

인공용승구조물 설치해역의 해양환경 특성

김동선* · 황석범**

*부경대학교 해양산업개발연구소, **부경대학교 해양산업공학(협)

Characteristics of Oceanographic Environment in a Sea Area for the Building of Artificial Upwelling Structure

Dong-Sun Kim* · Suk-Bum Hwang**

*Research Center for Ocean Industrial and Development(RCOID), Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

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

요 약 : 인공용승구조물 설치해역에서 구조물 설치에 따른 해양환경변화를 조사하였다. 남해안의 전선역에 인접한 연구해역의 남동역에서 고온·고염의 분포가 하계에 뚜렷하게 나타났다. 또한 구조물 설치에 따른 유동의 변화 양상을 볼 수 있었다. 한편, 영양염 분포를 보면, 하계 영양염은 표층과 중층에서 구조물 투하 전인 2002년보다 구조물 투하 후인 2005년에 크게 증가하였다. 따라서 구조물 설치로 인한 구조물 설치 전과 후의 해양환경 변화양상은 구조물 설치 효과에 영향을 받고 있음을 알 수 있다. 인공용승구조물설치에 따른 해역의 해양환경특성을 파악하기 위해서는 구조물 설치 전·후의 단기적 비교로부터 보다 장기적인 해양환경조사를 통하여 구조물 설치에 따른 효과가 제시되어야 한다.

핵심용어 : 인공용승구조물, 수온, 염분, 전선역, 용승, 영양염

ABSTRACT : To investigate the variation of marine environments due to set up of artificial structure, we carried out field observations. High temperature and salinity waters near the south frontal area were distributed clearly in the southeastern part of study area during summer season. The variation of current structure was also occurred around study area where artificial structure set up. In 2005 after set up of artificial structure, the nutrient concentration increased greater than that in 2002 before set up artificial structures. To illustrate the characteristics of marine environment due to set up of artificial structure, quantitative analyses on the effect of artificial structure are important.

KEY WORDS : Artificial upwelling structure, Temperature, Salinity, Frontal area, Upwelling, Nutrient

1. 서 론

최근 우리나라 연안역은 도시화·산업화로 인하여 산업 및 생활폐수가 육상으로부터 유입되어 어장환경이 오염되고 있다. 또한 UN 해양법 협약(1994년 12월 발효) 및 중국·일본의 배타적 경제수역 선포(2001년 발효) 등에 의하여 어장이 축소되고 있는 실정이다.

이러한 어장의 축소로 인하여 인위적인 자원조성의 필요성이 부각되어, 인공어초사업(1971년부터 2000년까지)과 바다 목장화 사업(7개년사업, 1998년부터 2004까지; 9개년사업, 1998년부터 2006년까지) 등과 같은 국책사업이 현재 우리나라 연안에서 실시되고 있는 실정이다.

한편, 어장환경조성사업 중의 하나인 인공용승류 사업은 인

공어초사업과 바다 목장화 사업과는 또 다른 새로운 개념으로 연근해 해역에 인공용승어장을 형성하는 것으로 현재 해양수산부(2004년부터 2007년까지 4개년)에서 남해안 거제 오바다에서 시행되고 있다.

해양수산자원의 보고인 용승역은 전 세계 해양의 면적 중 0.1% 정도로 매우 작은 비중을 차지하는 해역이지만, 어류 생산량은 전 해양의 1/2 정도로써 어류 생산성 및 기초 생산력이 아주 큰 해역이다(Ryther, 1969). 또한 어류군집을 유도하기 위한 필수요건인 기초 생산력이 증대되는 지역이고 수산자원이 다량 어획되는 호어장인 용승해역은 수산물을 통한 고부가가치를 창출할 수 있는 곳이다.

인공적으로 용승을 발생시키는 인공용승류 어장사업의 매커니즘을 살펴보면, 해저에 인공구조물을 설치하여 저층의 풍부한 영양염을 표층의 유평층까지 끌어올려 기초 생산력을 증대시키고 먹이연쇄작용으로 인한 어군군집을 유도하며 친환경

* 대표저자 : 종신회원, kimds@pknu.ac.kr 051)620-6255

** chamsin75@hanmail.net 051)620-6211

적으로는 해수수질개선 효과를 가져온다.

이러한 인공구조물을 이용한 어장환경조성의 국외 연구사례를 보면, 일본에서 분고수도(豊後水道)의 우화해(宇和海) 연안에 인공용승 구조물을 설치한 결과 조류 유속이 2할 증가하였고 아표층의 클로로필-a 농도가 2~3배, 동물플랑크톤의 개체수 및 침전량이 2배로 증가하였다. 또한 저서생물이 설치 후 2년간은 감소하였으나 3년 이후에는 중·개체수도 증가하였던 것으로 밝혀졌다(Yanagi and Nakajima, 1991). 또한 일본 나가사키현 키타마쓰우라 앞바다에서의 인공용승구조물에 대한 연구를 보면, 구조물 설치 후에 게르치, 돔, 썸뱅이, 노래기 등의 고급어종이 출현하였고 어장 생산량이 약 3배 증가하였으며 전체적인 어획생산량이 약 8배 증가하였다. 구조물의 크기를 3배로 하였을 때 그 효과가 구조물 크기에 비례하여 증가하는 것으로 보고되었다(SRFGC, 1996-1999). 이러한 인공구조물을 이용한 용승류 발생해역은 구조물 설치 후 2~3년의 기간에 기초생산력 및 수산자원 증대에 큰 효과를 나타낼 수 있으며, 어장환경조성사업이 장기적으로 지속되고 보완된다면 어민 소득증대에 기여할 것으로 기대한다.

따라서 본 연구에서는 현재 우리나라 남해안 거제도 앞바다에서 설치 중인 인공구조물 투하해역에서 구조물 설치 전후의 해양환경변화를 비교 분석하고 구조물로 인한 효과를 파악하고자 한다.

2. 자료 및 방법

2.1 자료 및 방법

연구해역은 구조물 투하정점 (정점 01 : E 128° 30', N 34° 36')을 중심으로 저층에서부터 표층까지 영양염이 발생하여 확산할 가능성이 있는 해역으로 설정하였다(Fig. 1).

수온 및 염분관측은 CTD (Sea-Bird Electronics, SBE-19 SEACAT Profiler) 및 수질 측정계 (YSI Environmental, YSI Sonde 6600)를 이용하여 구조물 투하 해역을 중심으로 수온 및 염분(2005년 3월 2일, 5월 3일 및 8월 4일)을 13개 정점에서 조사하여 해황을 파악하였다.

해수 유동 관측은 구조물 투하지점인 정점 01에서 도플러 음향유속계 (RD Instruments, ADCP Workhorse Sentinel 300Khz)를 이용하였다. 구조물 투하 전인 2005년 4월과 구조물 투하 후인 8월에 25시간동안 연속 관측(10분 간격)을 실시하였다.

수질환경조사(DIN, DIP, DO, SiO₂-Si 및 Chl-a)는 2005년 3월, 5월 및 8월에 13개 정점에서 표층(수면 하 0.5 m), 중층(25m), 및 저층(바닥으로부터 1m)으로 구분하여 실시하였다. 니스캔 채수기를 사용하여 3개 층에서 채수한 다음 폴리에틸렌병에 담아 냉장보관 후 실험실로 옮겨 해양환경공정시험방법(해양수산부, 2002)에 따라 분석하였다.

수온, 염분, 해수유동 및 수질환경인자(DIN, DIP, DO, SiO₂-Si

및 Chl-a)에 대해서 구조물 투하 전인 2001년, 2002년(조 등, 2003)과 구조물 투하 후인 2005년의 자료를 비교하여 구조물 투하 전·후에 대한 해양환경변화 양상을 파악하였다.

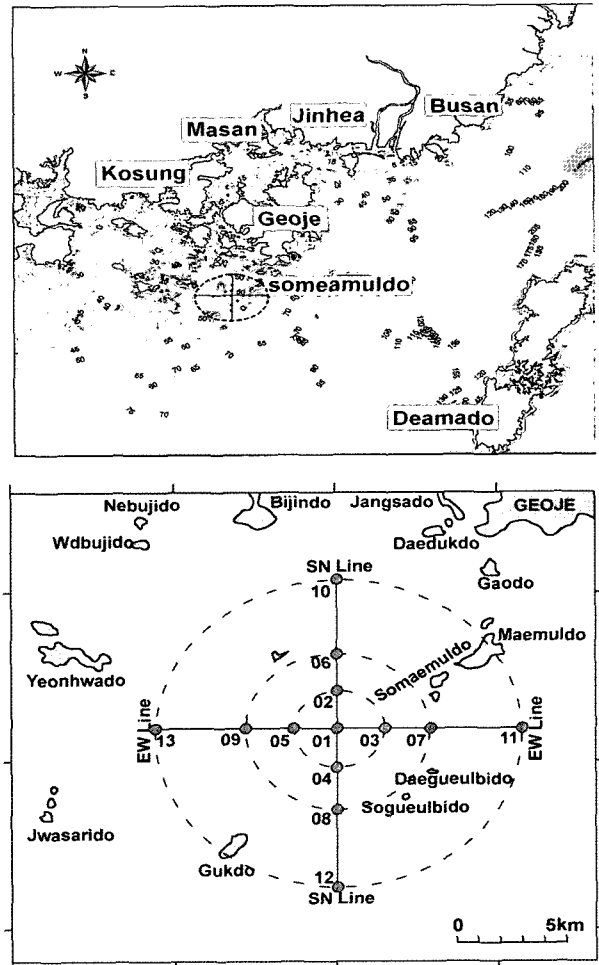


Fig. 1. Topography (numbers : m) in the eastern part of Korea South Sea (upper) and observation point (lower) of study area.

2.2 인공용승 구조물

인공용승구조물 설치는 정육면체 형태의 블록(가로 : 1m, 세로 : 1m, 높이 : 1m) 6,125개를 정점 01에 투하하였다(2005년 6월 8일~9월 3일). 투하된 블록의 확인 결과 구조물의 높이는 약 18m, 폭은 약 45m인 원추 형태로 구조물의 구축형태가 확인되었다.

Fig. 2는 6,125개의 블록을 투하 후 다중음향측심기 (Multi-beam Sonar)를 이용하여 조사한 투하된 구조물의 3차원 영상 (by KOCECO : Korea Ocean Engineering & Consultants Co.)과 블록 형태 (by SAMSUNG INDUSTRY)를 나타내었다. 구조물 설치 주변의 수심은 약 64m이고 구조물 정상까지의 수심은 41.38m로 구조물은 높이 약 18m, 반경 약 45m로 구축된 것이 조사되었다.

3. 결과 및 고찰

3.1 수온·염분 특성

인공용승구조물 설치해역에 대한 수괴분포를 Fig. 3에 T-S도를 이용하여 나타내었다. 2005년의 관측 결과를 보면(Fig. 3(a)) 동계(2005년 3월 2일)의 수온범위는 약 10.4~12.3°C, 염분범위는 약 34.6~34.7psu로써 표층과 저층에서의 수온 및 염분의 차이가 작았다. 춘계(2005년 5월 3일)의 수온범위는 약 13.0~15.1°C, 염분범위는 약 34.2~34.9psu로써 동계보다 전체적으로 높은 수온분포를 보이고 있다. 따라서 동계 및 춘계의 전 수층에 대한 수온과 염분의 차이는 거의 나지 않았고 균질한 수괴 분포를 보이고 있다.

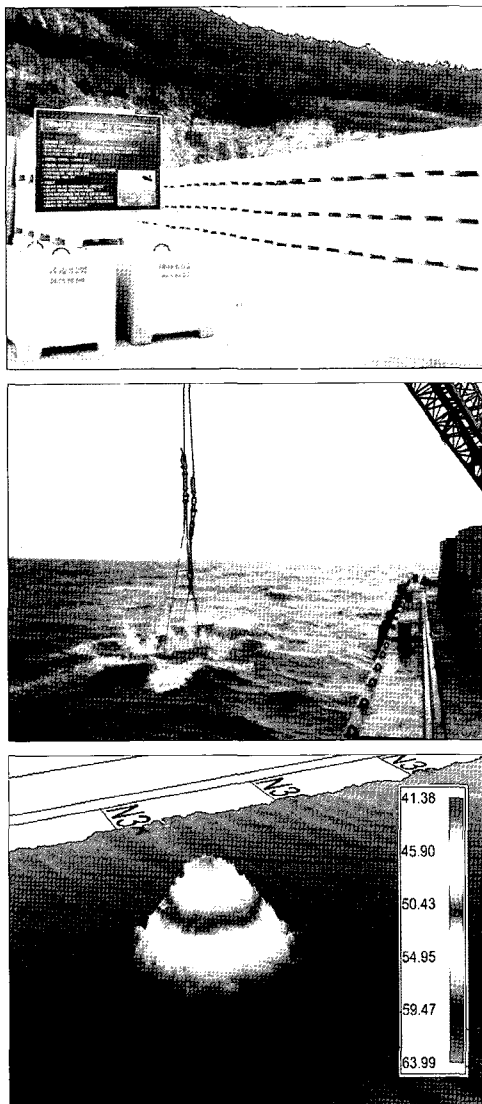


Fig. 2. Image of blocks (upper) (by SAMSUNG INDUSTRY), fall over blocks (middle) and 3-dimensional Image of structure (lower) (by KOCECO).

이와 같은 현상은 2001~2002년 2월의 관측결과에서도(Fig. 3(b)) 이와 유사한 수괴가 연구해역에 분포되어 있음을 알 수 있다.

Fig. 3(a)의 하계(2005년 8월 4일)의 수괴분포는 수온이 약 14.0~25.5°C의 범위이고 염분은 약 31.1~33.8psu의 범위로 2001년 8월과 2002년 9월에 조사한(Fig. 3(b)) 수괴와 비슷한 분포를 나타내고 있다. 즉, 수온과 염분의 차가 매우 큰 범위의 해수가 존재하고 있다. 이러한 현상은 하계에 태양 복사열로 인한 대기의 온도상승이 해수의 표층에 영향을 끼쳐 표층수온은 높아지고 수심이 깊어질수록 수온이 낮아져 표층과 저층간의 각각 다른 수괴가 형성됨을 알 수 있다.

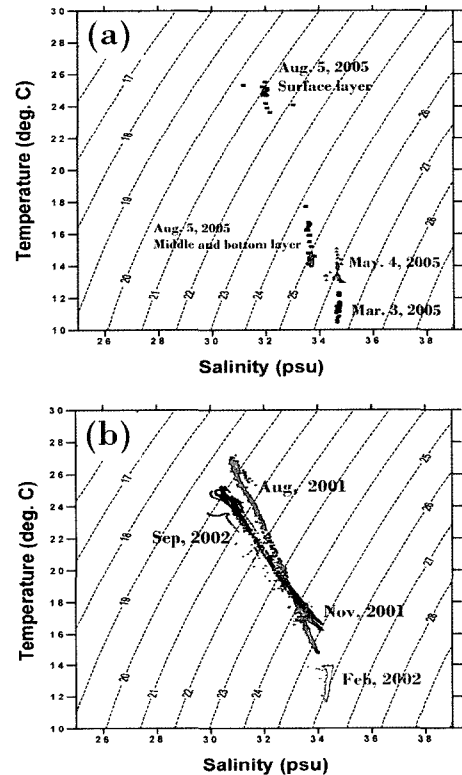


Fig. 3. T-S diagrams of water masses observed in 2005(a) and 2001~2002(b).

이러한 수괴의 계절적 특성을 보이고 있는 본 연구해역은 북상하는 대마난류수와 한국 남해안의 연안수가 만나 전선역을 이루는 남해안 연안 전선역에 인접한 해역이다. 공(1971)의 연구에서 한국 남해안 전선역의 특징은 여름 상·중층에서는 고온, 저염(수온, 25°C 이상, 염분, 32.5‰ 내외)의 분포를 보이고 있으며, 저층에서는 고온·고염의 분포가 나타난다고 했다. 이는 본 연구해역이 전선역에 인접한 해역으로써 이 해역에 대한 과거의 수괴분포와도 유사한 형태의 분포를 나타내고 있다.

Fig. 4는 SST (Sea Surface Temperature)의 인공위성 영상자료(by NFRDI : National Fisheries Research & Development Institute)를 나타낸 것으로써, 이는 본 연구해역에서 수온·염분 현장관측일의 가장 근접한 날에 대한 영상자료이다. 이 자료를 통해서도 알 수 있듯이 구조물 설치해역의 표면수온(SST)은 한국 남해안 전선대에 걸쳐 있는 것을 알 수 있다.

Fig. 5는 구조물 설치 전인 2002년 9월과 구조물 설치 후인 2005년 8월의 수온 및 염분의 연직분포도를 나타낸 것이다.

2002년 9월의 수온 연직분포를 보면 수심 약 30m 이천에서 24.0°C의 등온선이 동서성분과 남북성분에서 분포하고 있으며 저층 수심 약 60m 근처에 출현하는 저수온은 17.0~18.0°C의 범위로써 표층과 저층간의 수온차는 약 7.0°C 정도이다. 염분의 연직분포에서는 수심 약 30m 이천에서 30.5~31.0psu 범위의 저염분 분포가 나타나고 있으며 수심 약 40m 이심의 저층에서 약 33.0~33.5psu 범위의 고염분이 존재하고 있다. 표층과 저층간의 염분차는 약 3.5psu를 나타내고 있으며 수심 30~40m에서 강한 성층이 존재하고 있다.

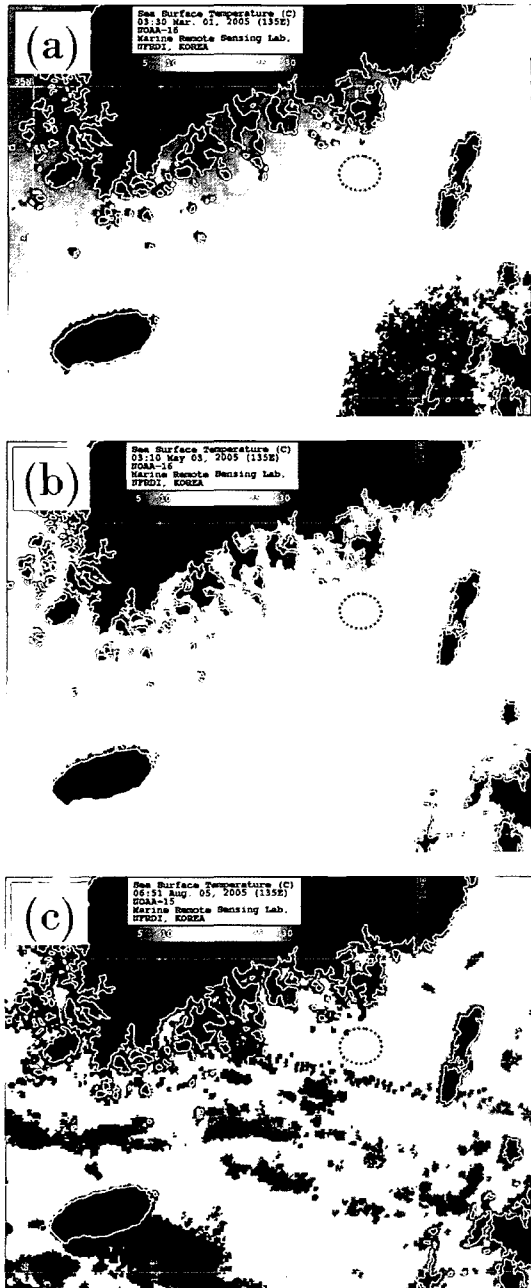


Fig. 4. Marine remote sensing images of Sea Surface Temperature(SST)(a: March 1, b: May 3, and c: August 5, 2005)(by NFRDI). ○ shows a sea area for the artificial upwelling structure.

그러나 구조물 투하 후인 2005년 8월의 수온 연직분포를 보면 수심 20m 전후에서 강한 성층이 존재하고 있다. 또한 수심 30m 이심에서의 수온은 균질한 분포를 보이고 있으며 표층과 저층간의 수온 차는 약 10.0°C로 아주 크게 나타났다. 염분의 분포를 보면 수심 10m 이천에 32.5psu의 등염선이 존재하고 있으며 수심 25m 이심에서 33.5psu의 고농도의 염분이 저층에 걸쳐서 균질하게 분포하고 있다.

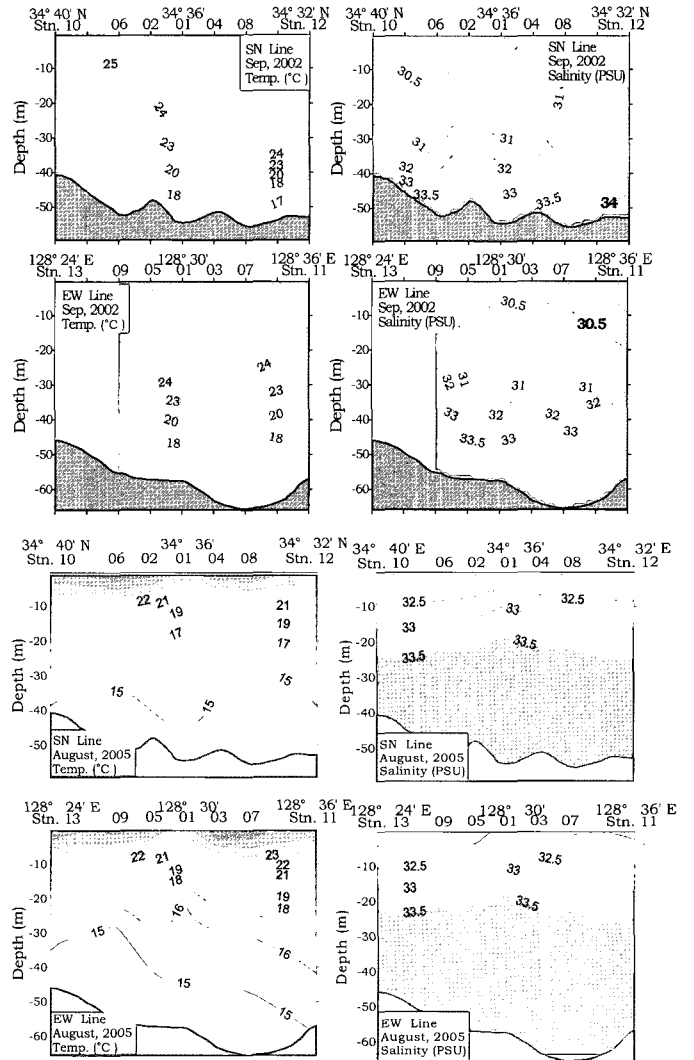


Fig. 5. Comparison between vertical distribution of temperature and salinity in September, 2002 and those in August, 2005. SN Line is South-North Component and EW Line is East-West Component.

구조물 투하 전과 투하 후의 수온과 염분분포를 비교해 보면 (Fig. 5), 투하 전인 2002년 9월의 성층 형성 수심은 약 30~40m에 존재하였으나 구조물 투하 후인 2005년 8월에는 성층이 수심 약 10~20m로 성층형성 수심이 얕아졌다는 것을 알 수 있다. 이와 같은 현상은 구조물 투하 후에 구조물의 영향으로 인하여 저층의 저수온 및 고염분의 해수가 상층으로 용승되어 상층부의 수온 및 염분 분포에 영향을 미쳤다고 판단된다. 즉, 구

조물 투하 후의 정점 01에서는 용승효과로 인한 수온의 하강 및 염분의 상승 구조를 보이고 있다. 이러한 구조물에 의한 수온 및 염분분포에 대한 변화 양상을 정량적으로 파악하기 위해서는 일시적인 모니터링에 의한 예측에 그치지 않고 보다 장기적인 관측의 수행이 필요하다.

3.2 해수유동 특성

Fig. 6은 조 등(2003)이 구조물 투하 전인 2002년 8월 13일부터 9월 2일까지 정점 01에서 실시한 장기 해수유동 관측 자료로써 수심에 따른 벡터도를 나타낸 것이다.

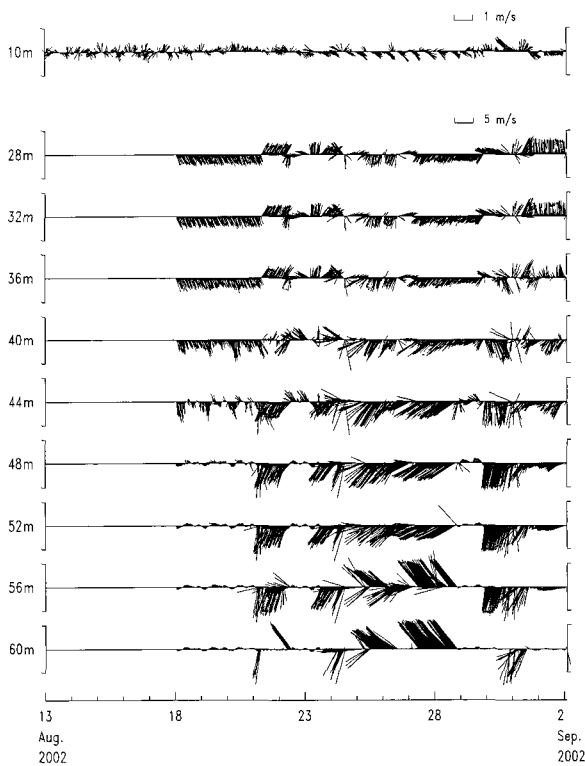


Fig. 6. Stick vector plot of velocity with depth at st. 01 in August 13~September 2, 2002.

일반적으로 수심이 깊은 외해에서보다 연안역에서의 유동은 해저 마찰력으로 인하여 수심이 깊어질수록 유속의 크기가 작아지는 특징을 보이고 있다. 그러나 본 연구해역에서는 저층의 유속이 상층에서와 같이 크게 나타나는 경향을 알 수 있다. 이와 같은 현상은 본 해역의 유동특성으로 그 원인을 파악하기 위해서는 인접한 해역을 포함한 포괄적인 연구조사가 필요할 것이다. 그렇지만 이와 같은 유동특성은 저층에 구조물을 구축했을 때 구조물에 의해서 저층의 흐름을 상층으로 용승시키고, 이에 따른 저층의 고영양염을 표층으로 끌어올릴 수 있는 흐름이 존재하고 있음을 알 수 있다.

구조물 설치지역(정점 01)에서 유동 관측 결과 (구조물 투하 전 : 2005년 4월, 구조물 투하 후 : 2005년 8월, 각각 소조기)에 대한 U성분(동서성분)과 V성분(남북성분)의 연직 분포

를 나타낸 것으로써(Fig. 7) 가로축은 시간을 나타내고 세로축은 수심을 나타낸다.

구조물 투하 전인 2005년 4월의 U-V 연직분포를 보면 시간에 따라서 U 성분은 표·저층에 걸쳐서 동향류(+)에서 서향류(-), 서향류(-)에서 동향류(+)로의 흐름이 주기적으로 나타나고 있다. V 성분은 U성분과는 다르게 북향류(+)와 남향류(-)의 흐름이 일정하지 않고 표층과 저층의 흐름이 서로 다른 분포를 보이고 있다. 구조물 투하 직후인 2005년 8월의 U-V 연직분포를 보면, U성분은 수심 약 30m 이천에서 동향류(+)가 그 이십에서는 서향류(-)가 강하게 나타났다. V성분은 표층에서 남향류(-), 저층에서 북향류(+)의 흐름이 지배적으로 나타났다.

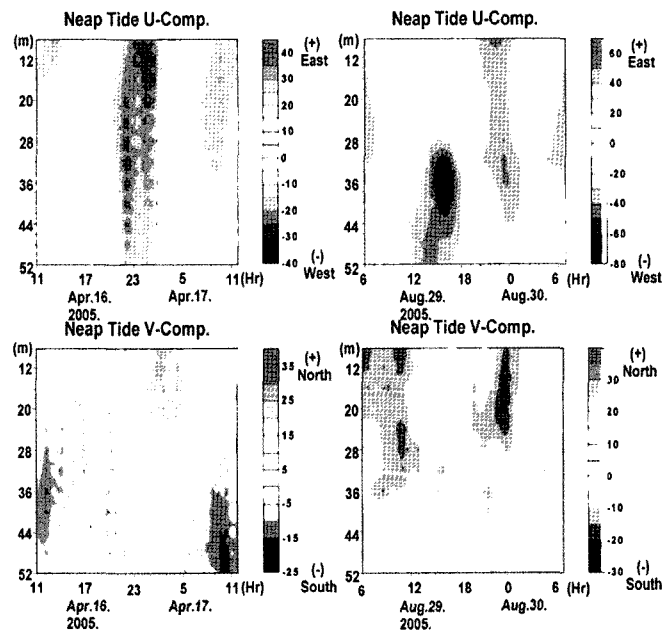


Fig. 7. Vertical distribution of U and V components with the depth at st. 01 in April 16~17 (left panel) and August 29~30 (right panel), 2005.

구조물 투하 전인 2005년 4월에는 북서-남동성분의 흐름이 주류를 이루고 있으나, 2005년 8월의 유동분포는 구조물 설치로 인한 저층의 유속 감소와 구조물의 크기 (2005년 8월 현재 구조물 투하 개수 : 5,518개로 구조물의 높이는 약 16m, 반경은 약 45m)에 영향을 받아 북향류의 유속이 구조물 높이 (수심 30m 부근) 부근에서 강한 흐름이 나타났다.

이는 박 등(2003)이 실시한 3차원 수치모델을 이용한 hill 주변의 유속장 계산 결과, hill의 전면부에서의 유속성분은 감소하고 후면부에서는 와류로 인한 증가 양상과 유사한 분포를 보이고 있다. 구조물 주위에 발생하는 와류는 물질이 해역에 체류할 수 있는 시간 (retention time)을 길어지도록 한다. 이와 같은 흐름의 특성은 저층에 존재하는 고영양염을 표층으로 부상시켜서 구조물 주위에 영양염의 체류시간을 길게 하는 역할을 한다.

이러한 현상을 보다 정량적으로 규명하기 위해서는 이 지역에 대한 구조물 설치 후의 장기적인 유동관측을 실시하여 구조물 주위의 유동분포특성을 파악할 필요가 있다.

3.3 수질환경 특성

인공용승 구조물 설치 해역에 대한 수질환경인자(DO, DIN, DIP, Chl-a)의 계절별 특성을 파악하기 위해 블록 투하 지점인 정점 01에서 2005년 3월, 5월, 8월 및 11월의 연직 분포를 Fig. 8에 나타내었다.

용존산소(DO)의 계절별 연직분포를 보면, 동계(3월)와 춘계(5월)와 추계(11월)에는 표층과 저층의 전 수층에서 균질한 분포를 보이고 있다. 하계(8월)에는 수심 10~20m에서 용존산소(DO)의 감소가 나타났다. 이는 하계의 수온약층 형성으로 인하여 상부 유광층까지의 생물 신진 대사량이 늘어나 호흡량이 증가하여 수온약층 부근인 수심 약 10~20m에서 용존산소(DO)가 표층보다 저농도 분포를 보이고 있다.

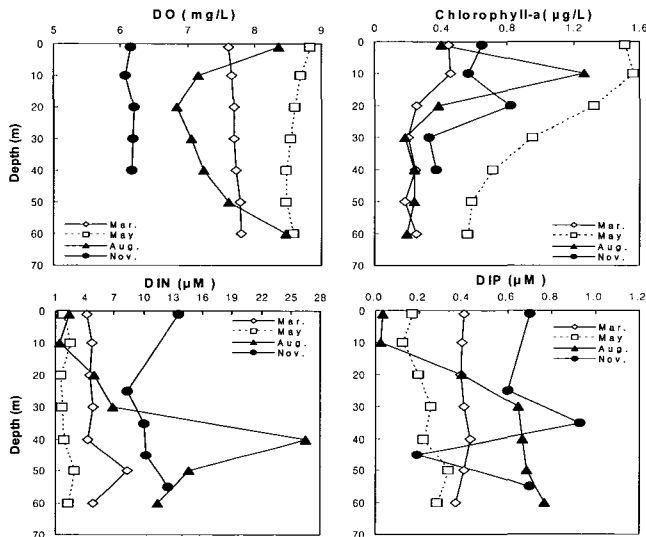


Fig. 8. Vertical distribution of DO, chlorophyll-a, DIN, DIP at st.01 in March, May, August and November, 2005.

엽록소 a(Chlorophyll-a)의 계절별 연직분포는 하계(8월)가 동계(3월)보다 높은 농도분포가 나타났다. 또한 춘계(5월)에는 식물 플랑크톤의 blooming 현상으로 인하여 가장 큰 농도분포를 보이고 있다. 하계(8월)의 경우, 표층 농도가 동계(3월)의 표층 농도와 비슷한 분포를 보이고 있다. 이와 같은 현상은 하계(8월)의 해양 관측 시간이 표층 수온이 정온화가 형성되지 않은 오전 9시에 관측하여 엽록소 a가 저농도 분포를 보이고 있는 것으로 생각된다.

용존 무기질소(DIN) 및 용존 무기인(DIP)의 계절별 연직분포는 동계(3월), 춘계(5월) 및 추계(11월)의 표층에서 저층간의 농도차가 크지 않았다. 그러나 하계(8월)에는 수심이 깊어질수록 증가했다가 감소하는 경향이 나타났다. 이것은 춘계(5월)에 식물 플랑크톤의 대증식이 하계에 영향을 끼쳐 표층의 고수온

이 영양염의 다량 소비가 발생하는 생물의 신진 대사량을 높여 영양염의 저농도가 나타났고, 수심이 깊어질수록 저수온으로 인하여 고농도가 나타났다. 일반적으로 하계에 수심이 얕은 연안역에서는 저층의 대용출로 인하여 용존산소가 작아지고 영양염의 농도가 증가하는 경향이 있다. 그러나 하계 본해역의 저층에서 발생하는 저층의 고농도 영양염 분포는 연안역에서 발생하는 대용출로 인한 효과라기보다는 다른 환경적인 영향으로 볼 수 있다. 따라서 이러한 현상을 규명하기 위해서는 이 지역에 대한 보다 세밀한 해양환경조사가 필요하다.

Fig. 9는 구조물 설치지점(정점 01)에 대하여 블록 투하 전 (2002년 9월)(조 등, 2003)과 투하 후 (2005년 8월)의 영양염 농도분포를 나타낸 것이다. 규산규소($\text{SiO}_2\text{-Si}$)의 경우 구조물 설치 전보다 설치 후에 전 수층에서 높은 분포가 나타났다. 한편 용존 무기질소(DIN)와 용존 무기인(DIP)은 표층과 저층에서 구조물 설치 전과 설치 후 모두 비슷한 농도 분포가 나타났으나 구조물 설치 후에는 중층에서 높은 농도를 나타냈다. 이와 같은 현상은 구조물 설치 후의 용존 무기질소(DIN)와 용존 무기인(DIP)이 구조물 설치 높이 (18m)까지 용승하여 중층의 영양염 농도에 영향을 미친 것으로 판단된다.

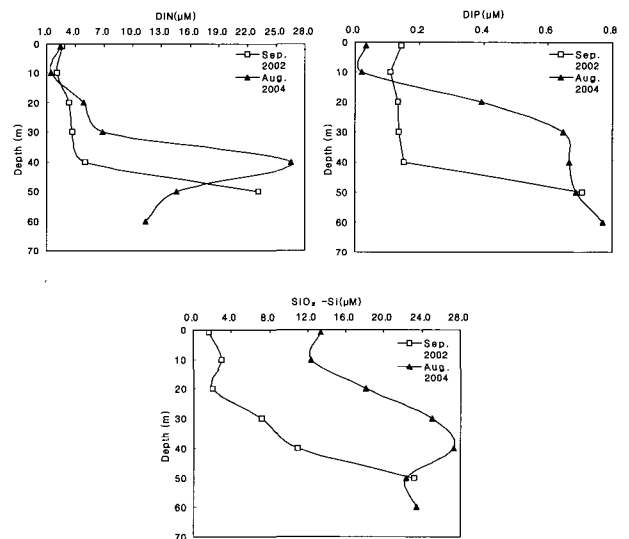


Fig. 9. Comparison of nutrients(DIN, DIP and $\text{SiO}_2\text{-Si}$) between September, 2002 and August, 2005.

Fig. 10은 구조물 설치 전 (2002년 9월)(조 등, 2003)과 구조물 설치 후 (2005년 8월) 구조물 설치 주변해역의 하계 영양염 평균농도를 나타낸 것이다. 용존 무기질소(DIN)는 2005년 8월이 2002년 9월에 비해 표층과 중층에서 약 4~5배 증가하였고 저층에서는 중층에서의 증가로 인한 보상현상으로 농도가 감소하였다. 용존 무기인(DIP)의 관측결과를 보면, 2002년 9월에 비해 2005년 8월 평균농도가 표층과 저층은 비슷하였으나 중층에서는 약 3배 정도 증가한 것으로 나타났다. 또

한 규산규소(SiO₂-Si)는 (Table 1) 2002년 9월의 조사결과에 비해 2005년 8월에 전 수층에서 증가하였고 표층과 중층에서 증가폭이 크게 나타났다.

따라서 인공용승 구조물 설치 후 영양염 농도는 구조물 설치 전보다 대체적으로 표층 및 중층에서 증가되는 양상을 나타내고 있다.

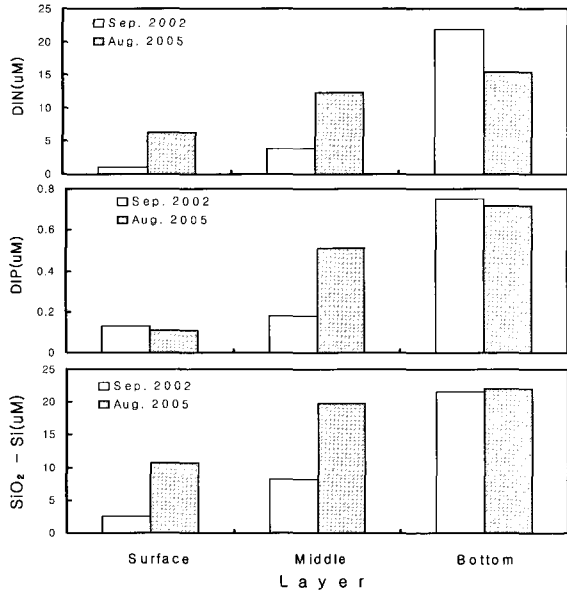


Fig. 10. Comparison of average concentrations of nutrients in September, 2002 and August, 2005.

Table 1. Mean value of nutrients at seawater in September, 2002 and August, 2005

Date	Layer	DIN (µM)	DIP (µM)	SiO ₂ -Si (µM)
Sep. 2002	Surface	1.33	0.13	2.49
	Middle	3.35	0.17	8.16
	Bottom	21.84	0.73	21.63
Aug. 2005	Surface	6.30	0.11	10.72
	Middle	12.42	0.51	19.73
	Bottom	15.39	0.69	22.10

4. 결론

본 연구에서는 인공용승구조물 설치해역에서 구조물 설치 전·후에 대한 해양환경변화를 파악하기 위해서 수온 및 염분, 해수유동 및 수질환경인자(DIN, DIP, DO, SiO₂-Si 및

Chl-a)를 조사하여 그의 계절적 특성을 파악하였다. 또한, 이 지역의 과거 자료(조 등, 2003)와 비교하여 구조물 설치 효과에 따른 해양환경 변화양상을 규명하였다. 수온 및 염분분포는 계절적으로 변화양상이 뚜렷이 나타났다. 즉, 동계(3월)의 분포는 표층과 저층의 연직혼합에 의해서 전수층에 걸쳐 균질한 수괴를 나타냈고, 하계(8월)에는 태양복사열로 인한 표층 수온상승으로 표층과 중·저층간의 강한 성층이 존재하였다. 구조물 설치 전 (2002년 9월)과 구조물 설치 후 (2005년 8월)의 수온 및 염분분포를 보면, 구조물 설치 전에는 수심 약 30~40m에서 강한 성층이 형성되었으나 구조물 설치 후에는 성층이 수심 약 10~20m에서 형성됨을 알 수 있었다. 이와 같은 현상은 구조물 설치에 따른 용승 효과인 것으로 생각된다.

해수유동특성을 보면 구조물 투하 전에는 저층의 강한 유속이 존재하였다. 이것은 구조물 설치 시 강한 유속에 의해 저층에 존재하는 고농도의 영양염을 부상시킬 수 있는 유동구조가 존재함을 알 수 있었다. 구조물 설치 후에는 구조물 주변 해역 (높이 약 18m, 반경 약 45m)에서 구조물의 효과에 의한 북향류의 유속이 구조물 높이 부근에서 관측되었다.

수질환경조사에서 나타난 구조물 설치해역의 계절별 특성은 다음과 같다. 용존산소(DO)의 동계와 춘계의 농도분포는 전수층에 걸쳐 균질한 분포가 하계에서는 중층에서 낮은 농도분포가 나타났다. 엽록소 a(Chlorophyll-a)는 동계에는 전수층에 걸쳐 저농도의 균질한 분포가 나타났고 춘계에는 blooming의 영향으로 표층에서는 고농도, 저층에서는 저농도의 분포를 보이고 있다. 용존 무기질소(DIN) 및 용존 무기인(DIP)은 동계 및 춘계에 전 수층에서 균질한 분포가 나타났고 하계에서는 수심이 깊어질수록 농도가 높아지는 구조를 보였다. 또한 구조물 설치 전과 후의 평균 농도분포를 보면 구조물 투하 전(2002년 9월)보다 구조물 투하 후(2005년 8월)에 표층과 중층에서 영양염의 농도가 증가되는 양상이 나타났다.

따라서 본 연구해역에 구조물을 설치하여 구조물 설치 전과 후에 대한 해양환경변화양상을 조사한 결과 구조물 설치에 의한 효과가 나타났다. 앞으로 이러한 효과를 보다 강력적으로 파악하기 위해서 현재의 단기간의 비교로부터 보다 장기간의 해양환경조사를 통하여 구조물 설치에 효과를 거시할 것이다.

감사의 글

본 연구는 해양수산부의 『인공용승류를 이용한 어장환경 개선에 관한 연구 (2차년도)』의 연구비 지원에 의해 수행한 연구결과와 일부입니다.

참 고 문 헌

- [1] 공영(1971), 한국 남해연안 전선에 관한 연구, The Journal of the Oceanological Society of Korea, 6(1), pp. 25-36.
- [2] 국립수산진흥원(1989), 전국 연안 인공어초 어장 생산성 조사, 사업보고 제 82호.
- [3] 국립수산진흥원(1992), 한국 연안 인공어초의 자원조성효과에 관한 연구, 사업보고 제 95호.
- [4] 박성은, 김동선, 이충일, 황재동, 윤종휘, 조규대(2003), 성층화된 수로에서 3차원 Hill에 의한 유속장 변동, 해양환경안전학회지, 9(2), pp. 79-77.
- [5] 조규대, 김동선, 박성은(2003), 인공용승구조물 설치에 적합한 해역의 해양환경 특성, J. Kor. Fish. Soc., 36(2), pp. 187-192.
- [6] 해양수산부, 2002, 해양환경공정시험법, pp. 330.
- [7] Carlos A. Andrade, Eric D. Barton(2005), The Guajira upwelling system, Continental Shelf Research, vol. 25, pp. 1003-1022.
- [8] Ryther J. H(1969), Photosynthesis and fish production in the sea, The production of organic matter and its conversation to higher forms of life vary throughout the world ocean, Science, 166, pp. 72-76.
- [9] SRFGC(Society for the Research of Fishing Grounds Construction)(1996-1999), Study for development for fishing grounds construction system(in Japanese).
- [10] Tetsuo Yanagi, Shuzo Igawa, Osamu Matsuda(1995), Tidal Front at Osaka Bay, Japan, in winter, Continental Shelf Research, 15(14), pp. 1723-1735.
- [11] Yanagi, T. and M. Nakajima(1991), Change of oceanic condition by the man-made structure for upwelling, Marine Pollution Bulletin, 23, pp. 131-135.

원고접수일 : 2006년 1월 24일

원고채택일 : 2006년 2월 22일