

광양만권역 오염부하량 평가

이우범 · 박수호 · 김성욱*

전남대학교 건설 · 환경공학부

*해동건설

Assessment of Pollutant Loads for Water Enhancement in the Gwang-Yang Bay

Woo-Bum Lee, Soo-Ho Park, Sung-ug Kim*

Department of Civil & Environmental Engineering, Chonnam National University

**Haedong Construction Co., Ltd*

ABSTRACT

This study was conducted to evaluate the influence of pollutant loads on the water quality in the Gwang Yang Bay from 2003 to 2007. The raw loads of BOD in population, livestock, industrial waste water, nursery, land and landfill was 11,946.1 kg/day, 9,040.1 kg/day, 3,435.7 kg/day, 45.3 kg/day, 6,979.0 kg/day, 29.8 kg/day in 2007 and is prospected 11,995.4 kg/day, 8,784.3 kg/day, 3,435.7 kg/day, 45.3 kg/day, 7,408.0 kg/day, 29.8 kg/day in 2012. The delivered loads of BOD in population, livestock, industrial waste water, nursery, land and landfill was 3,094.3 kg/day, 811.0 kg/day, 631.7 kg/day, 45.3 kg/day, 6,902.7 kg/day, 2.2 kg/day in 2007 and is prospected 3,424.6 kg/day, 788.1 kg/day, 631.7 kg/day, 45.3 kg/day, 7,327.5 kg/day, 2.2 kg/day in 2012. The Contribution ratio of Sumjin River in BOD, N and P was 71.7%, 90.6%, 65.8%.

Key words : Pollutant Loads, Gwang-Yang Bay.

1. 서론

여수산단에 인접해 있는 광양만은 광양시, 여수시, 하동군 및 남해군 등으로 둘러싸인 면적이 약 200 km²인 내만으로 수심은 수로부분을 제외하면 대부분 5m 이하로 구성되어 있다. 만의 북쪽에는 광양제철소 및 광양 연관단지가 조성되어 있으며, 서쪽에는 울촌공업단지가 조성중이고 남쪽에는 중화학 공업기지인 여수산단이 건설되어 있다. 현재 광양만내에는 수산생물의 서식, 양식 및 산란에 적합한 수질기준인 I 등급 해역은 없으며, II등급과 III등급해역으로 구분되어 있다. 광양만은 해양오염특별관리법에 의하여 특별관리해역으로 지정되어 관리되고 있으나 오염도는 증가하고 있으며, 다양한 환경으로 구성되어 있어 생태적인 가치를 포함한 사회 및 경제적인 중요성이 높은 공간임에도 불구하고 집중적인 개발로 인하여 환경이 지속적으로 훼손되고 있다. 또한, 연안에 오염원이 집중되어 있고 반폐쇄성 연안해역의 특성상 제한된 해수유동과 육상오염원으로 인해 자연적인 오염물질의 처리용량이 작은 자연적인 여건과 맞물려 지역적으로 수질이 심각하게 악화되었다.^{1, 2)}

정부는 이러한 육상오염원으로 인해 악화된 연안해역의 수질을 획기적으로 개선함으로써 연안 생태계를 보전하고 더 나아가 지속가능한 연안이용을 담보하기 위한 일련의 관리노력을 기울이고 있다. 예를 들어 환경부는 처리시설의 확충 및 수질오염총량관리제의 도입하여 수요 수계의 수질 개선 종합대책을 수립하고 이를 지원하는 수계별 특별법을 제정하여 주요 하천을 통해 연안으로 유입되는 오염부하 저감을 도모하고 있다.

따라서, 기존의 오염의 심화를 방지하고 2012년 여수 세계박람회의 성공적인 개최를 위해서 해양세계박람회가 추구하는 중요한 주제 중 하나인 광양만권의 환경을 보전하면서 효율적으로 이

용 관리하는 것이 필요하며, 이를 위해 광양만권의 환경을 보전하면서 여수 세계박람회를 성공적으로 개최할 수 있도록 광양만권의 연안수질 및 환경관리를 위한 연안환경관리 모델의 수립이 절대적으로 필요한 실정이다.

2. 재료 및 방법

2.1 유역 구분

본 연구를 위해 필요한 수계환경 자료조사, 오염원 조사, 오·폐수량 및 오염부하량 산정 등의 자료를 이용하기 위해 선행되어야 할 작업으로 유역구분이 필요하다. 수문지형정보 중 유역구분 과정은 점오염원 관리와 통제를 위해 필수적으로 요구되는 지형인자로서 수문분석에서 보편적으로 이루어지고 있는 연구 활동 중의 하나이다. DEM(Digital Elevation Model)으로부터 유역을 자동 추출하는 방법은 DEM 자료의 처리방법이 발달함에 따라 수작업으로 작성해온 유역추출 작업을 대신할 수 있게 되었으며, 본 연구에서는 정밀한 유역 구분 작업을 위해 수치지형도를 이용하여 DEM을 구축하고 소유역을 구축하였다.^{3,4,5)}

2.2 오염원 조사 및 전망

오염원 조사는 연안오염총량관리기술지침(안)에 따라 점오염원과 비점오염원으로 구분하였다. 점오염원은 생활계, 축산계, 산업계 및 양식계로 구성되며 토지계 및 기타오염원은 비점오염원으로 구분하였다. 한편 기술지침에 따라 점오염원과 비점오염원에 대하여 행정구역과 배출원별로 조사하였으며 환경기초시설에 대해서도 조사하였다.^{9,10,11)}

오염원조사는 과거 5년간(2003년~2007년)

조사 결과를 이용하여 행정구역별 오염원 변화 추세를 분석하였으며, 이 결과를 근거로 향후 여수엑스포 개최시점(2012년)에 대한 오염원을 전망하였다.

2.2 오염부하량 산정방법

오염부하량의 산정은 연안오염총량관리기술 지침(안)에 따랐으며, 오염원그룹별로 구분하여 Microsoft사의 Excel Program을 이용하여 산정하였다.

각 오염원별 오염원 조사결과와 기술지침상의 각 오염원별 오·폐수 발생원단위, 전환계수 등을 활용하여 각 오염원별 오·폐수 발생 및 배출 부하량을 산정하였다. 부하량 산정 시 적용하는 발생원단위는 실측자료를 우선으로 하였으며 실측자료가 없는 경우는 기술지침에서 제시하는 원단위를 활용하였다.^{9,10,11)}

3. 결과 및 고찰

3.1 유역구분

DEM 기법을 이용하여 광양만권을 33개의 소유역으로 구분하였으며, 광양만권의 유역구분도 및 표를 아래에 나타내었다.

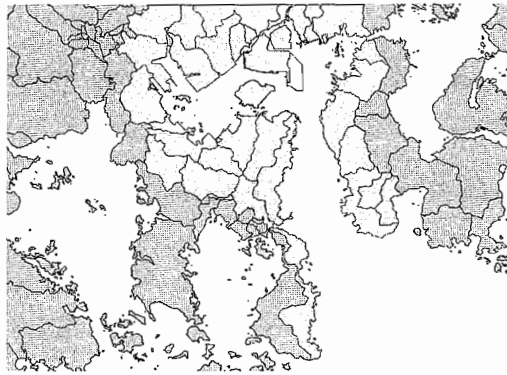


Fig. 1. Watershed.

Table 1. Small Watershed in Gwang Yang Bay

Name				
Gwangyang-shi	Namhae-gun	Suncheon-shi	Yosu-shi	Haedong-gum
Gwangyang01	Namhae01	Suncheon01	Yosu01	Haedong01
Gwangyang02	Namhae02		Yosu02	Haedong02
Gwangyang03	Namhae03		Yosu03	Haedong03
Gwangyang04	Namhae04		Yosu04	
Gwangyang05	Namhae05		Yosu05	
Gwangyang06	Namhae06		Yosu06	
Gwangyang07	Namhae07		Yosu07	
Gwangyang09			Yosu08	
Gwangyang10			Yosu09	
			Yosu10	
			Yosu11	
			Yosu12	

3.2 오염원현황 및 전망

광양만권역의 최근 5년간(2003년~2007년) 조사결과 및 2012년까지의 전망결과를 살펴보면 생활계에서는 2003년 284,866인에서 2007년 280,520으로 4,346인이 감소한 것으로 조사되었으며, 2012년에는 280,208인으로 4,658인이 감소한 것으로 전망되었다. 축산계의 경우 2003년 720,774두에서 2007년 705,984두로 14,790두가 감소한 것으로 조사되었으며, 2012

년에는 686,566두로 34,208두가 감소한 것으로 전망되었다. 산업계의 경우 산업폐수 발생량이 2003년에는 77,292 m³/일이 발생되었고, 2007년에는 80,308 m³/일이 발생하는 것으로 전망되었으며, 2012년에는 80,308 m³/일이 발생하는 것으로 전망하였다. 토지계의 경우 전, 답, 임야는 감소하는 것으로 조사 및 전망되었고, 대지 및 임야는 개발사업으로 인하여 증가하는 것으로 조사 및 전망되었다.

Table 2. Summaries of pollutant sources

Region	Type		2003	2004	2005	2006	2007	2012
Gwangyang-shi Namhae-gun Suncheon-shi Yosu-shi Haedong-gum	Population	Population (person)	284,866	282,947	280,158	278,671	280,520	280,208
	Livestock (head)	Chicken	650,268	614,217	597,619	611,755	636,459	614,217
		Dog	9,994	11,375	7,500	6,457	6,120	11,375
		Pig	38,553	36,801	42,662	44,021	40,990	36,801
		Horse	0	0	1	1	1	0
		Sheep	9,808	11,294	9,741	8,820	8,315	11,294
		Milk cow	1,806	1,598	1,638	1,637	1,836	1,598
		Cattle	10,345	11,281	12,368	12,980	12,263	11,281
		Sum	720,774	686,566	671,529	685,671	705,984	686,566
	Industrial wastewater	Wastewater (m ³ /day)	77,292	75,604	78,579	80,395	80,308	80,308
	Fish farm	Area(km ²)	8,112	8,112	8,112	8,112	8,112	8,112
	Land (km ²)	Farm	68	68	67	67	67	65
		Paddy	102	102	101	101	100	98
		Forest	493	492	491	491	489	484
		Lot	83	83	84	86	87	93
		Rest	48	49	49	51	52	57
		Sum	795	794	793	795	796	797
	Nursery		171	171	171	171	171	171

3.3 발생부하량

광양만권역의 6개의 오염원 그룹별로 구분하여 2007년 오염부하량을 산정한 결과는 아래 그림 과 같았다. BOD 발생부하량의 경우 생

활계, 축산계, 산업계, 양식계, 매립계, 토지계가 각각 11,946.1 kg/일, 9,040.1 kg/일, 3,435.7 kg/일, 45.3 kg/일, 6,979.0 kg/일, 29.8 kg/일로 조사되었으며, 2012년 오염부하량을 예측한 결과 11,995.4 kg/일, 8,784.3

kg/일, 3,435.7 kg/일, 45.3 kg/일, 7,408.0 kg/일, 29.8 kg/일로 전망되었다.

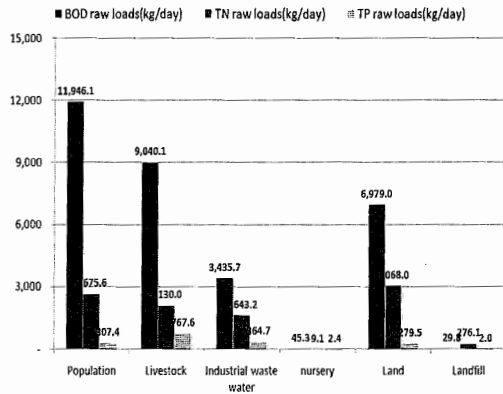


Fig. 2. The raw loads in 2007.

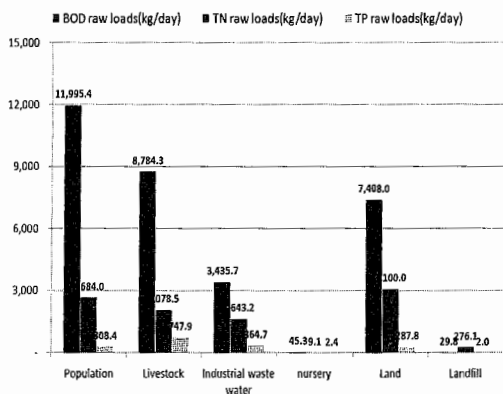


Fig. 3. The raw loads in 2012.

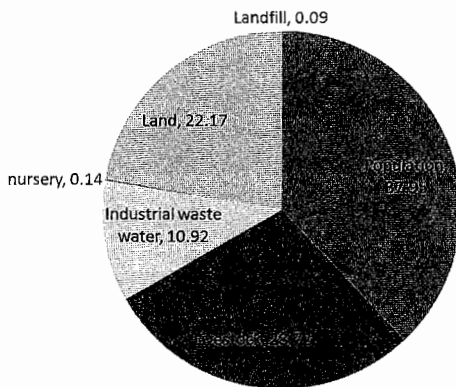


Fig. 4. The contribution ratio of raw loads in 2007.

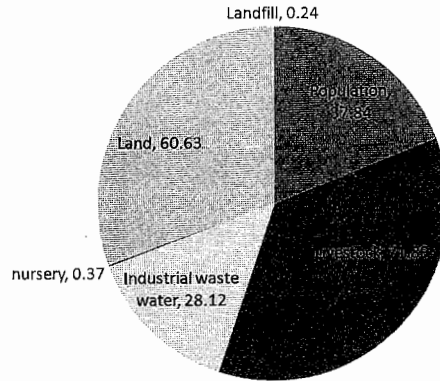


Fig. 5. The contribution ratio of raw loads in 2012.

3.4 배출부하량

광양만권역의 6개의 오염원 그룹별로 구분하여 2007년 오염부하량을 산정한 결과는 아래 그림과 같았다. BOD 발생부하량의 경우 생활계, 축산계, 산업계, 양식계, 매립계, 토지계가 각각 3,094.3 kg/일, 811.0 kg/일, 631.7 kg/일, 45.3kg/일, 6,902.7 kg/일, 2.2kg/일로 조사되었으며, 2012년 오염부하량을 예측한 결과 3,424.6 kg/일, 788.1 kg/일, 631.7 kg/일, 45.3 kg/일, 7,327.5 kg/일, 2.2kg/일로 전망되었다.

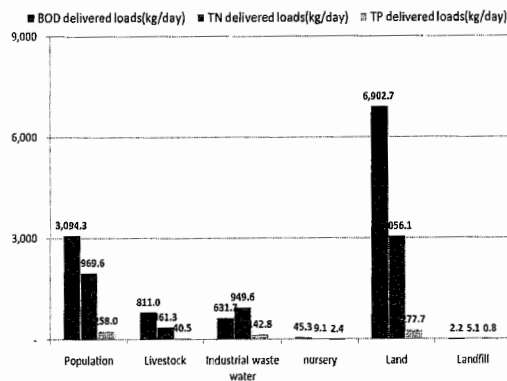


Fig. 6. The delivered loads in 2007.

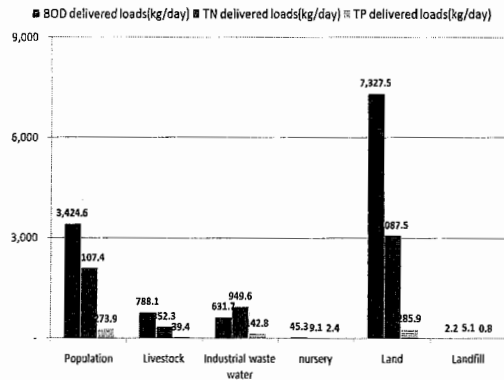


Fig. 7. The delivered loads in 2012.

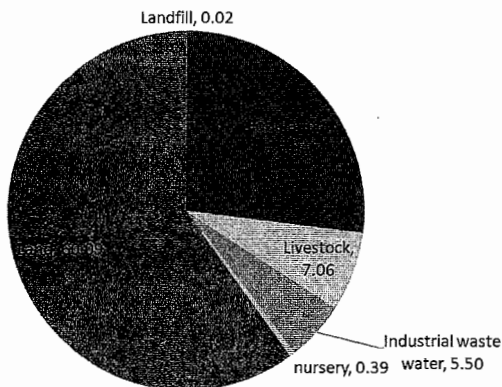


Fig. 8. The contribution ratio of delivered loads in 2007.

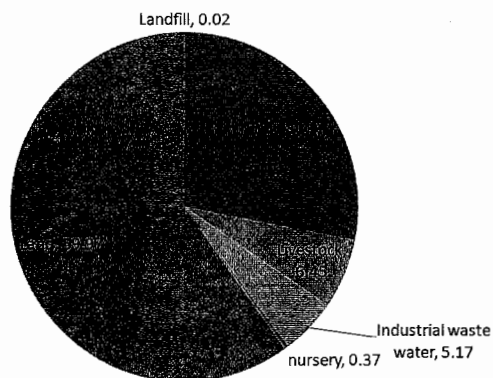


Fig. 9. The contribution ratio of delivered loads in 2012.

3.5 섬진강 기여율

광양만권역에 오염부하량의 많은 부분을 섬진강의 부하량이 기여하고 있다. 따라서 본 연구에서는 섬진강의 기여율을 평가하였다. 연구결과 섬진강의 오염부하량 기여율은 BOD, T-N, T-P가 각각 71.7%, 90.6%, 65.8%로 나타났다. T-N의 경우 대부분 섬진강에서 기여하고 있는 것으로 나타났으며, BOD와 T-P의 경우 육상오염원이 상당부분 기여하고 있음을 알 수 있었다.

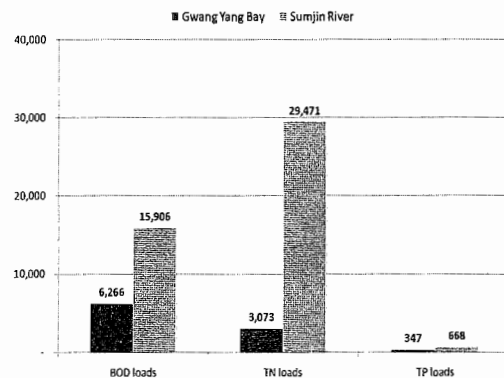


Fig. 10. The delivered loads in Gwang Yang bay and Sumjin River.

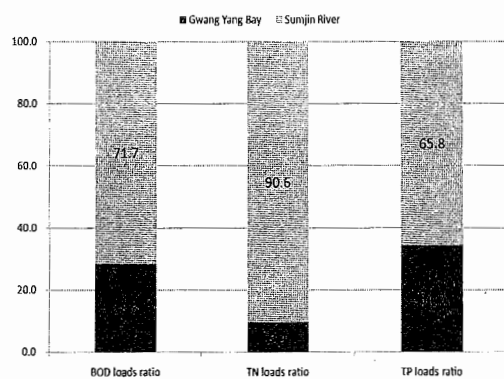


Fig. 11. The Contribution ration of delivered loads in Gwang Yang bay and Sumjin River.

4. 결 론

광양만권역의 6개 오염원 그룹별로 분류하여 오염부하량을 산정한 결과 양식계와 매립계의 부하량은 크지 않은 것으로 산정되었으며, 가장 큰 부하량을 차지하고 있는 것은 토지계, 생활계, 축산계, 산업계로 나타났다. 다른 지역과 달리 광양만권역의 경우 여수산단 등 많은 산단이 위치하고 있어 산업계의 비중이 다른지역보다 크게 나타나고 있었다. 또한 섬진강 기여율의 경우 BOD, T-N, T-P가 각각 71.7%, 90.6%, 65.8%로 나타나고 있어 BOD 및 T-P의 경우 육상오염원이 상당부분 기여하고 있는 것으로 나타났다. 따라서, 향후 광양만권역의 수질관리를 위해서는 섬진강의 수질개선 뿐만 아니라 광양만권의 오염부하량 관리가 필요할 것으로 사료되며, 향후 여수엑스포 등 대형개발사업이 이루어 질 경우 수질관리가 적절하게 이루어 질수 있도록 친환경적인 개발이 필요하다고 사료된다.

사 사

본 연구는 환경부지정 전남지역환경기술개발센터 과제 연구비 지원에 의하여 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. 김광수. 생태모델을 이용한 황해의 환경용량 산정. 부산수산대학교 대학원 박사학위논문, 159 pp. (1995).
2. 김동명. 생태모델을 이용한 황해의 부영양화 모델링. 부경대학교 대학원 박사학위논문, 143. pp. (1999).
3. 박청길. 양식장 환경용량 산정. 양식공학, 부경대학출판부, 277~294. pp. (1996).
4. 조은일. 생태계 모델을 이용한 어장환경용량 산정. 부산수산대학교 대학원 박사학위논문, 139. pp. (1996).
5. 조홍연, 채장원, 진해 · 마산만 오염부하량의 특성분석. 한국해안 · 해양공학회지 10: 132~140. pp. (1998).
6. 한국해양연구원, 진해 · 마산만 수질환경 관리 모델 개발(II).395 pp. (1999).
7. 해양수산부, 환경관리해역 환경개선연구. 658 pp. (2002).
8. 해양수산부, 마산만 특별관리해역연안오염총량관리기본방침. (2005).
9. 해양수산부, 연안오염총량관리 기본계획 수립 기초 연구. 386 pp. (2005).
10. 해양수산부, 해양환경공정시험방법. 389 pp. (2005).
11. 해양수산부, 2006, 마산만 특별관리해역 연안오염총량관리 기술지침 (2006).
12. Dae In Lee, Chung Kil Park and Hyeon Seo Cho, Ecological modeling for water quality management of Kwangyang Bay, Korea. Journal of Environmental Management, Volume 74, Issure 4, pp. 327~337 (2005).
13. Dong-Myung Kim, Norihide Nakada, Toshihiro Horiguchi, Hideshige Takada, Hiroaki Shiraishi, Osami Nakasugi, Numerical simulation of organic chemicals in a marine environment using a coupled 3D hydrodynamic and ecotoxicological model. Marine Pollution Bulletin 48. pp. 671~678. (2004).
14. EPA. Water quality criteria research of the

- U.S. Environmental Protection Agency. Proceedings of EPA sponsored symposium. EPA-600 (3-76-079). 185 pp. (1976).
15. Forsberg, C. and S.O. Ryding Eutrophication parameters and trophic state indices in 30 Swedish wastereceiving lakes. Arch. Hydrobiol., 89, pp. 189~207. (1980).
16. Grasshoff, K, Kremling M. Ehrhardt, Methods of seawater analysis. Wiley-VCH. 600 pp. (1999).
17. Kang, C.K, P.Y. Lee, J.S. Park and P.J. Kim. On the distribution of organic matter in the nearshore surface sediment of Korea. Bull. Kor. Fish. Soc., 26, pp. 557~566. (1993).
18. Kim Gwang-Su, Choi Young-Chan, The Estimation of Environmental Capacity in the Southern Coastal Area of Cheju Island using an Ecosystem Model, Journal of the Korean Society for Marine Environmental Engineering, 3(1), pp. 52~61. (2000).
19. Kim Jong-Gu, Kim Yang-Soo, Cho Eun-II, Application of Ecosystem Model for Eutrophication Control in Coastal Sea of Saemankeum Area, Journal of the Korean Fisheries Society, 35(4), pp. 356~365. (2002b).
20. Kim Jong-Gu, Park Chung-Kil, Kim Kwang-Su, The application of ecosystem model for the eutrophication control in Masan Bay in summer, Journal of the Environmental Sciences, 3(3), pp. 185~195. (1994).
21. Krebs, C. J. Ecology : The fundamental analysis of distribution and abundance. Harper and Row, New York, 694 pp. (1978).
22. Langlang, M.J., Lietman, P.L., and Hoffman, S., Synthesis of nutrient and sediment data for watersheds within the Chesapeake Bay drainage basin: USGS Water-Resources Investigation Report 95-4233, 121 pp. (1995).
23. Park, Y.C., H.S. Yang, P.Y. Lee and P.J. Kim. Environmental characteristics of the seawater and surface sediment in the vicinity of Pusan Harbor area in winter. J. Kor. Fish. Soc., 28, pp. 577~588. (1995).
24. Schnoor, J. L. Environmental modeling : fate and transport of pollutants in water, air, and soil. A Wiley-Interscience Publication, Jhon Wiley & Sons Inc., pp. 9~11. (1996).
25. Smaal, A.C., T.C. Prins, Dankers, N., & Ball, B., Minimum requirements for modelling bivalve carrying capacity. Aquatic Ecology 31, pp. 423~428. (1998).
26. Park, K., Concept of surface water quality modeling in tidal rivers and estuaries. Environmental Engineering Research, 1, pp. 1~13. (1996).