

GIS 기법을 이용한 마산만 오염총량관리에 관한 연구

A Study on the Total Pollutant Load Management of Masan Bay Using GIS Technique

조 보 현* / 양 금 철**⁺

Bo-Hyun Cho* / Keum-Chul Yang**⁺

요약 : 본 연구는 GIS을 활용하여 마산만 특별관리해역 통합관리시스템의 일환으로 마산만의 점·비점오염원 관리시스템을 개발하여 마산만 연안오염총량관리 체제를 보다 체계적이고 과학적으로 이용할 수 있도록 시스템을 구축하였다. 마산만 유역의 오염원 관리에 GIS를 이용한 결과 각 행정구역별 오염원 현황 및 발생 오염부하량의 비교가 가능하였고, 오염부하 산정프로그램을 구축함으로써 배출원별 인구현황, 생활계 물사용량, COD/TN/TP 발생부하량과 배출부하량 등의 오염원 부하량을 행정구역별, 연도별, 용도별로 산정할 수 있었다. 또한 대응량의 속성, 공간자료를 활용함에 있어 시간적, 경제적 노력을 최소화함은 물론 체계적이고 효과적인 마산만 연안오염총량 관리가 가능하여 정책 수립 시 신속한 의사결정에 대한 기여도가 높을 것으로 예상된다. 이 연구결과를 바탕으로 과학적이고 효율적인 점·비점오염원에 관련된 정보와 이에 대한 체계적 관리를 도모하고// 부하량 산정프로그램을 이용하여 오염부하량 변화에 따른 향후 오염원 예측이 가능하도록 유역관리 시스템을 보완해야 할 것이다.

핵심용어 : 연안오염총량관리제도, ArcGIS, 마산만

Abstract : This study aims to develop the Masan bay special management system of the point and nonpoint sources of pollution using GIS as part of the Integrated Management System of the Masan Bay Special Management Area and utilize Total Pollution Loads Management System in Masan Bay more systematically and scientifically. The result of the pollution sources management at the Masan bay in conjunction with GIS was made possible the comparison of the source of pollution and the pollutant load among each administration area. It also developed Arc-GIS watershed management program which enables to estimate the population for discharge facilities, the water use of domestic population and commercial population, and pollutant load and discharge load of COD, TN and TP by the administration areas, years, and usages. In addition, this study anticipated minimizing temporal, economical efforts in utilizing large amounts of property and space utilization data and expediting the decision making process of policies in relation to the systematic and effective management system of pollutant loads at the Masan bay area. Further studies are required to plan the systematic management of the point and nonpoint sources of pollution and complement the watershed management system using GIS program for pollutant load which enables to predict the current and future state of point and nonpoint sources.

Keywords : Total Pollutant Load Management System, ArcGIS, Masan Bay

⁺ Corresponding author : yangkc@kongju.ac.kr

* 비회원 · (주)빌리언21 · E-mail : bhcho78@billion21.com

** 정회원 · 공주대학교 건설환경공학부 부교수 · E-mail : yangkc@kongju.ac.kr

1. 서 론

우리나라 연안 해역은 급속한 경제성장으로 인해 산업화 및 도시화 등 연안이용률이 높은 하구를 포함한 반폐쇄성 내만해역으로 다양한 종류의 육상 오염물질의 유입량 증대로 인해 해양환경 오염이 증대되고 있다. 이에 따라 환경관리해역 지정·관리, 연안오염총량관리제 도입 등 해양환경 개선 및 보전을 위한 종합적이고 체계적인 해양환경정책 추진이 진행되고 있다(해양수산부 2005~2007; 국토해양부 2008~2009). 연안오염총량관리제도는 해양의 환경보전을 위해 특정 해역 내 사업장에서 배출되는 오염물질의 총량을 국토해양부장관이 고시한 배출허용량 이하가 되게 관리하는 제도로써 마산만을 접하고 있는 마산·창원·진해시는 오염물질 총량 내에서 배출허용량을 할당받게 되며 각 자치단체는 오염물질 배출량이 할당범위를 넘지 않도록 행정조치와 관련시설을 마련해야 하는 제도이다.

마산만은 남해안의 동쪽에 위치하고 있는 반폐쇄성 해역인 진해만 내에 위치하며 항만이 좁고 길어서 조류소통이 원활하지 못하고 바다에 이어진 하천의 길이도 짧아 자정작용이 어려운 입지조건이며, 우리나라 남도지역의 행정 및 산업 중심도시로 마산, 창원, 진해지역의 인구 증가 및 산업폐수 발생량이 증가하여 방류수역인 마산만 연안의 수환경이 급격히 오염되고 있다. 마산만 특별관리해역은 급속한 도시화·산업화로 인하여 환경용량을 초과한 육상오염 부하량 유입으로 해양환경 및 생태계 건강도가 급속히 악화되어 오염물질 총량관리에 대한 대책마련이 시급하며 마산만의 환경개선을 위해 관계부처 합동으로 「마산만 특별관리해역 관리기본계획(2004.12.29)」을 수립하였고, 연안오염총량관리제도 시행에 필요한 조사 및 각종 계획수립 등을 위해 해양수산부 훈령(제365호)인 「마산만 특별관리해역 연안오염총량관리 기본방침(2005.10.11)」을 제정한 상태이다.

오염원 관리에 GIS를 적용할 경우 지리정보 등

시각 효과를 첨가하여 일반인들에게 현황을 신속하고 알기 쉽게 제공할 뿐만 아니라 기존의 데이터베이스는 각각 분산되어 연관성 있는 정보를 구하기가 쉽지 않은 점을 보완할 수 있다(김종택 1994, 한국해양연구소 1994).

해양·수산분야에서 GIS기법을 사용한 연구가 진행되고 있으며 최근에는 Pérez 등(2002, 2003)은 수질을 고려한 양식장 적지선정에 GIS를 이용하였고, Ross 등(1991)은 raster 기반의 GIS를 사용하여 스코틀랜드 내만 연어양식에 적합한 적지 선정에 수심, 해류, 수질 변수들이 관여하고 있음을 밝힌 바 있으며 Meaden(1987), Kapetsky 등(1988)이 어업과 양식어장에 대해서 GIS를 적용한 사례가 있다.

국내에서도 GIS를 이용하여 양식어장 정보관리 시스템 구축(박 등, 2004), 거제한산만의 굴 양식장에 대한 GIS 기반의 적지선정과 양식용량 산정(조윤식, 2010)과 적조정보시스템의 GIS 데이터베이스화 연구(정종철, 2004) 등이 연구되었다. 해양수산관련 분야가 타 분야보다 GIS 활용도가 매우 저조할 수밖에 없는데 이것은 해양이 그 어떤 분야보다도 공간적으로 광범위하고 수산자원정보 수집 및 정리에 시간과 비용이 많이 든다는 점이 그 원인이라 할 수 있다(Megrey and Moksness, 1996).

오염총량관리제와 관련한 연구는 수질오염총량관리제의 문제점과 개선방안에 관한 연구(차윤경, 2006), 수질오염총량계획에 반영된 부하량 할당 특성 및 한계(이창희 등, 2009) 등 다양한 연구가 수행되었다. GIS기반의 마산만 관리시스템 개발 연구는 지리정보체계를 이용한 마산만 수질관리 시스템 개발(Hwang 등, 2000) 마산만 유입하천수의 수질자료 분석 및 수환경 DB 구축(황 등, 2000)등 연구가 수행되었으나, 마산만 지역의 점·비점오염원 등 오염원에 대해 GIS를 이용한 유역관리 시스템 개발은 미비한 실정이다.

본 연구는 ArcGIS를 이용하여 기준년도(2005년)를 바탕으로 점·비점오염원에 관련된 정보와 이에 대한 체계적 관리를 도모하고 부하량 산정프

로그를 이용하여 오염부하량 변화에 따른 오염원 예측이 가능하도록 유역관리 시스템을 구축함으로써 그간의 사후 오염원 규제 정책에서 사전예방 정책으로 변환에 따른 마산만 해역의 오염관리 개선 및 연안환경 정책수립은 물론, 해당 지자체의 친환경 개발여건 조성 및 기후변화 및 생태변화에 적극 대응하고, 해양환경 재해저감 및 예방을 위한 연안방재의 효율적인 정책을 판단하고 신속한 의사결정을 할 수 있도록 기초자료로 활용하고자 하였다.

2. 연구방법

2.1 연구의 지리적 범위

이 연구의 지리적 범위는 Fig. 1과 같이 2010년 7월 통합창원시 이전 마산만 특별관리해역의 하천을 중심으로 한 마산, 창원, 진해시의 육역부와 조사정점을 포함하는 해면부 대상으로 하며 국토지리정보원에서 제공하는 1/25,000축척의 수치지형도를 기준으로 마산만 특별관리해역의 유역내 면적은 263km²로, 창원(294km²), 마산(333km²), 진해(111km²) 전체면적 738km²의 37%를 차지하며 그 중 창원시 126km², 마산시 92km², 진해시 45km²로 구성되었다.

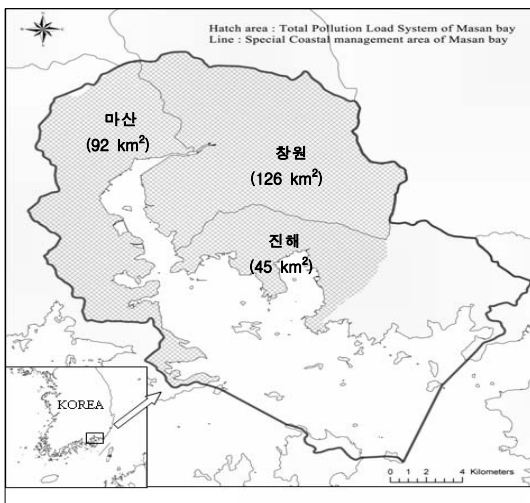


Figure 1. Location map of the study site

2.2 연구방법

유역통합관리시스템 연구방법으로는 GIS의 좌표체계 Mercator좌표 체계를 기준으로 기본 해안선 지도를 제작하고 수집한 수치지형도, 토지피복도, 지적도, 하수처리 구역도, 토양배수등급도를 좌표 변환 후 보정, 투영, 통합과정을 거쳐 구축하였고, 기상관측소, 하수처리장시설은 각 시설별 주소지 정보와 Google 위성영상을 확보하여 좌표로 직접 입력하여 구축하였다.

기술지침의 산출 공식을 C#으로 Function과 Procedure로 구분하여 개발하였고 GIS, 부하량산정 및 모의프로그램 연계를 각각 다른 네임스페이스를 사용하여 웹으로 전환 시 재사용할 수 있는 구조로 개발하였다. 모의프로그램 연계단계에서 자료의 송수신 형태는 XML(extensible markup language) 형식을 적용하였고 모델프로그램을 Multi-Threading과 Socket통신기술을 사용하여 모의프로세스 실행 시 다른 프로세스를 동시에 수행할 수 있도록 하였다.

현재 데이터베이스관리시스템(database management system; DBMS)의 쿼리(Query)로 작성되어 있는 부하량 산정 로직을 C#을 이용하여 모듈화하고 개발된 모듈을 GIS 상에서 실행 및 표출할 수 있는 프로그램을 개발하였고 지속적인 유지보수를 할 수 있는 DBMS 구축하여 수온, 염분을 포함한 정점별 조사 자료를 GIS 기법인 보간법(Interpolation)을 이용하여 조사해역에서의 분포도를 생성하여 표출할 수 있는 프로그램을 개발하였다.

시스템 개발 방법으로는 향후 확장이 가능하며 Web 서비스에 재사용할 수 있는 C#.net을 이용하여 COM 형태로 개발하였으며 각 모듈(부하량산정, GIS연계)별 독립성을 최대한 보장할 수 있는 Class 구조를 정의하여 모듈간의 기능역할을 분배하고 각 모듈은 상호간에 연계할 수 있는 Implement와 Interface를 제공하여 독립적이면서도 연계가 가능한 형태로 개발하였다.

Implement와 Interface로 구분한 본 연구의 개발방식은 내부 또는 Socket 통신을 이용하여 외

부에서 접근 시 모든 접속점을 Interface에서만 가능하도록 개발하였으며 Implement 영역은 향후 보완, 수정 및 재활용 할 수 있도록 protected 형태의 Class 구조는 철저히 배제하여 시스템에서의 접근방법을 일원화하고 overload, override가 가능한 구조로 개발하였으며, 특히 부하량 연산모듈은 외부에서의 입력형태가 다양할 것으로 예상되어 Class의 구조를 Virtual 형태로 개발하여 모듈은 Core의 변형이 없이 클래스 상속 후 재정의 및 중복정의를 할 수 있도록 하였고, 향후 Web 서비스로의 확장을 위하여 전체개발환경은 C# 기반이지만 부하량 산정모듈은 Windows를 포함한 Unix, Linux에서도 재사용 할 수 있도록 Ansi-C 체계로 구축하여 변경 없이 재활용 할 수 있으며, Java 기반으로 컨버전도 용이하도록 하였다.

2.3 오염원의 분류

오염원은 점오염원과 비점오염원으로 구분하고, 점오염원은 배출장소 및 배출경로의 확인이 가능한 오염원이고, 비점오염원은 점오염원 이외의 오염원으로 각 그룹에 대한 세부구분은 연안오염총량관리 기술지침(해양수산부, 2006)에 따라 구분하였다.

2.4 발생 및 배출부하량 산정

발생부하량 산정시 적용하는 발생원단위는 실측자료를 우선으로 하되 실측자료가 없는 경우 연안오염총량관리 기술지침(해양수산부, 2006)에서 제시하는 발생원단위를 적용하였다.

- 생활계발생부하량 = 가정인구발생부하량* + 영업인구발생부하량
 - * 가정인구발생부하량 = 가정인구수 × 가정인구발생부하원단위
- 축산계발생부하량 = 축산폐수발생부하량 + 축산고형물발생부하량
- 산업계발생부하량 = ∑(업종별폐수발생유량 × 업종별폐수발생농도)
- 토지계발생부하량 = ∑(지목별 면적 × 지목별연평균발생부하원단위 × 강우배출비)

- 양식계발생부하량 = $\frac{\text{발생부하비} \times \text{월사료투여량}}{\text{월간일수}(=28,29,30,31)}$
- 매립계발생부하량 = 침출수발생유량 × 침출수발생농도

오염물질 배출량은 배출유량과 배출부하량(BOD, COD, T-N, T-P)으로 구분하여 배출유형별로 산정하였고, 배출부하량 산정시 적용하는 원단위는 오·폐수 발생유량 산정시의 표본조사 방법에 따른 실측자료를 우선으로 하되 실측자료가 없는 경우 연안오염총량관리 지침에서 제시하는 원단위로 하였다. 육역계 중 각 배출원별로 배출된 오염원이 하수종말처리장, 축산공공처리시설 등 환경기초시설을 통해 처리가 될 경우 COD 부하량으로 하천 혹은 연안으로 방류되는 것으로 산정하였다.

- 오염원별직접이송량 = 오염원별 ∑배출원직접이송량
- 배출원개별삭감량 = 개별삭감비 × 배출원개별삭감대상량
- 배출원관거유입량 = 배출원발생량 - 배출원개별삭감량 - 배출원직접이송량
- 배출원관거배출량 = 관거배출비 × 배출원관거유입량
- 오염원별방류량 = 오염원별방류비 × 환경기초시설총방류량
- 오염원별직접정화량 = 오염원별 ∑시설별직접정화량
- 배출원개별배출량 = 배출원별 [발생량-개별삭감량-직접이송량-관거유입량]

3. 결과 및 고찰

3.1 토지피복도 및 토양도 구축

Fig. 2에서 보는바와 같이 중분류단위 토지피복도는 논, 밭, 골프장, 공공시설지역, 공업지역, 과수원, 교통지역, 기타나지, 기타재배지, 기타초지, 내륙수, 내륙습지, 상업지역, 연안습지, 위탁시설지역, 자연초지, 주거지역, 체광지역, 침엽수림, 하우수재배지, 해양수, 혼효림, 활엽수림 등 23가

지 항목으로 구분되며 본 연구에서 사용한 지반도에 의하여 분석된 면적과 비교하기 위하여 전, 담과 이외의 영역은 기타로 구분하였다. 마산시의 전 5.16km², 담 5.91km², 기타 80.58km²로 전체면적은 91.65km², 진해시의 전 2.29km², 담 1.57km², 기타 40.73km²로 전체면적은 44.59km², 창원시의 전 3.93km², 담 4.56km², 기타 117.55km²로 전체면적은

126.04km²로 분석되었다. 하수처리구역도는 완전처리구역, 일부처리구역, 완전미처리구역으로 나누어 구축하였고, 생활계의 배출원별 인구현황 항목 중 분류식, 합류식, 수거식 인구와 비교할 때 비교적 일치하는 것으로 분석되었으며 비시가지 지역인 마산시의 가포면, 현동, 구산면에 수거식 처리방식이 집중적으로 분포하였다.

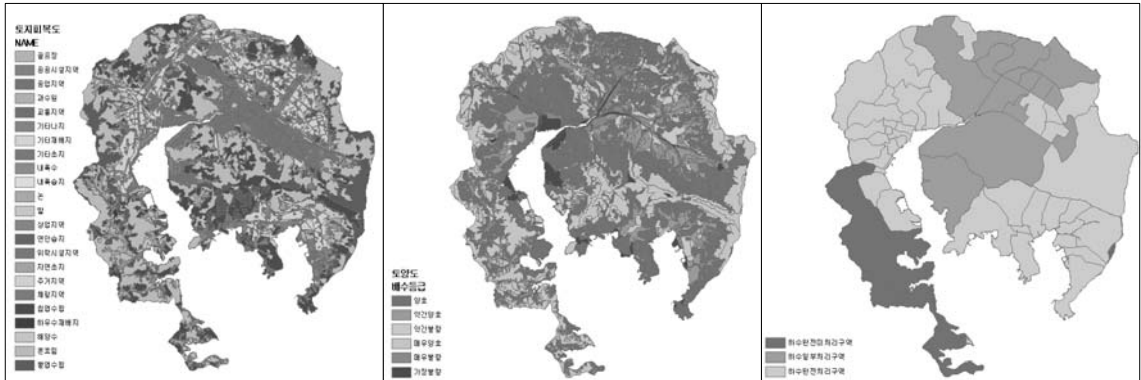


Figure 2. Maps of landcover(left), soil drainage class(middle), and sewage treatment class(right)

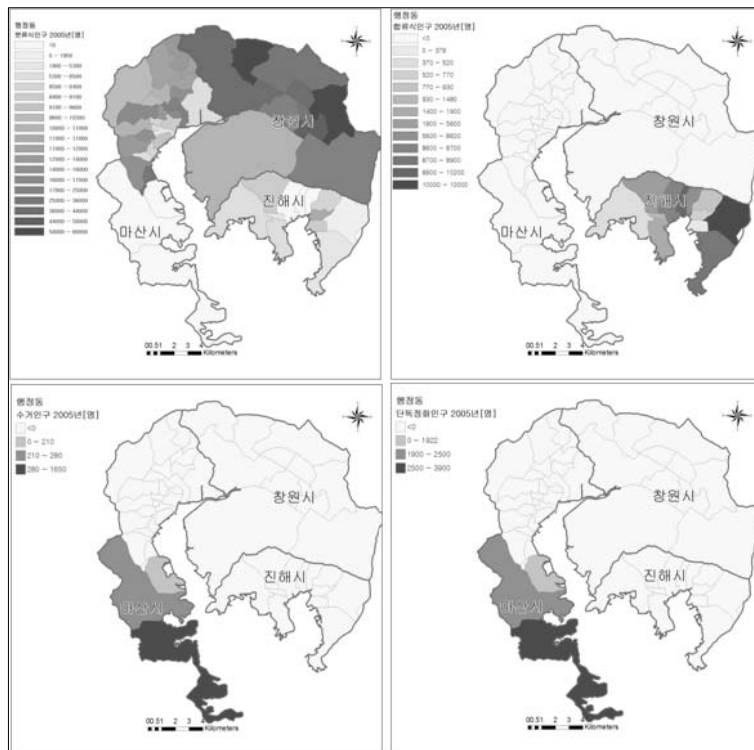


Figure 3. The distribution of population for discharge facilities

3.2 배출원별 인구현황

Fig. 3에서 보는바와 같이 마산시의 배출원별 인구현황은 322,587명(96.8%)이 분류식이며 비시가화지역인 가포동(1,922명), 구산면(3,981명), 현동(2,511명)에 단독정화와 가포동(210명), 구산면(1,656명), 현동(280명)에 수거식 처리방식이 3.2%로 조사되었고 진해시는 전체 행정동 단위로 분류, 합류방식을 혼용하고 있으며 분류식이 61,261명(51.0%)와 합류식이 58,652명(49%)로 분포되어 있어 하수관거 정비에 필요한 상태이며 단독정화, 오수처리 및 수거식은 없는 것으로 조사되었다. 창원시는 461,315명(100%)가 분류식으로 처리되고 있었고, 마산만 특별관리지역 유역내 마산, 진해, 창원시의 2005년도 총인구 914,375명으로 분류식 92.4%, 합류식 6.41%로 조사되었다.

3.3 생활계 물사용량

2005년도 가정인구 물 사용량은 Fig. 4(a)에서 보는바와 같이 마산시의 총 물 사용량은 54,222 m³/day이며 월영동이 7,133m³/day로 가장 많이

사용하였으며 가포동이 205m³/day로 가장 적게 사용하는 것으로 조사되었다. 창원시의 총 물 사용량은 82,645m³/day이며 사과동이 11,922m³/day로 가장 많이 사용하였으며 웅남동이 1,784 m³/day로 가장 적게 사용하는 것으로 조사되었으며 진해시의 총 물 사용량은 17,172m³/day이며 풍호동이 2,340m³/day로 가장 많이 사용하였으며 충무동이 823m³/day로 가장 적게 사용하는 것으로 조사되었다.

2005년도 영업인구 물 사용량은 Fig. 4(b)에서 보는바와 같이 마산시의 총 물 사용량은 70,941 m³/day이며 봉암동이 16,584m³/day로 가장 많이 사용하였으며 현동이 123m³/day로 가장 적게 사용하는 것으로 조사되었다. 창원시의 총 물 사용량은 92,922m³/day이며 웅남동이 29,300m³/day로 가장 많이 사용하였으며 반송동이 1,136m³/day로 가장 적게 사용하는 것으로 조사되었다. 진해시의 총 물 사용량은 11,074m³/day이며 풍호동이 3,160m³/day로 가장 많이 사용하였으며 태백동이 313m³/day로 가장 적게 사용하는 것으로 조사되었다.

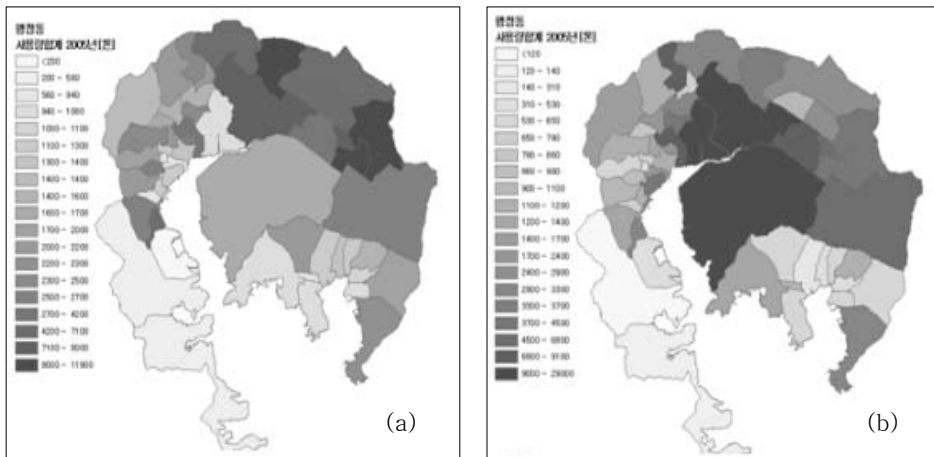


Figure 4. The water use of domestic population(a) and commercial population(b)

3.4 COD 발생부하량 및 배출부하량

Fig. 5에서 보는바와 같이 전체 발생 COD

151,984 kg/day 중 마산시 COD 발생부하량은 62,093 kg/day(40.9%), 창원시 발생 COD 70,503 kg/day(46.4%), 진해시 발생 COD

19,388 kg/day(12.7%)로 분포되어 있는 것으로 나타났고, 생활계에서 발생하는 COD 발생부하량은 113,624 kg/day(74.8%)로 가장 많았고, 축산계 2.6%, 산업계 16.5%, 매립계 0.1%로 나타났다. 전체 배출 COD 23,336 kg/day 중 마산시 COD 배출부하량은 8,244 kg/day(35.3%), 창원시 COD 배출부하량은 11,255 kg/day(48.2%), 진해

시 COD 배출부하량은 3,837 kg/day(16.4%)로 분포되어 있는 것으로 나타났으며 생활계 COD 배출부하량은 11,640 kg/day(49.9%), 토지계 COD 배출부하량은 10,925 kg/day(46.8%)로 가장 많이 나타났으며 축산계 0.4%, 산업계 2.9%로 나타났다.

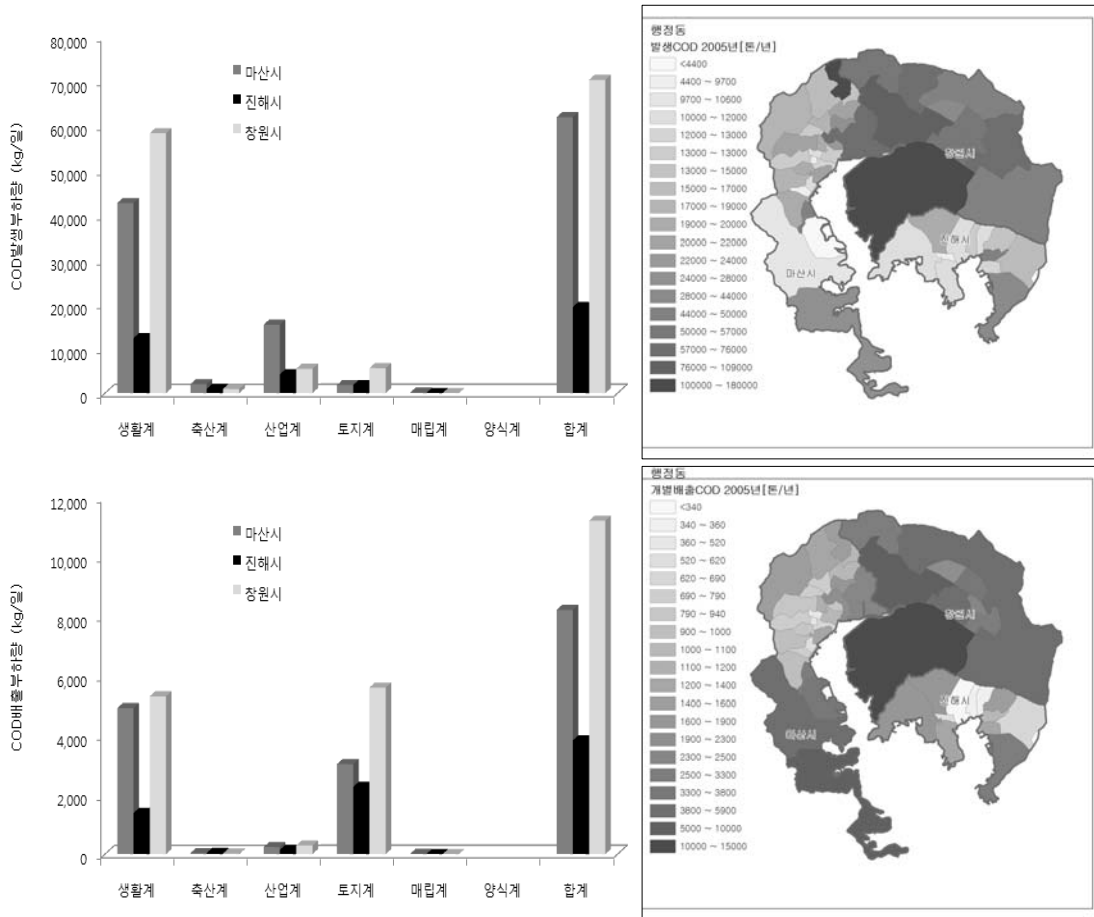


Figure 5. The pollutant load(upper) and discharge load(lower) of COD

3.5 총질소(Total Nitrogen)의 발생부하량과 배출부하량

Fig. 6에서 보는바와 같이 총질소(Total Nitrogen; TN) 발생부하량은 전체 발생 TN 23,416 kg/day 중 마산시에서 TN 발생부하량은

10,870 kg/day (46.4%), 창원시에서 TN 발생부하량은 10,119 kg/day (43.2%), 진해시에서 TN 발생부하량은 2,427 kg/day (10.4%) 분포되어 있는 것으로 나타났고, 생활계에서 발생하는 TN부하량은 17,407 kg/day (74.3%)로 가장 많았으며 산업계가 15.7%, 축산계 2.2%, 토지계 6.7%, 매

립계 0.9%로 나타났다. TN 배출부하량은 전체 배출 TN 7,818 kg/day 중 마산시에서 TN 배출 부하량은 5,358 kg/day (68.5%), 창원시에서 TN 배출부하량은 1,211 kg/day (16.0%), 진해시에서 TN 배출부하량은 1,249 kg/day (15.5%)로 분포

되어 있는 것으로 나타났으며 생활계에서 발생하는 TN 배출부하량은 5,272 kg/day (67.4%)로 가장 많았고, 토지계 26.7%, 산업계 5.4%, 축산계 0.4%, 매립계 0.1% 로 나타났다.

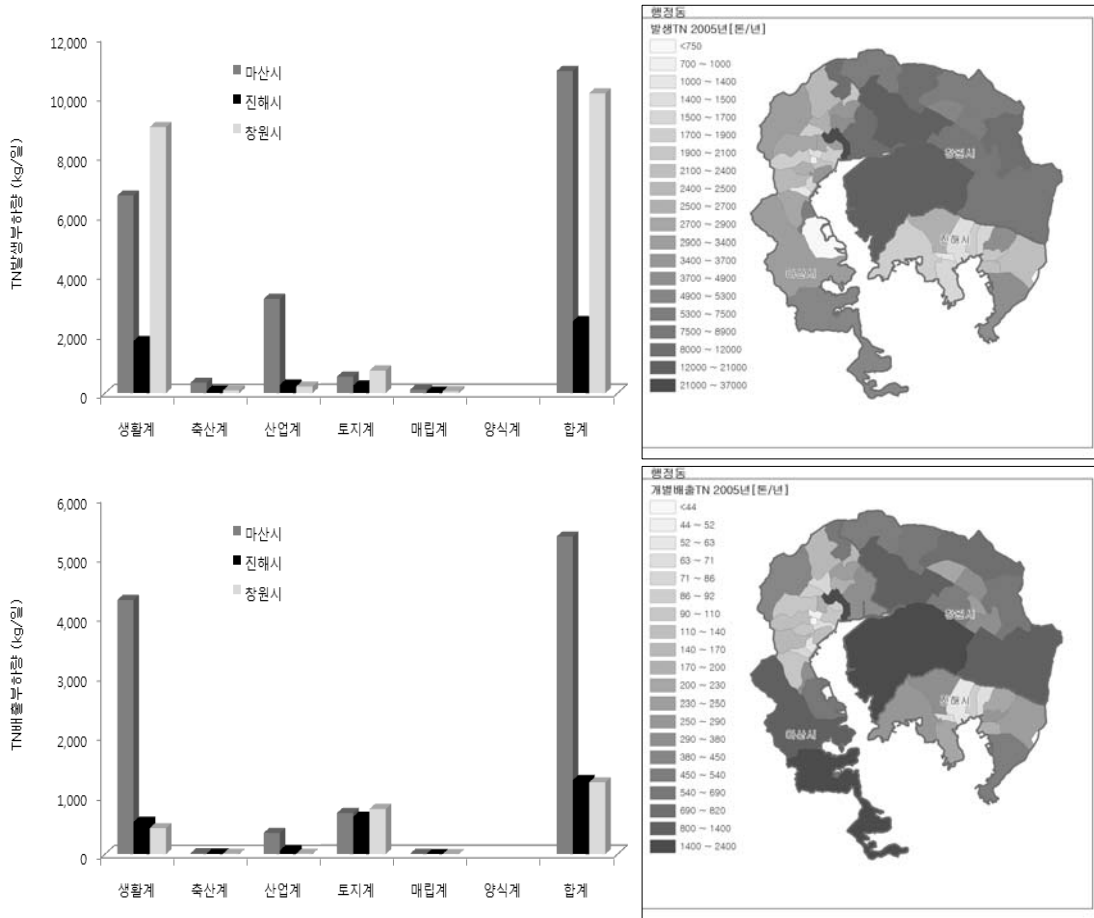


Figure 6. The pollutant load(upper) and discharge load(lower) of total nitrogen

3.6 총인(Total Phosphorus)의 발생부하량과 배출부하량

Fig. 7에서 보는바와 같이 총인(Total Phosphorus; TP) 발생부하량은 전체 발생 TP 3,156 kg/day 중 마산시 TP 발생부하량은 TP 1,491 kg/day(47.3%), 창원시 TP 발생부하량은

TP 1,175 kg/day(37.2%), 진해시 TP 발생부하량은 TP 489 kg/day(15.5%)로 분포되어 있는 것으로 나타났고, 생활계에서 발생하는 TP부하량은 1,904 kg/day(60.3%)로 가장 많았으며 산업계가 23.2%, 축산계 6.9%, 토지계 5.9%, 매립계 3.7%로 나타났다. TP 배출부하량은 전체 배출 TP 827 kg/day 중 마산시 TP 배출부하량은 560

kg/day(67.8%), 창원시 TP 배출부하량은 139 kg/day일(16.7%), 진해시TP 배출부하량은 129 kg/day(15.5%)로 분포되어 있는 것으로 나타났으며

생활계에서 발생하는 TP부하량은 510 kg/day일(61.7%)로 가장 많았으며 토지계 28.7%, 산업계 9.0%, 축산계 0.5%, 매립계 0.1%로 나타났다.

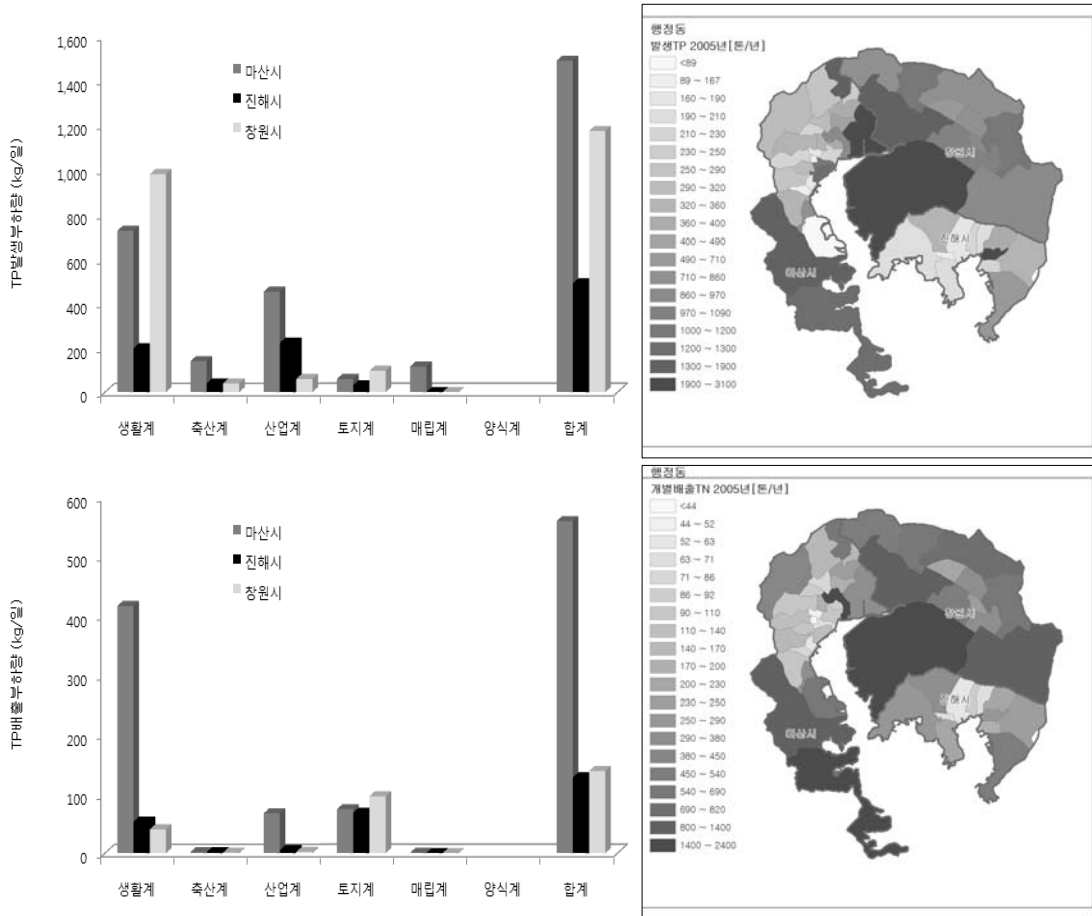


Figure 7. The pollutant load(upper) and discharge load(lower) of total phosphorus

4. 결 론

마산만 연안오염총량관리제는 지역발전을 가로 막는 일방적인 규제를 목적으로 만들어진 제도라 아니라 지역개발계획, 경제여건과 해역환경을 동시에 고려하여 점진적이며 자발적인 방식으로 오염물질 배출저감을 실현할 수 있는 효과적인 정책 수단이라 할 수 있으며 마산만 연안오염총량관리제가 지역에 성공적으로 뿌리내리기 위해서는 이

제도의 시행과정에 지역의 다양한 주체가 참여하여 이를 과학적으로 검증하고 실무적으로 검토할 수 있는 체계를 구성·운영함으로써 지역차원의 지지와 협력의 공감대를 조성하는 것이 필요하다고 생각된다.

마산만 유역의 오염원 관리에 GIS를 이용한 결과 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다. 첫째, 마산만 유역내 소유역도, 행정경계 및 지번도, 토지 피복도 및 토양도, 주제도, 하수처리구역도, 하수

처리장 및 기상관측소 위치, 지형도 등 유역정보에 대한 데이터베이스를 구축함으로써 각 행정구역별 오염원 현황 및 발생 오염부하량의 원활한 비교와 파악이 가능하였다. 둘째, 오염부하 산정 프로그램을 구축함으로써 배출원별 인구현황, 생활계 물사용량, 축산계 사육두수 현황, COD 발생 부하량과 배출부하량, TN 발생부하량과 배출부하량, TP 발생부하량과 배출부하량 등의 오염원 부하량을 행정구역별, 연도별, 용도별로 산정할 수 있었다.

본 연구에서는 GIS을 활용하여 마산만 특별관리해역 통합관리시스템의 일환으로 마산만의 점·비점오염원 관리시스템을 개발하여 마산만 연안오염총량관리 체제를 보다 체계적이고 과학적으로 이용할 수 있도록 시스템을 구축하였다. 앞으로 보완·개선 할 부분도 있지만 현재까지 구축된 시스템은 마산만의 점·비점오염원 오염현황 등을 분석하고 관리함에 있어 GIS 기법의 활용성을 보여 주었다. 대용량의 속성, 공간자료를 활용함에 있어 시간적, 경제적 노력을 최소화함은 물론 체계적이고 효과적인 마산만 연안오염총량 관리가 가능하므로 정책 수립 시 신속한 의사결정에 대한 기여도가 높을 것으로 예상될 뿐만 아니라 연안오염총량관리제 도입에 따른 총량대장작성이 편리하게 이용 가능하도록 기능이 탑재되어 신속하고 편리하게 총량관리를 할 수 있을 것으로 생각된다.

신뢰성 있는 데이터를 확보해야 총량관리 목표수질 설정 및 목표수질로부터 기준 배출부하량을 추정하는 과정에 많은 논란을 최소화할 수 있을 것으로 생각하며, 이를 위해서는 오염원 조사, 부하량 산정, 배출경로 파악, 해역의 조류 생성 과정, 수저퇴적물의 영향 등 객관적인 자료(이창희 등, 2009)를 바탕으로 시스템을 개발해야 할 것이다.

이 연구결과를 바탕으로 좀 더 보완·수정하여 과학적이고 효율적인 점·비점오염원에 관련된 정보와 이에 대한 체계적 관리를 도모하고 부하량 산정프로그램을 이용하여 오염부하량 변화에 따른 향후 오염원 예측이 가능하도록 유역관리 시스템

을 개발함으로써 그간의 사후 오염원 규제 정책에서 사전예방 정책으로 변환하여 마산만 해역의 오염관리 개선 및 연안환경 정책수립 등 효율적으로 정책을 판단하고, 신속한 의사결정을 할 수 있도록 연구가 진행되어야 할 것이다.

감사의 글

본 연구는 “마산만 연안오염총량관리 연구”의 일환으로 국토해양부의 지원을 받아 수행된 연구임(TR-2009-ME-015).

참고 문헌

국토해양부, 마산만 연안오염총량관리 연구(이행평가 및 제2차 연안오염총량관리 과학적 기반 마련), 2009.

국토해양부, 마산만 연안오염총량관리 연구, 2008.

김종택, 수질정보 종합관리 시스템 개발 2차년도 보고서, 국립환경연구원, 1994.

박성은, 최우정, 이원찬, 구준호, 정래홍, 박종수, GIS를 이용한 양식어장 정보관리 시스템 구축, 한국지리정보학회지 7(3): 90-98, 2004.

이창희, 장원근, 고성훈, 남정호, 마산만 특별관리해역의 수질오염총량계획에 반영된 부하량 할당 특성 및 한계, 해양정책연구 24(2), 2009.

정종철, 적조정보시스템의 GIS데이터베이스화 연구, 한국GIS학회지 12(3): 263-274, 2004.

차운경, 수질오염총량관리제의 문제점과 개선방안에 관한 연구, 석사학위논문, 이화여자대학교, 2006.

한국해양연구소, 폐쇄성 연안해역의 수질관리 기술 연구 II, 과학기술원, 1994.

해양수산부, 마산만 특별관리해역 연안오염총량관리 기본방침, 2005.

해양수산부, 마산만 특별관리해역 연안오염총량관리 기술지침, 2006.

해양수산부, 마산만 특별관리해역 제1차 연안오염총량관리 기본계획, 2007.

- 황병기, 조미영, 마산만 유입하천수의 수질자료 분석 및 수환경 DB 구축, 상명대학교 산업과학연구, 2000.
- Beveridge, M.C.M., L.G. Ross, Environment, Site Selection and Planning: The Role of Geographic Information Systems in Aquaculture, IFS Regional Workshop on Ecology of Marine Aquaculture, Osorno, Chile. pp18-23, 1991.
- Hwang, B.G., M.Y. Cho, K.S. Choi, Development of Water-Quality Management System for Masan Bay Using GIS, J. KSWQ 16(5): 573-583, 2000.
- Kapetsky, J.M., J.M. Hill, L. Dorsey Worthy, A Geographical Information System for Catfish Farming Development. Aquaculture 68: 311-320, 1988.
- Meaden, G.J., Where should Trout Farms be in Britain?, Fish Farmer 10(2): 33-35, 1987.
- Megrey, B.A., E. Moksness, Computer in Fisheries Research. Chapman & Hall, 1996.
- Perez, O.M., L.G. Ross, T.C. Telfer, L.M. del Campo Barquin, Water Quality Requirements for Marine Fish Cage Site Selection in Tenerife(Canary Islands): Predictive Modelling and Analysis Using GIS,. Aquaculture 224: 51-68, 2003.
- Perez, O.M., T.C. Telfer, M.C.M. Beveridge, L.G. Ross, Geographical Information Systems (GIS) as a Simple Tool to Aid Modelling of Particulate Waste Distribution at Marine Fish Cage Site, Estuarine Coastal and Shelf Science 54: 761-768, 2002.
- Ross, L.G., O.M. Mendoza, M.C.M. Beveridge, The Use of Geographical Information Systems for Site Selection for Coastal Aquaculture, Institute of Aquaculture, University of Stirling, Scotland, 1991.
- 논문접수일 : 2011년 12월 05일
 - 심사의뢰일 : 2011년 12월 06일
 - 심사완료일 : 2012년 01월 30일