에 표층에서는 10~30 mg/l, 저층에서는 20~40 mg/l에 이르는 것으로 나타났으며, 동일정점에 대해서도 채취깊이, 조석, 계절 등에 따라 부유물질의 함량변화가 다양하게 나타나는 것으로 조사되었다.

조사시기 및 방법

본 연구에서는 관측당시 준설해역으로부터 발생

하는 부유물질의 이동, 확산방향을 조사하기 위하여 낙조류시의 부표추적을 실시하였다.<sup>5)</sup> 1996년 8월 15일(대조기) 낙조류시에 오탁방지막 인근 해역에서 투하한 부표는 남동방향으로 진행되는 양상을 보이다가 송도 북쪽해역에서는 동쪽방향으로 진행하였다(Fig. 2).

이때 관측된 최강유속은 29.1 cm/sec로 나타났으며, 부표의 이동방향에 근거하여 부유물질의 이동, 확산방향을 추정하고 Fig. 1과 같이 준설선으로부터 동남쪽으로 6개 정점을 선정하였다. Fig. 1에 표시된 수심은 약최저저조면으로 실제 관측당시의 수심은 이 지역의 대조평균만조위(광양항 기준 : 약 3.5 m)를 더한 수심이며, 특히 St. 1의 경우에는 이미 준설작업이 상당부분 진행되어 주위해역보다 깊은 수심을 나타낸다. St.1은 준설선으로부터 약 10 m 거리에 위치해 있으며, St.2는 오탁방지막으로부터 약 5 m 내측에, St.3은 오탁방지막으로부터 약 30 m 외측에 위치해 있다. 한편, St.4는 St.3로부터 약 200 m 정도 떨어져 있으며, St.5, St.6의 간격은 약 300 m간격이다.

연구해역의 준설작업에는 약 20,000 HP의 준설선이 이용되었으며, 준설해역을 중심으로 L자 형

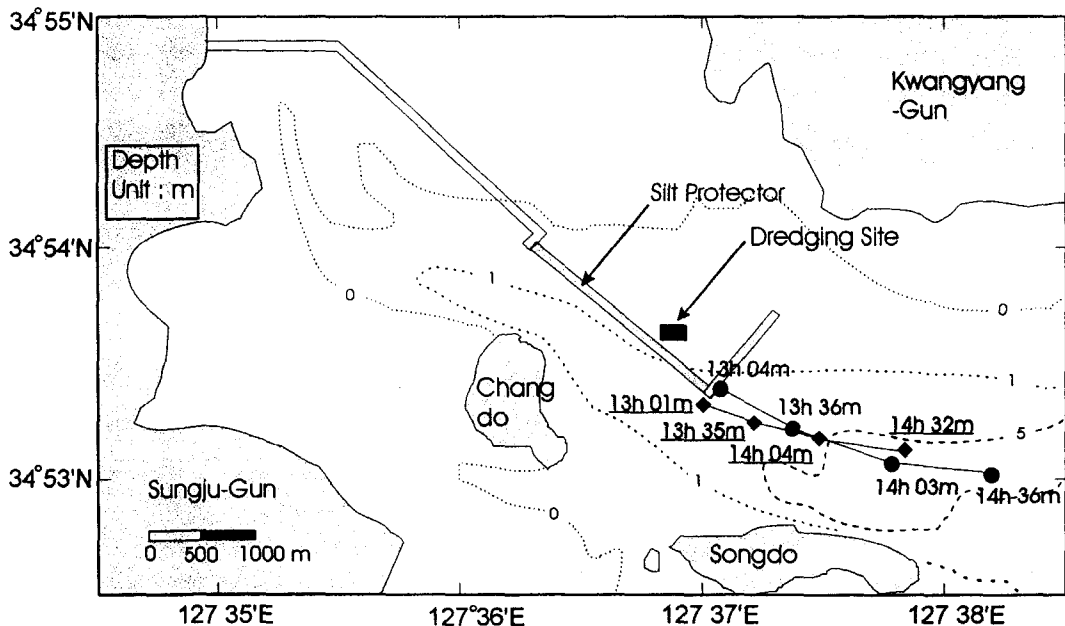


Fig. 2 Trajectories of the drifters (August 15, 1996)

태의 단일오타방지막이 설치되었다. 준설토는 원심력 펌프로 흡입되어 배사관을 통해 북서쪽해역의 호안 내측으로 이송되었고, 오타방지막은 부유체에 연결된 합성섬유막체가 커튼식으로 설치되었으며, Wire Rope에 의해 20 m간격으로 막체와 해저부의 Anchor Block이 연결되었다.<sup>1)</sup>

부유물질 농도의 관측시기는 1996년 8월 16일(대조기) 9시 30분~15시 56분까지 약 6시간 30분간이며, 이때 광양항 기준 고조시간은 10시 22분이다. 부유물질의 관측은 CTD의 OBS를 이용하여 1시간 간격으로 7회 관측하였으며, 조석주기에 의한 부유물질의 변동폭을 최소화하기 위해 매회마다 약 20 분이내에 모든 정점에 대한 관측을 수행하였다. 준설작업은 부유물질관측이 시작된 오전 9시 30분부터 오후 1시까지 지속적으로 수행되었으며, 오후 1시 이후 준설작업이 종료된 후에도 준설작업 위치

(St.1)로부터 다른 정점들에 대한 부유물질 농도조사를 지속적으로 수행하였다.

## 결과 및 토의

### 정점별 부유물질 농도변화

시간에 따른 각 정점별 부유물질의 농도변화(Fig. 3)에 의하면, 준설공사 해역으로부터 가장 가까운 관측정점인 St.1에서 주위 정점들에 비해 현저히 높은 부유물질 농도가 나타남을 알 수 있다.

관측이 시작된 오전 9시 30분에 표층으로부터 수심 4 m까지는 20~30 mg/l이나, 수심 6 m부터는 급격히 증가하여 수심 8 m이하에서는 100 mg/l 이상으로 부유물질 농도가 매우 높게 나타남을 알 수 있다(Fig. 3a). 이와 같이 하층에서 나타나는 높

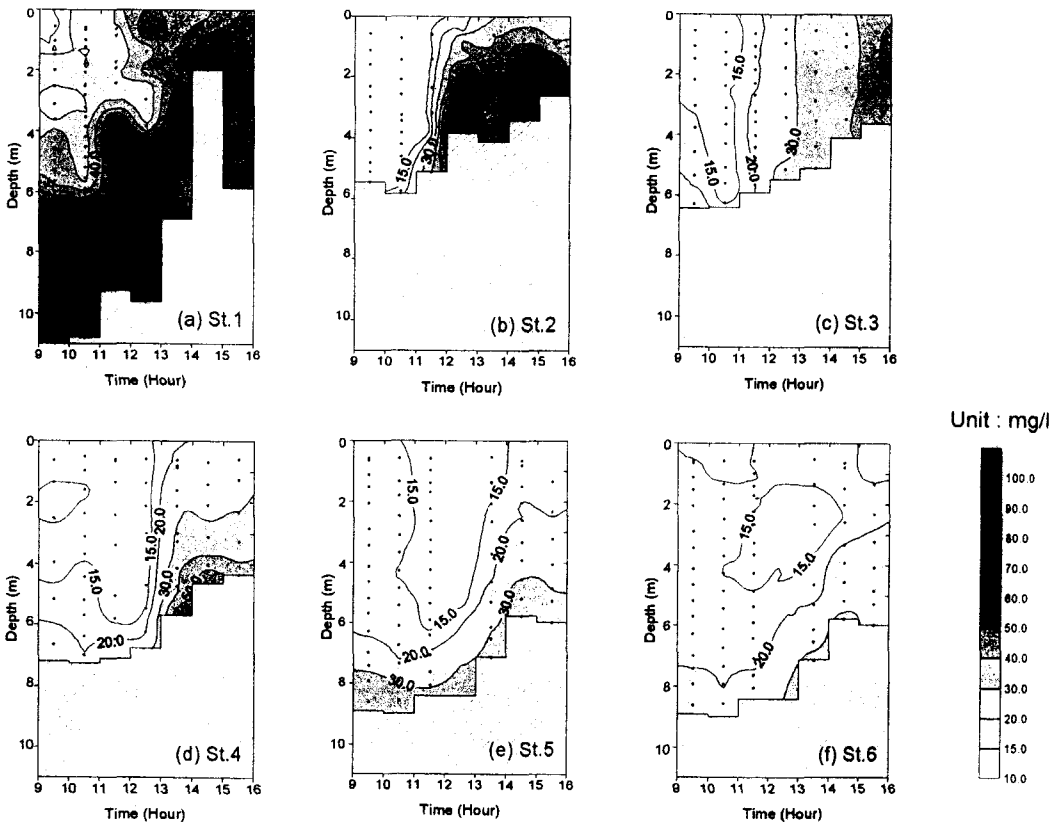


Fig. 3 Time series of the variation of suspended matter concentration at each station

은 농도의 부유물질은 해저 준설공사에 따른 표층 퇴적물의 재부유에 의한 것으로 추정된다. 부유물질 농도는 준설공사가 진행중인 12시 30분까지 비슷한 분포가 지속되며, 12시 30분에 저층에서 최고 농도를 나타낸다. 광양항 기준으로 고조시각이 10시 22분인 점을 고려하면, 이와 같은 농도증가는 낙조류가 점차 강화되어 준설해역으로부터 발생한 부유물질이 St.1로 많이 확산된 때문으로 사료된다. 준설공사가 중지된 13시 30분에 관측한 결과에 의하면, 이전까지 준설공사의 영향으로 100 mg/l 이상 나타내던 저층수의 농도가 상대적으로 낮아지고, 전 수심에 걸쳐 50~80 mg/l의 농도가 나타난다. 이와 같은 현상은 준설공사시 발생한 부유물질의 영향이 남아있거나 혹은 인근에 넓게 발달한 조간대로부터 발생한 고농도의 부유물질의 영향으로 생각할 수 있다. 본 연구해역의 북동쪽 해역에서 시료를 채취하여 1 m 깊이 수조에서 부유물질의 침강실험을 실시한 결과에 의하면,<sup>1)</sup> 표층에 투입한 부유물질이 60분 경과후 수심 1 m 바닥에 약 85% 정도 침전됨을 제시하고 있다. 하지만, 실제 해양에서는 조류의 영향을 받게 되며, 연구해역의 수심이 1 m 이상이기 때문에 준설시 발생한 부유물질의 영향이 일정 시간 지속될 것으로 사료된다. 한편, 14시 30분 이후에도 St.1의 부유물질 농도는 50 mg/l 이상으로 관측되었다.

오타방지막으로부터 약 5 m 내측에 위치한 St. 2의 시간별 부유물질 농도변화는 Fig. 3b에 나타나 있다. 10시 30분 이전에는 20 mg/l 이하의 농도를 나타내다가 12시 30분에는 100 mg/l 이상의 고농도가 저층에서 관측되었는데, 이와 같은 현상은 낙조류의 영향으로 준설작업시 발생한 부유물질의 영향인 것으로 사료되며, 준설작업이 종료된 13시 이후 현저히 감소한 부유물질 농도분포도 이와 같은 추정을 뒷받침한다. 한편, 오타방지막 약 30 m 외측에 위치한 St. 3의 부유물질 분포는 St.2와 매우 대조적인 양상을 보인다(Fig. 3c). 대체로 부유물질 농도가 전 수심에 균일하게 나타나며, 고조에서 저조로 갈수록 농도증가가 뚜렷하게 나타난다. 즉, 준설작업이 진행중이던 13시까지 20 mg/l 이하였던 부유물질 농도가 30 mg/l까지 점차 증가하였고, 준설작업이 중단된 13시 이후에도 저조시까지

계속해서 증가하는 양상을 나타내었다. 이와 같이 St.2와 St.3은 비슷한 수심에 위치하고 있지만, 오타방지막을 사이에 두고 부유물질의 농도가 뚜렷하게 다른 분포를 보이고 있다.

St.4에서의 농도분포에 따르면, 13시까지 20 mg/l 이하의 농도가 나타나다가 점차 저조시각에 가까워지면서 점차 농도가 증가하는 양상을 보인다(Fig. 3d). St. 3에서 농도분포가 수직적으로 비교적 균일했던 반면에, St.4에서는 수심별로 부유물질의 농도가 증가하는 분포를 보여준다. St.5에서 이와 같은 양상은 더욱 뚜렷하게 나타나, 표층에서 저층으로 갈수록 부유물질의 농도가 증가하는 분포를 보인다(Fig. 3e). 또한 고조에서 저조로 갈수록 수심이 얕아지면서 부유물질의 농도가 증가하는 양상을 나타내었다. 준설해역에서 가장 멀리 위치한 St. 6의 농도분포는 St. 5와 비슷한 경향을 보이며, 대체로 10~30 mg/l의 농도를 나타내었다.

#### 관측시간별 부유물질 농도의 공간분포

Fig. 4는 시간에 따른 부유물질의 농도분포를 나타낸 것으로, 준설작업위치에 가장 가까운 St. 1로부터 낙조류 방향으로 선정된 St.2~St.6의 수직적인 농도를 함께 나타내었다.

1996년 8월 16일 09시 30분경(광양항 기준 : 10시 22분 고조)에 측정된 부유물질 농도분포에 따르면, 준설작업 인근해역인 St.1의 저층에서 100 mg/l 이상의 고농도가 관측되었으나, St.1과 인접한 St.2에서는 부유물질 농도가 15 mg/l 이하로 나타났다(Fig. 4a). 또, St.3~St.6의 거의 전 수층에서도 10~20 mg/l의 농도가 나타났는데, 이는 고조시각에 근접하여 조류의 영향이 극히 미약하기 때문인 것으로 사료된다. 한편, St.1의 수심 8m 이하에서 100 mg/l의 고농도가 관측되고, 수심 4 m 이상에서는 다른 정점과 큰 농도차이를 보이지 않는 것으로 나타나, 준설해역에서 발생한 부유물질이 주로 저층으로 확산됨을 알 수 있다.

Fig. 4b는 10시 30분에 측정된 부유물질 농도의 수직단면을 나타낸 것으로 St.1에서는 1시간 이전에 비해 표층에서의 농도가 약간 증가하였고, St. 2에

서는 전 수심에 걸쳐 15 mg/l이하의 농도가 관측되었다. 또한 오락방지막 외측에 위치한 St.3~St.6에서도 1시간이전의 농도와 큰 차이를 보이지 않는다. 따라서, 이 시각까지도 준설향역에서 발생한 오염물질이 오락방지막 인근해역까지 크게 영향을 미치지 않았던 것으로 추정된다. Fig. 4c에 따르면, 고조후 낙조류가 차츰 강화되면서 준설향역의 부유물질이 오락방지막 인근해역으로 차츰 이동, 확산되는 양상을 나타낸다. St. 1에서는 전 수심에 걸쳐 농도가 증가하는 양상을 나타내었고, St.2의 수심 3 m이하에서는 30 mg/l이상의 농도가 관측되었다. 오락방지막 외측에 위치한 St.3에서는 15~30 mg/l의 농도가 관측되었으며, St.2에 비해 저층의 부유물질 농도가 현저히 낮게 나타났다. St.2의 3 m 이하 수심에서는 20~40 mg/l의 농도를 나타내었지만, 불과 약 30 m 떨어진 St. 3의 동일 수심

에서는 20~25 mg/l의 농도가 나타났다. 한편, St. 4~St.6에서는 20 mg/l 이하의 부유물질 농도가 관측되었으며, 수직적인 농도변화가 크지 않은 것으로 나타났다.

12시 30분에 관측된 자료에 의하면 St.1의 5m이하 수심에서 100 mg/l이상의 농도가 관측되었으며, St.2의 경우 부유물질의 농도가 30~100 mg/l에 이르는 것으로 나타나 낙조류에 의해 준설향역의 부유물질이 이동, 확산된 것으로 해석된다(Fig. 4d). 반면에 St.2로부터 불과 30 m 정도 떨어진 St.3에서는 전 수심에서 25~30 mg/l의 농도가 관측되어 오락방지막에 의한 효과가 분명하게 나타났다. St.4와 St. 5에서는 1시간 이전의 농도분포와 큰 차이를 보이지 않고, 수직적인 분포 역시 큰 차이가 나타나지 않아서, 준설향공사 해역 및 오락방지막 인근의 농도분포와는 대조적인 양상을 보여준다(Fig.

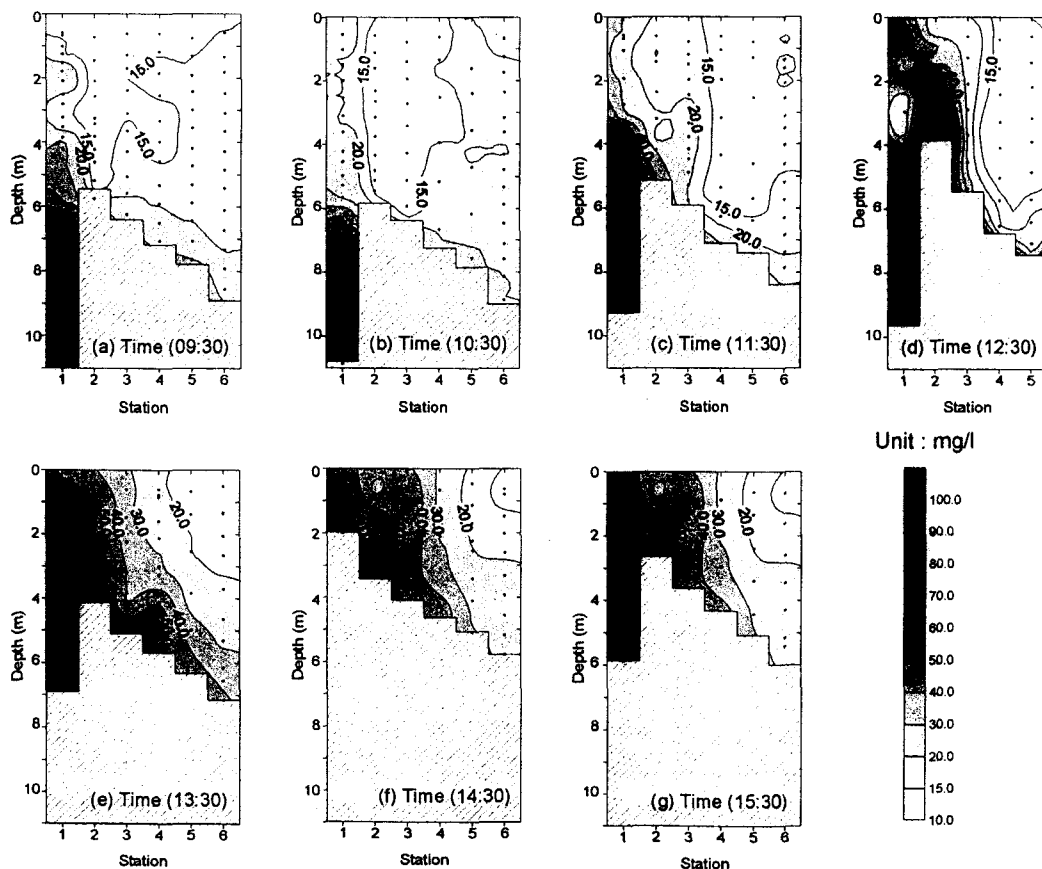


Fig. 4 Temporal variation of suspended matter concentration at 1 hour interval

4d).

Fig. 4e는 준설공사가 중지된 13시 30분경의 부유물질 농도분포를 나타내며, St.1에서 St.6으로 가면서 농도가 점차 감소하는 양상을 보여준다. St.1과 St.2에서는 40 mg/l이상의 농도가 관측되었고, 전 수심에 걸쳐 수직적인 농도변화가 비교적 크게 나타났다. 반면에, St.3에서 St.6로 갈수록 전 수심의 농도가 점차 감소하고, 수직적인 농도변화가 저층에서만 비교적 크게 나타나는 경향을 나타내었다. Fig. 4f는 14시 30분경의 농도분포를 나타내며, St.1에서 St.6으로 갈수록 70 mg/l에서 15 mg/l까지 농도가 감소하는 것으로 알 수 있다. 또, 저조시각(광양항 기준 16시 18분)이 가까워진 15시 30분경에 관측한 결과에 의하면(Fig. 4g), 1시간 전에 관측한 농도분포와 뚜렷한 차이를 보이지 않는다.

Fig. 5는 오탁방지막에 인접한 St.2와 St.3에 대한 시간별 부유물질 농도를 비교한 것이다. 관측 시각 9시 30분~10시 30분에는 준설공사가 진행중이었지만, St.2와 St.3에서 25 mg/l이하의 농도가 관측되어 오탁방지막의 부유물질 차단효과를 논의하기 어렵다. 그러나, 11시 30분~14시 30분에는 St.2와 St.3의 농도가 뚜렷하게 달라짐을 알 수

있다. 특히, 12시 30분에는 St.2에서 140 mg/l까지 나타났던 부유물질 농도가 St.3에서는 30 mg/l이하로 나타나, 단일오탁방지막의 효과가 뚜렷하게 나타났다.

## 결론

준설해역으로부터 낙조류 방향으로 6개의 정점을 선정하여 정점별, 시간별 부유물질 농도분포를 분석한 결과는 다음과 같다.

1. 준설해역에 가장 가깝게 위치한 St.1에서는 준설작업시 중간수심(5 m)이하에서 100 mg/l이상의 고농도가 관측되며, 조시에 따라 수심이 얕아지면서 수심별 농도가 증가한다. 준설작업이 없었던 시기에도 60 mg/l이상의 부유물질 농도가 관측되었으며, 이는 준설작업시 발생한 부유물질의 영향이거나 혹은 주변의 얕은 해역으로부터 부유물질이 유입된 것으로 사료된다.
2. 오탁방지막 5 m 내측에 위치한 St.2의 경우, 고조후 약 2시간후에 부유물질 농도가 갑자기 증가하는 양상을 나타내었으며, 이는 준설해역에서 발생한 부유물질이 최강낙조류에 의해 이동,

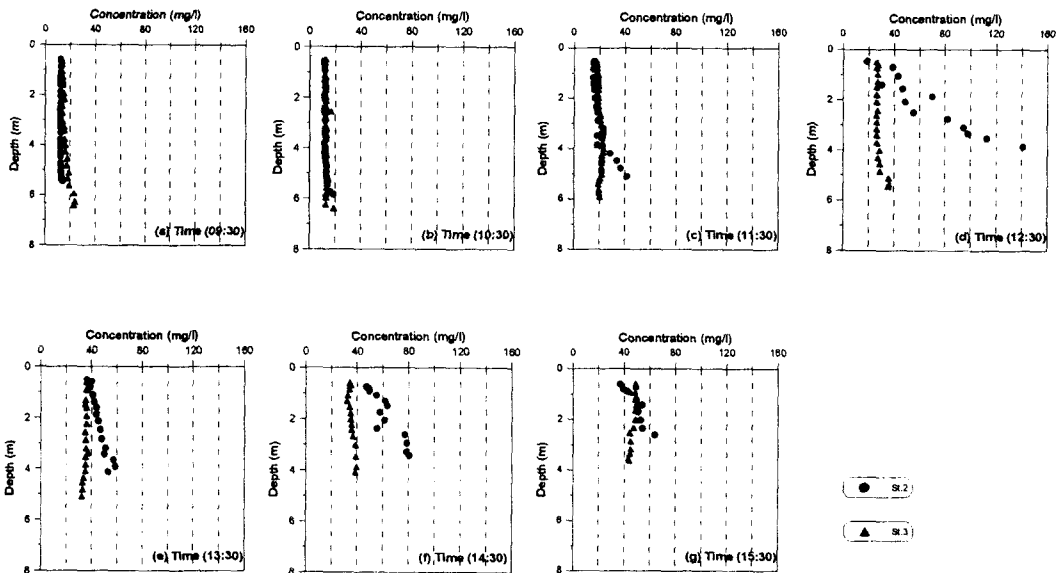


Fig. 5 Time series of suspended matter concentration at St. 2 and St. 3

확산된 것으로 추정된다.

3. 오탉방지막의 내외측에 위치한 St.2와 St.3의 부유물질 농도를 비교한 결과, 최강낙조류시(12시 30분경)에 St.2에서 20~140 mg/l이던 부유물질 농도가 St.3에서 20~30 mg/l로 관측되어 오탉방지막에 의한 부유물질 차단효과가 매우 큰 것으로 나타났다.

### 후 기

본 연구는 서울대학교 해양연구소의 '울촌 제1 지방공단 조성공사 - 오탉방지막 설치 선형 변경에 따른 환경영향변화 연구' 과제에 의하여 수행된 연구결과의 일부임을 밝혀두며, 본 연구에 도움을 준 서울대 해양학과 임 동일군에게 감사를 드립니다.

### 참고문헌

- 1) 전남대학교 환경연구소, "세풍리 간척지 배수로 조성 준설공사 - 단일오탉방지막의 효과분석", 1996
- 2) 포항종합제철주식회사, "광양제철소 부지조성 환경영향 평가서", 1988
- 3) 서울대학교 해양연구소, "울촌 제 1지방공단 조성을 위한 매립으로 인한 피해영향조사서", 1995
- 4) 최정훈, "남해 광양만 서부해역의 부유물질 함량과 입도에 관한 연구", 서울대학교 석사학위논문, 1997
- 5) 서울대학교 해양연구소, "울촌 제1지방공단 조성공사 - 오탉방지막 설치 선형 변경에 따른 환경영향변화 연구", 1996