

## 마리나 시설의 환경 관리 기법

† 조홍연\* · 오지희\*

† 한국해양연구원 책임연구원, \* 한국해양연구원 해양환경보전연구부

## Management Techniques on the Marina Environment

† Hong-Yeon Cho · Jee-Hee Oh\*\*

Marine Environment and Conservation Research Department, Korea Ocean R&D Institute, Ansan, 426-744, Korea

**요 약** : 마리나는 쾌적하고 안전한 환경조성이 매우 중요하기 때문에 마리나 시설이 위치한 해역의 특성을 고려한 환경관리 및 설계가 필요하다. 특히 해역환경은 시간적-공간적인 변화가 크기 때문에 체계적인 조사가 선행되어야 하며, 표준화된 하나의 설계 및 관리기준을 따르기 보다는 실질적으로 달성가능하고 최소 요구수준을 만족하는 정도에서 관리수준이 결정되어야 한다. 본 논문은 마리나 환경관리를 위한 기본 단계와 각각의 단계에서 필요로 하는 기술체계를 목적으로 한다.

**핵심용어** : 마리나, 환경관리, 관리기준, 환경조사, 최소 요구수준

**ABSTRACT** : Environmental management and design based on the coastal characteristics are highly recommended because it is highly required to provide pleasant and safe environment in Marina. The coastal environment have a large spatial and temporal variations. Thus, the systematic survey monitoring should be planned and the practical management level should be determined based on the practically achievable level and minimum requirement not a standardized single criteria. It aimed to suggest the basic essential steps and related techniques needed in each step.

**KEY WORDS** : marina, environmental management, management criteria, environmental survey monitoring, minimum requirement

### 1. 서 론

마리나(marina)는 기본적으로 쾌적한 자연 환경을 제공하여야 한다. 더럽고 지저분한 마리나는 불쾌한 감정을 유발하기 때문에 마리나의 환경 및 환경관리는 마리나의 설계 및 운영과정에서 고려하여야 하는 매우 중요한 인자이다. 본 연구에서는 마리나의 환경관리에 중점을 두어, 마리나의 환경관리 과정과 기술을 제안한다. 무엇보다도 환경관리는 해역의 특성이 매우 중요한 인자이기 때문에 마리나의 설계단계에서는 해역의 환경 특성을 파악하는 것이 매우 중요하다. 한편 마리나가 이미 건설되어 운영되는 단계에서는 해역의 환경을 이용자가 요구하는 또는 마리나 운영을 위한 최소한의 환경기준 요구사항을 만족하도록 변화하는 환경을 파악하여 환경기준 달성이 어려운 경우 적절한 대책을 수립하는 과정이 포함된다.

### 2. 마리나의 환경조사 분석기준

마리나 건설단계에서 제일 중요한 것은 구조적인 문제나 마리나 시설 등의 하드웨어적인 요소를 제외하고는 마리나가 건설되는 해역의 환경정보가 가장 중요한 소프트웨어적인 요소이다. 해역의 다양한 환경변화 정보는 마리나 건설단계에서는 해양환경에 영향을 미치는 시설의 규모 및 위치 설정에 중요한 정보를 제공하며, 운영단계에서는 마리나에서 요구하는 환경기준 달성을 위한 대책 검토 측면에서 매우 중요하다. 따라서 이 단계에서 가장 중요한 환경관리기술은 환경조사·분석기술이다. 환경조사는 시간적·공간적인 변화를 파악할 수 있을 정도로 관측간격을 결정하여야 한다. 이 관측간격은 통계적인 유의수준(오차범위) 판별을 위한 기준으로 부터 간단하게 결정된다.

† \* 책임연구원, hycho@kordi.re.kr 031)400-6318

\*\* 연구원, wld12@kordi.re.kr 031)400-6318

오차범위를 50% 수준으로 하고자 하는 경우, 95% 유의수준 조건을 만족하기 위한 최소 표본의 개수는 대략 다음과 같다 (조흥연, 2008).

$$n = 4\sigma^2 / (0.5)^2 = 16\sigma^2$$

즉 환경자료의 표준편차( $\sigma$ ) 1.0 조건에서 최소 표본개수는 16개 정도이기 때문에 적어도 월 1-2회 정도의 관측이 요구된다고 할 수 있다.

### 3. 마리아나의 해수교환정도

마리아나가 건설되어 운영되는 단계에서도 해역 환경에 대한 관측은 계속 수행되어야 한다. 마리아나의 설계-건설-운영 단계 모두에서 가장 중요한 관리인자는 마리아나의 해수교환 정도이다 (PIANC, 2008). 마리아나의 환경관리 인자에서 쓰레기나 바다의 부유 쓰레기는 정기적으로 청소하는 방법이 가장 효과적이다. 그러나 마리아나의 수질환경을 일정 수준으로 유지하기 위한 방법으로 가장 효율적인 방법이 상대적으로 청정한 외해 해수와 교환으로 유지하는 방법이다. 따라서 마리아나 형태를 설계 단계에서 해수교환이 원활하게 발생할 수 있도록 형태를 결정하는 방법이 결정되어야 하며, 이미 형태가 결정된 경우에는 간단한 형태 변경으로 해수교환이 크게 증가하는 방법을 찾아야 한다. 이러한 검토는 간단한 해수 유동모형(flow model)을 이용하여 수행이 가능하나, 보다 중요한 내용은 계산결과의 신뢰수준이다.

모형을 이용하여 계산하는 결과는 현장의 조건을 단순화하거나 이런저런 가정이 포함되어 있기 때문에 실제 관측결과와 어느 정도의 차이가 발생한다. 따라서 모형 계산결과와 실제 관측결과와의 차이를 분석하는 과정이 해수교환 검토에서는 반드시 포함되어야 한다. 해수교환을 검토하는 가장 효과적이고 합리적인 방법은 특정지점에서 염분을 3-4 조석주기 동안 관측한 자료를 이용하여 해수교환비율을 검토하는 것이다. 이론적으로 해수교환 정도는 1조석 주기 동안의 외해에서 유입된 해수가 마리아나 내부의 해수와 혼합비율이기 때문에, 해수교환정도가 증가하면 마리아나 해수는 외해의 청정한 해수로 빨리 교환됨을 의미한다.

그러나 염분과는 달리 다른 수질항목은 보존성 물질이 아니기 때문에 계절적인 차이가 크게 발생 할 수 있다. 이러한 계산도 물론 간단한 또는 복잡한 수질확산모형을 이용하여 계산할 수 있으나 보다 실질적인 문제는 모형의 계산결과의 신뢰수준(오차범위)을 파악하는 과정이다. 이 과정은 현장 관측 자료를 필요로 하며, 수질환경인자는 불확실성이 크기 때문에 표본의 개수가 어느 정도 목표 신뢰수준을 만족할 수 있을 정도로 확보되어야 한다. 부족한 관측 자료는 오차범위를 크게 하기 때문에 관측 자료를 최대한으로 확보하여야 하나, 모든 수질항목에 대한 조사는 비현실적이기 때문에 마리아나의 혼탁정도를 파악하

는 부유토사(suspended sediment) 농도와 DO 농도, 가능하다면 영양염류 농도 정도는 기본 조사 대상에 포함하여야 한다. 기타 유해화학물질 및 중금속 등의 물질은 정기적인 모니터링 자료를 이용하여 위험 여부(기준 초과 또는 미달 조건)만을 판단하는 방법이 효율적이다.

## 4. 마리아나의 환경관리 모형

마리아나는 해수교환에 의하여, 기상조건의 변화에 의하여 시시각각으로 환경이 변하기 때문에 이런 환경변화를 파악하고, 예측하는 모형이 마리아나마다 구축될 필요가 있다. 환경변화 예측모형은 단기간-장기간으로 구분할 수 있으며, 모형 구축 이전에 마리아나 관리목표를 구체적으로 설정하는 과정이 선행되어야 한다. 구체적인 관리목표는 가중치가 부여된 여러 가지 항목으로 표현되어야 하며, 막연한 관리목표는 관리효율을 감소시키는 요인이 될 수 있다.

마리아나는 환경서비스와 더불어 요트 등을 이용하여 해역활동을 즐기는 이용자에게는 왜해 기상환경, 해역의 물리적인 환경도 중요하기 때문에 마리아나의 활동범위에 포함되는 공간을 대상으로 하는 기상예측정보시스템 구축도 매우 중요하다. 이러한 모든 모형이나 시스템을 구축하는 비용은 비교적 저렴할 수 있다. 전시를 위한 자료제공 시설구축이 아니라 이용자가 간단한 교육을 통하여 마리아나 환경관리 시스템에서 제공되는 표준화된 정보를 해석할 수만 있게 된다면 가능하다. 따라서 표준화된 정보제공시스템을 국제적으로나 또는 우리나라에서만이라도 통용되는 형식을 결정할 필요가 있다.

## 5. 결 론

마리아나의 환경관리는 해역의 환경조건에 의하여 크게 영향을 받고 변동성과 불확실성이 크기 때문에 마리아나가 위치하는 해역에 대한 환경 관측 자료에 근거한 관리가 되어야 한다. 또한 마리아나 관리는 마리아나 내부의 수질환경이 외해 수질환경의 영향을 받기 때문에 마리아나 내부와 더불어 외해 수질도 동시에 관측하여 환경의 시간적-공간적인 변동성을 고려하여 관리하여야 한다. 마리아나의 환경관리에 이어서 기법부재는 비교적 단기간에 해결할 수 있으나 자료부재는 최소한 1년 이상의 기간을 필요로 하기 때문에 단기 해결이 매우 곤란하다.

## 참 고 문 헌

- [1] 조흥연 (2008), 시화호·인천연안 환경자료의 오차범위 분석, Ocean & Polar Research, 30(2), 149-158.
- [2] PIANC (2008), Protecting water quality in marinas, Report no. 98-2008.