

GIS를 이용한 발생부하량 산정 및 수질오염 위험지역 분석

Pollutant Load Estimation and Water Pollution Hazard Area Analysis Using GIS

박의정*, 이종필**, 최경환***, 김철****

Eui-Jung Park, Jong-Pil Lee, Kyoung-Hwan Choi, Chul Kim

요 지

환경부에서 시행하는 수질오염총량관리제도를 효과적으로 운영하기 위해서는 하천기초자료들과 함께 오염원 자료가 필요하다. 현재 오염원 자료는 체계화되어 있지 않으므로 필요할 때마다 여러 자료에서 뽑아 쓰고 있다. 따라서 GIS를 이용하여 데이터베이스화하여 물수지 모형 및 수질 모형의 입력자료와 연계하여 유역의 오염부하량을 산정하도록 할 필요가 있다. 본 연구에서는 영산강유역을 대상지역으로 GIS를 이용하여 각 오염원에 대한 자료 데이터베이스를 구축하였다. 오염원 자료들을 행정구역별, 오염총량관리유역별로 DB를 구축한 후 이를 이용하여 발생부하량을 산정하였으며, 그 결과를 광주광역시 및 전라남도 영산강 오염총량관리 기본계획 보고서의 발생부하량값과 비교하였다. 두 값의 상대오차를 계산한 결과 0.003~4.273% 정도로써 계산 결과의 차이가 많지 않았다. 발생부하량 산정결과 생활계와 토지계 발생부하량은 영본B에서 가장 높은 값을 보였으며 축산계 발생부하량은 영본E에서 가장 높은 값을 나타내었다. 생활계, 축산계, 토지계 발생부하량 합산결과 생활계와 토지계에서 가장 높은 값을 보인 단위유역은 영본B 지역과 축산계에서 가장 높은 값을 나타낸 영본E로서 수질오염 위험지역으로 분석되어 수질관리를 위한 정화시설 및 저류지 조성이 필요할 것으로 판단할 수 있다.

본 연구의 결과를 이용하여 미래 오염부하량을 예측하는데 활용할 수 있을 것이고 물수지 분석을 위한 모델의 입력자료로 활용 가능하며, 하천의 유역관리 및 영산강유역의 오염총량관리를 위한 기초자료로서 이용될 수 있을 것으로 기대된다.

핵심용어 : GIS, 발생부하량, 수질오염 위험지역, 수질오염총량관리제도

1. 서 론

산업구조의 변화와 팽창을 통해 경제성장이 이루어지면서 물의 사용량은 증대되고 오염물질 또한 지속적으로 증가하고 있다. 이에 정부는 4대강 물관리종합대책을 수립하면서, 배출허용기준을 정하고 수계구간별 목표수질을 설정하고 그 목표수질을 달성·유지하기 위한 허용부하량을 산정하여, 해당 총량관리단위 유역내에서 배출되는 오염물질의 총량이 목표수질을 달성할 수 있는 허용부하량 이내로 규제하는 수질오염총량관리제도를 운영하고 있다. 이 제도를 효과적으로 운영하

* 정회원 · 호남대학교 토목공학과 박사수료 · E-mail: pej1214@hotmail.com
** 정회원 · 호남대학교 토목공학과 석사 · E-mail: jongpil1980@nate.com
*** 정회원 · 호남대학교 토목공학과 석사과정 · E-mail: ckh7631@naver.com
**** 정회원 · 호남대학교 토목공학과 교수 · E-mail: kuchul@dreamwiz.com

기 위해서는 하천기초자료들과 함께 오염원 자료의 구축이 필요하다. 하천기초자료에는 수치고도 자료, 토양도, 토지피복도, 관리구역도 등과 같은 그래픽자료들이 있으며 이와같은 자료들은 국내 여러 기관들에 의해 구축되어 제공되고 물수지분석 또는 수질분석을 위한 수질모형의 입력자료로 이용되고 있다. 그러나 생활계, 축산계, 산업계, 양식계, 토지계, 매립계 오염원 자료들은 원단위를 적용한 단순산정기법을 이용하고 있고 체계화가 되어 있지 않다. 따라서 GIS를 이용하여 데이터베이스화하여 물수지 모형 및 수질모형의 입력자료와 연계하여 유역의 오염부하량을 산정하도록 할 필요가 있다. 본 연구에서는 영산강유역을 대상지역으로 하천 유역에 관련된 기초자료를 구축하기 위해 GIS를 이용하여 각 오염원에 대한 자료를 데이터베이스화 하였고, 2002년과 2005년도를 기준으로 오염원 자료들을 행정구역별, 오염총량관리구역별로 구축한 후 발생부하량을 산정하였다. 산정된 발생부하량값은 광주광역시 및 전라남도 영산강 오염총량관리 기본계획 보고서(2005. 6)의 발생부하량값과 비교하였으며 두 값의 상대오차를 계산하였다. 그림 1.에 영산강유역의 행정구역도와 환경부 단위유역도를 나타내었다.

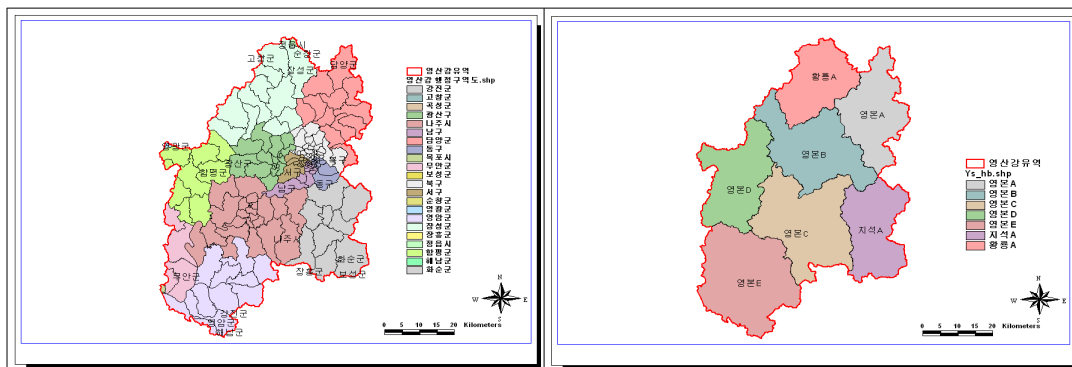


그림 1. 영산강유역의 행정구역도와 환경부 단위유역도

2. 오염원 자료구축

생활계, 축산계, 산업계, 양식계, 토지계, 매립계 오염원 자료들은 Nongraphic 자료로서 광주광역시, 전라남도 영산강 오염총량관리 기본계획 보고서를 참고로 하여 오염원 데이터를 구축하였다.

2.1 생활계 오염원

배출원별 가정인구수는 행정구역도와 환경부 단위유역도를 중첩하여 만든 새로운 주제도를 만들어서 2002년과 2005년도를 기준으로 행정구역별, 단위유역별로 구축하였다. 구축된 데이터는 시군구명, 단위유역명, 소유역명, 하수처리 인구수(분류식, 합류식), 하수미처리 인구수(오수처리, 단독정화, 수거처리), 가정인구수이며 광주광역시, 나주시, 담양군, 목포시, 무안군, 영암군, 장성군, 함평군, 화순군별로 정리하였다. 표 1.은 단위유역별 가정인구 현황(2005년)을 나타내었다.

표 1. 단위유역별 가정인구 현황(2005년 광주광역시)(단위 : 명)

단위유역	분류식	합류식	하수처리	오수처리	단독정화	수거처리	하수미처리	총인구
영본A	18	17548	17566	99	3569	36	3704	21270
영본B	323626	1055079	1378705	201	8409	4415	13025	1391730
영본C	20	32690	32710	798	3720	2038	6556	39266
영본D	0	0	0	0	525	419	944	944

2.2 축산계 오염원

광주광역시, 전라남도의 축산현황 역시 행정구역도와 환경부 단위유역도를 중첩하여 만든 새로운 주제도를 만들어서 2002년과 2005년도를 기준으로 단위유역별로 구축하였다. 구축된 데이터는 젖소, 한우, 말, 돼지, 사슴, 개, 가금으로 7종류에 대해 두수로 정리하였다. 표 2.에 단위유역별 축산현황을 나타내었다.

표 2. 단위유역별 축산현황(2005년도)(단위: 두수)

단위유역	젖소	한우	말	돼지	사슴	개	가금
황룡A	1145	7719	0	35714	3467	16482	152358
영본A	1909	15190	0	38752	3713	17584	979830
영본B	617	3201	0	3441	2329	10535	278674
영본D	6473	17303	0	102667	2471	27137	6168771
영본C	9058	12988	1	169735	3883	32500	4094175
지석A	1429	3723	0	61730	986	0	741032
영본E	9869	38282	0	223487	387	2703	5117386

2.3 토지계 오염원

행정구역별 토지현황은 광주광역시 및 전라남도 영산강 오염총량관리 기본계획 보고서를 참고로 하여 2002년과 2005년도를 기준으로 자료를 구축하였다. 표 3.에 광주광역시 2005년도 토지현황을 나타내었다.

표 3. 광주광역시 2005년도 토지현황 (단위 : km²)

시군	No	단위유역	전	답	임야	대지	기타
광주광역시	1	영본A	2.6	4.80	36.9	2.4	2.3
	2	영본B	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0
	3	영본C	5.9	16.8	21	5.5	5.5
	4	영본D	0.6	2.20	4.7	0.5	0.8
	5	지석A	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0
	6	황룡A	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0

3. ArcView Avenue를 이용한 발생부하량 산정

전라남도 및 광주광역시 영산강 오염총량관리 기본계획을 참고하여 구축한 점오염원 자료를 바탕으로 GIS 프로그램인 ArcView를 이용하여 데이터베이스를 구축하였으며, Avenue의 Dialog

Designer를 이용하여 오염원 오염부하량을 산정할 수 있는 Script를 설계하였다. 그림 2에 ArcView의 Avenue 설계화면 및 실행화면을 나타내었다.

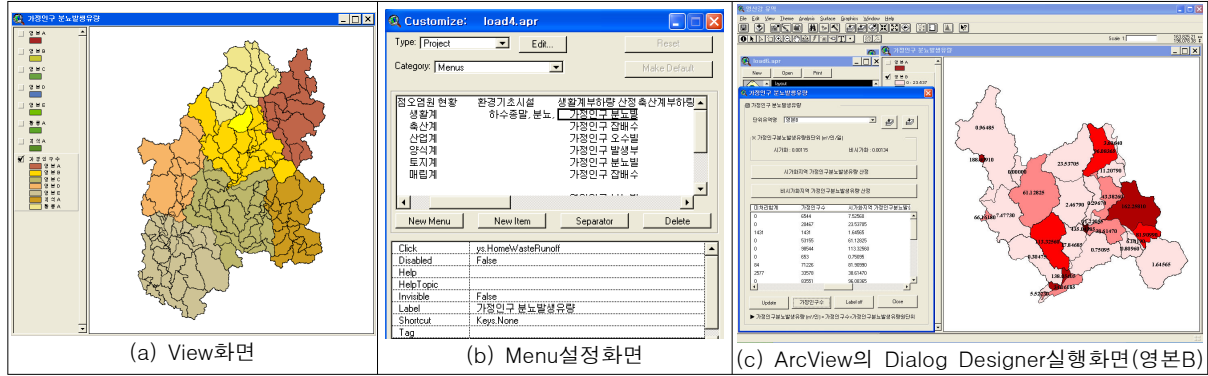


그림 2. ArcView의 View, Menu, Dialog Designer화면

3.1 생활계 발생부하량

생활계 오염원은 좌표값이 없는 관계로 포인트 자료로서 구축이 불가능하여 폴리곤 데이터로 단위구역별로 2002년과 2005년도를 기준으로 인구수를 입력하였다. 입력된 자료를 이용하여 생활계 발생부하량을 산정하였다. 산정된 생활계 발생부하량은 광주광역시 및 전라남도 영산강 오염총량관리 기본계획 보고서의 발생부하량 값과 비교하였으며 상대오차를 표 4.에 나타내었고 그림 3(a).에 각 구역별 생활계 발생부하량을 나타내었다.

표 4. 단위구역별 생활계 발생부하량 산정 비교(BOD, kg/일)

단위구역	2002발생BOD (보고서)	2002년 산정 결과	2002년 결과 상대오차(%)	2005년 산정결과
영본A	4,454.800	4,533.087	1.757	4,244.841
영본B	82,903.900	82,995.813	0.111	86,115.846
영본C	8,570.500	8,681.668	1.297	8,083.571
영본D	3,499.900	3,582.564	2.362	3,050.805
영본E	5,452.400	5,567.198	2.105	5,237.746
지석A	3,738.100	3,785.023	1.255	3,970.198
황룡A	2,030.200	2,065.853	1.756	1,914.006

3.2 축산계 발생부하량

축산계 오염원 역시 폴리곤 데이터로 단위구역별로 2002년과 2005년도를 기준으로 축산계 현황을 입력하였다. 입력된 자료를 이용하여 축산계 발생부하량을 산정하였다. 산정된 축산계 발생부하량은 광주광역시 및 전라남도 영산강 오염총량관리 기본계획 보고서의 발생부하량 값과 비교하였으며 상대오차를 표 5.에 나타내었고 그림 3(b).에 각 구역별 축산계 발생부하량을 나타내었다.

표 5. 단위유역별 축산계 발생부하량 산정 비교(BOD, kg/일)

단위유역	2002발생BOD (보고서)	2002년 산정 결과	2002년 결과 상대오차(%)	2005년 산정결과
영본A	17,473.500	17,475.000	0.009	18,754.000
영본B	3,803.800	3,804.000	0.005	4,070.000
영본C	48,195.800	48,191.000	0.010	52,308.000
영본D	50,629.500	52,793.000	4.273	56,516.000
영본E	70,818.800	70,817.000	0.003	76,723.000
지석A	11,540.800	11,537.000	0.033	13,352.000
황룡A	9,078.900	9,077.000	0.021	9,728.000

3.3 토지계 발생부하량

토지계 오염원도 폴리곤 데이터로 단위유역별로 2002년과 2005년도를 기준으로 토지계 면적자료를 입력하였다. 입력된 자료를 이용하여 토지계 발생부하량을 산정하였다. 산정된 토지계 발생부하량은 광주광역시 및 전라남도 영산강 오염총량관리 기본계획 보고서의 발생부하량 값과 비교하였으며 상대오차를 표 6.에 나타내었고 표 7.에 생활계, 축산계, 토지계 발생부하량의 합산결과를 나타내었으며 결과에 따른 그림 2(c).에 각 유역별 토지계 발생부하량을 나타내었다.

표 6. 단위유역별 토지계 발생부하량 산정 비교(BOD, kg/일)

단위유역	2002발생BOD (보고서)	2002년 산정 결과	2002년 결과 상대오차(%)	2005년 산정결과
영본A	2,748.900	2,716.540	1.177	2,791.770
영본B	9,207.250	9,039.550	1.821	9,098.390
영본C	4,600.600	4,553.140	1.032	4,662.950
영본D	3,352.600	3,291.450	1.824	3,442.590
영본E	4,815.300	4,762.650	1.093	4,958.640
지석A	2,114.500	2,121.390	0.326	2,162.570
황룡A	1,925.700	1,934.410	0.452	1,976.450

3.4 발생부하량 산정결과

발생부하량 산정결과 생활계와 토지계 발생부하량은 영본B에서 가장 높은 값을 보였으며 축산계 발생부하량은 영본E에서 가장 높은 값을 나타내었다. 표 7.에 단위유역별 발생부하량 합산결과를 나타내었고, 그림 2.에 생활계, 축산계, 토지계의 발생부하량 값을 농도별로 나타내었다.

표 7. 단위유역별 발생부하량 합산결과(BOD, kg/일)

단위유역	생활계	축산계	토지계	합계
영본A	4,533.087	17,475.000	2,716.540	24,724.627
영본B	82,995.813	3,804.000	9,207.250	96,007.063
영본C	8,681.668	48,191.000	4,553.140	61,425.808
영본D	3,582.564	52,793.000	3,291.450	59,667.014
영본E	5,567.198	70,817.000	4,762.650	81,146.848
지석A	3,785.023	11,537.000	2,121.390	17,443.413
황룡A	2,065.853	9,077.000	1,934.410	13,077.263
최대값	82,995.813	70,817.000	9,207.250	96,007.063

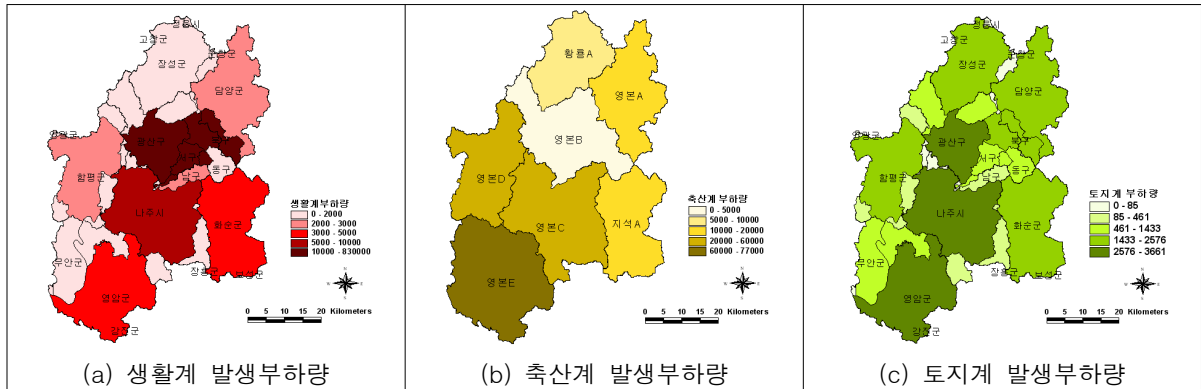


그림 2. 영산강유역의 발생부하량(2005년도)

4. 결론

영산강유역을 대상으로 하천 유역에 관련된 기초자료를 구축하기 위해 GIS를 이용하여 오염총량 관리유역별로 각 오염원에 대한 자료를 데이터베이스화 하였다. 오염원 자료들은 포인트 자료로서 입력하기에는 좌표값을 필요로 하며 자료가 방대하므로 구축하는데 장기간의 시간이 소요되므로 본 연구에서는 생활계, 축산계, 산업계, 양식계, 토지계, 매립계 오염원 자료들중 생활계, 축산계, 토지계 오염원을 폴리곤 데이터로 환경부 행정구역별로 2002년과 2005년도를 기준으로 구축하였다. 입력된 자료를 ArcView Avenue의 Dialog Designer를 이용 발생부하량을 산정하여 광주광역시 및 전라남도 영산강 오염총량관리 기본계획 보고서의 발생부하량 값과 비교하였다. 두 값의 상대오차를 계산한 결과 0.003~4.273% 정도으로써 계산 결과의 차이가 많지 않았다. 발생부하량 산정결과 생활계와 토지계 발생부하량은 영본B에서 가장 높은 값을 보였으며 축산계 발생부하량은 영본E에서 가장 높은 값을 나타내었다. 영본B 유역에에서는 생활계 하수 처리를 위한 시설과 비점오염 저감효과를 위한 습지의 조성이 필요하고 영본E 유역에서는 축산폐수 처리시설등의 조성이 필요할 것으로 판단할 수 있다.

구축된 오염원 데이터는 기준년도 2002년과 2005년도를 기준으로 하였는데 GIS를 이용하여 수정입력 또는 향후 년도에 대하여 데이터를 추가 입력하여 미래 오염부하량을 예측하는데도 활용될 수 있을 것이고 물수지 분석을 위한 모델의 입력자료로 활용 가능하며, 하천의 유역관리 및 영산강 오염총량관리를 위한 기초자료로서 이용될 수 있을 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

1. 공동수(2005). 우리나라의 수질총량관리 현황 및 전망, 한국수자원학회지 제38권 제3호, pp.14-22.
2. 환경부(2004). 수질오염총량관리 업무편람
3. 광주광역시(2005). 광주광역시 영산강 오염총량관리 기본계획
4. 전라남도(2005). 전라남도 영산강 오염총량관리 기본계획