

대전시 3대하천유역의 오염부하량 배출 특성

임수빈 / 대전발전연구원

1. 서론

수질오염총량제는 하천유출지점에 목표 수질을 설정하고 유역에서 배출되는 오염물질이 목표수질을 달성 가능한 환경용량 이내가 되도록 오염총량을 해당 배수구역에 할당하는 제도이다. 만약 오염총량이 할당부하량을 초과할 경우 적정수준으로 삭감하거나 오염원을 배출하는 신규 시설입지금지 또는 배수구역이나 지방자치 단체간 오염권의 거래 등 수계전체를 대상으로 접근해 가는, 보다 근원적이고 광범위한 수질관리정책이다. 그리고 현재 수행 초기단계의 제도로서 법적 제도와 세부적인 기술은 지속적으로 수정 보완되고 있고, 제도가 지속적으로 이행됨에 따라 축적되는 기술과 자료들은 앞으로 보다 과학적인 제도운영 방안을 수립하는데 있어서 중요한 역할을 하게 될 것이다.

수질오염총량제도에서는 유역에서 배출되는 오염원을 생활계, 산업계, 축산계, 토지계, 매립계, 양식계로 분류하고 있다. 생활계

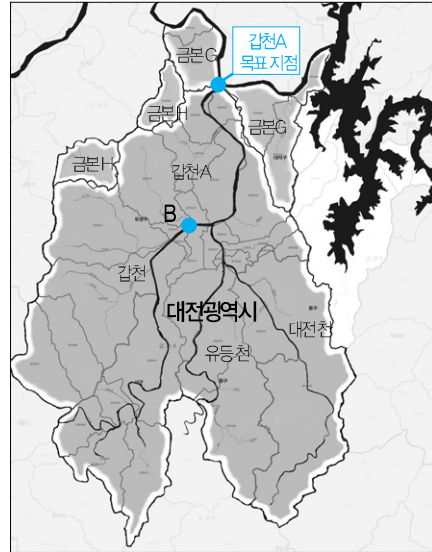
배출부하량은 유역에서 거주 및 활동하는 인구로부터 발생하여 배출되는 오염부하량이다. 또한 산업계배출부하량은 산업시설에 기인하고, 축산계배출부하량은 소, 돼지, 개 등의 가축으로부터 발생하며, 토지계배출부하량은 논, 밭, 임야, 대지, 도로에서 발생되며, 매립계배출부하량은 매립지, 양식계배출부하량은 양식시설로부터 발생하여 배출된다. 각각의 오염원에서 발생하는 배출부하량을 산정하고 배출형태를 파악함으로써 유역의 배출부하량 삭감계획은 보다 과학적이고 체계적인 방안으로 발전이 가능할 뿐만 아니라 삭감 후 결과의 평가 또한 과학적인 근거에 입각하여 이루어 질 수 있다.

대전광역시는 환경부의 환경정책에 발맞추어 3대하천유역에서 발생하는 오염부하량의 발생과 배출을 관리하기 위하여 2005년에 대전광역시 금강 오염총량관리 기본계획을 수립하였으며, 2006년에 대전광역시 수질오염총량관리 시행계획을 수립하여 현재 이행 중에 있다. 본고에서는 유역에서 배출

되는 오염부하량을 보다 효율적으로 저감할 수 있는 관리방안을 모색하기 위하여 대전광역시 3대하천유역에서 2005년도에 발생하여 배출되는 오염부하량을 조사·산정하고 이에 따라 나타난 오염부하량의 배출특성을 분석하였다.

2. 수질오염총량관리 지역현황

대전광역시의 수질오염총량관리 시행계획 유역은 한반도의 중심부에 위치한 금강 본류 유역 중에서 대전광역시 행정구역과 중첩되는 지역이다. <그림 1>은 대전광역시 대상유역을 나타내고 있다. 유역은 국가하천인 갑천, 유등천과 지방1급하천인 대전천을 중심으로 이루어져 있고, 총 유역면적은 539.7 km²이고, 인구는 약 146.2 만명이다. 대상유역을 총량관리 단위유역¹⁾으로 세분하면, 대전광역시 행정구역 중 하천이 금강본류로 직접 유하되는 금본G, 금본H와 갑천 유역인 갑천A의 3개 단위유역으로 구분할 수 있다. 그리고 <그림 1>에서 갑천A지점은 대전광역시 주요 관리지점으로서 갑천이 금강본류로 합류되는 지점을 표시하고 있다. 또한 B지점은 본 조사에 필요한 강우자료를 측정할 기상관측소의 위치를 보여주고 있다.



<그림 1> 대전광역시 유역도

해당유역의 각오염원에서 배출되는 부하량은 유역 대상지의 통계·조사·실측자료와 원단위로 오염물질의 이동경로와 배출유형에 따라 수계오염총량관리기술지침(국립환경과학원, 2004, 6)을 근거로 산정하였다.

3. 오염총량산정을 위한 기초조사

유역에서 배출되는 부하량을 산정하기 위하여 생활계, 축산계, 산업계, 토지계의 기초조사 자료는 2005년 전국오염원조사 자료를 활용하였고, 매립계의 자료는 매립시설을 운영·관리하고 있는 대전광역시 도시개발공사에서

1) 금강수계물관리 및 주민지원등에 관한 법률 시행령 제10조 제항 제호의 규정에 의하여 목표수질을 설정하여야 할 수계구간에 영향을 주는 유역을 말함, 이하 '단위유역'이라 함.

제공받았으며, 양식계의 자료는 대전광역시에 등록된 양식업소가 없는 관계로 생략하였다. 그리고 환경기초시설에 관련된 자료는 각 시설관리 기관으로부터 제공받았다.

생활계 오염원을 파악하기 위해 수집된 자료는 다음과 같은 분류에 따라 인구를 행정구역상 동별로 구분하였다. 분류 항목은 크게 하수처리구역과 하수미처리구역으로 분류하여 조사하였다. 그리고 하수처리구역

은 다시 분류식 하수관거지역 거주인구, 합류식 하수관거지역 거주인구로 분류하였고, 하수미처리구역은 수세식오수처리 인구, 수세식단독정화 인구, 수거식 인구로 분류하였다. 조사된 인구 자료를 토대로 배출부하량을 산정하기 위해 사용된 원단위와 비례상수는 <표 1>에 나타난 바와 같다(국립환경과학원, 2004).

<표 1> 생활계 배출부하량 산정을 위한 원단위 및 비례상수(국립환경과학원, 2004)

구 분	가정인구분뇨 발생유량원단위 (m ³ /인·일)	영업인구분뇨 발생유량비	집배수 오수전환율	가정인구발생부하원단위 (g/인·일)	분뇨발생 부하비	영업장오수발생 표준농도 (mg/L)
시 가	0.00115	0.006	0.88	50.7	0.45	업무용 : 150 욕 탕 : 100
비시가	0.00134	0.006	0.88	48.6		

축산계 오염원 조사자료는 축산시설의 위치, 축종, 사육두수, 축사면적, 폐수처리유형, 고형물처리유형, 축산시설 규제내역 등을 조사하였다. 축종은 젃소, 한우, 말, 돼지,

양, 사슴, 개, 기금으로 분류하였다. 그리고 <표 2>는 축종에 따른 발생유량 원단위와 발생부하 원단위를 보여주고 있다(국립환경과학원, 2004).

〈표 2〉 축산계 배출부하량 산정을 위한 축종별 원단위 (국립환경과학원, 2004)

축 종	축산발생유량 원단위(m ³ /두·일)			축산분뇨발생부하 원단위(g/두·일)		
	총발생유량	폐수 발생유량	고형물 발생유량	총발생부하	폐수 발생부하	고형물 발생부하
젖소	0.0456	0.0259	0.0197	556	117	439
한우	0.0146	0.0065	0.0081	528	67	461
말	0.0097	0.0043	0.0054	259	30	229
돼지	0.0086	0.0074	0.0012	109	32	77
양·시슴	0.0007	0.0005	0.0002	10	3	7
개	0.0011	0.0008	0.0003	18	4	14
기금	0.0001	0.0000	0.0001	5,2	0	5,2

산업계 오염원 조사는 오·폐수 배출업소를 대상으로 업소의 위치, 폐수처리형태, 연계 시설, 배출허용기준적용지역, 폐수발생유량, 방류유량, 폐수발생농도, 폐수배출농도를 조사하였다. 오·폐수 배출업소의 폐수발생농도에

대한 실측자료가 없는 업소는 국립환경과학원(2004)에서 제시한 업종별 산업폐수 표준발생농도에 따라 분류하여 추정하였다. 그리고 배출농도에 대한 실측자료가 없는 업소는 〈표 3〉의 폐수배출허용기준농도를 적용하였다.

〈표 3〉 폐수배출허용기준농도 (환경부, 2004)

	청정지역	가지역	나지역	특례지역
2000 m ³ /일 이상 (mg/L)	30	60	80	30
2000 m ³ /일 미만 (mg/L)	40	80	120	30

(참고문헌. 수질환경보전법 시행규칙 2006. 7.)

토지계에서 배출되는 부하량을 산정하기 위해서는 유역의 토지현황과 일별강우자료가 필요하다. 토지현황은 대전광역시 토지관리 담당부서에서 자료를 획득하였다. 토지현황은 전, 답, 임야, 대지, 기타의 분류로 구분되며 상세한 구성은 전은 밭과 과수원, 답은 논, 임

야는 숲으로 구성되고, 대지는 공장용지, 학교용지, 도로, 철도용지, 체육용지, 유원지, 종교용지, 사적지로 구성된다. 그리고 기타는 광천지, 염전, 제방, 구거, 유지, 수도용지, 공원, 묘지, 잡종지 등으로 구성된다. 〈표 4〉는 이들 5가지 지목에 대한 연평균 발생부하 원단위를

나타낸 것이다. 일별강우자료는 <그림 1>의 B지점에 위치한 대전지방기상청의 자료를 사용하였으며, 배출부하량 산정시 필요한 유

효강우고는 획득한 일별강우자료로부터 10 mm/일 이상의 유효강우일수와 유효강우수위를 산정하여 활용하였다.

<표 4> 토지계 지목별 연평균 발생부하원단위 (환경부, 2006)

지 목	전	답	임 야	대 지	기 타
BOD (kg/km ² ·일)	1.59	2.30	0.93	85.90	0.96

매립계 오염원 조사는 매립시설로부터 매립지에서 발생하는 침출수 유량, 자체처리유량, 이송유량, 자체처리 후 이송농도 등을 조사하여 활용하였다. 그리고 구역에서 발생한 오염부하는 환경기초시설로 이송하여 처리 후 방류되는데 이에 따른 오염부하의 이송, 삭감을 고려하기 위하여 구역내에 있는 모든 환경기초시설의 유입유량, 방류유량, 유입농도, 방류농도를 조사하였다.

4. 오염배출부하량 산정 결과

대상구역에서 조사된 오염원 자료는 <표 5>에 나타난 바와 같이 2005년 오염원 자료와 2000년부터 2004년까지의 기존 자료에 대한 현황을 볼 수 있다. 생활계 인구는 2000년도 139만명에서 2005년 현재 146만명으로 인구는 증가추세에 있으며, 축산계의 축산두수는 해마다 일정하지 않은 패턴으로 변화폭이 큰 것으로 나타났다. 산업계 및 매립계의 산업폐수와 매립장침출수는 2002년

이후의 자료만 획득이 가능하였다. 산업계 방류유량은 폐수 배출업소의 증가와 더불어 꾸준히 증가하는 경향을 보였으나, 매립장침출수는 2004년 726 m³/일에서 2005년 635 m³/일로 음식물 쓰레기 분리수거와 시기를 같이 하여 감소한 것으로 나타났다. 또한 총 토지면적의 경우 해마다의 개발사업에 따라 소폭 증가하거나 감소하는 것으로 나타났지만 전반적으로 변화가 없는 것으로 볼 수 있고, 세부적으로 보는 경우 전, 답, 임야는 감소 추세에 있으며 대지와 기타만이 증가하고 있는 것으로 나타났다. 다른 지목보다 연평균 발생부하원단위가 월등히 높은 대지가 증가하고 있으므로, 토지계에서 발생하고 있는 비점오염원은 증가하고 있는 상황이라고 판단 할 수 있다.

조사된 오염원을 바탕으로 2005년 배출부하량을 분석한 결과, <표 6> 및 <그림 2>와 같이 총 배출부하량은 22,308 kg/일로 산정되었고 생활계 14,508 kg/일, 축산계 342

kg/일, 산업계 2,756 kg/일, 토지계 4,691 kg/일, 매립계 11 kg/일로 산정되었다. 또한 총 배출부하량 중에서 생활계가 차지하는 비중이 65.0%로 가장 높았으며, 그 다음으로 토지계에서 차지하는 비중이 21.0%로 나타났고, 산업계 12.4%, 축산계 1.5%의 순으로 나타났다. 그리고 매립계는 0.1% 미만의 극히 작은 비중을 차지하고 있었으며, 양식계에서는 배출부하량이 발생하지 않은 것으로 나타났다. 전체 유역에서 단위유역이 차지하는 배출부하량의 비중은 <그림 3>에 나타낸 바와 같이 갑천A가 93.2%로서 대부분의 배출부하량을 차지하

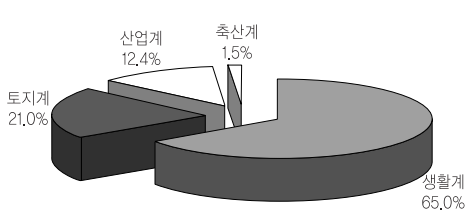
고 있으며, 금본G는 5.2%, 금본H는 1.6%로 나타났다. <그림 4>에 나타난 바와 같이 단위 유역별 오염원 형태별 오염부하량 구성비를 살펴보면, 갑천A와 금본H의 경우 총 배출부하량과 유사한 비율로 생활계에서 가장 많은 부하량이 배출되는 것으로 나타났지만, 금본G는 생활계에 비하여 산업계가 차지하는 비율이 높은 것으로 나타났다. 또한 전체유역에서 배출되는 오염부하량중 점오염원과 비점오염원이 차지하는 비중은 <그림 5>에 나타나 있듯이 각각 61.2%와 38.8%로 파악되었다.

표 5) 2005년 오염원 조사결과 및 과거자료

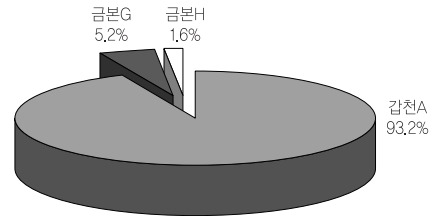
오염원		2000	2001	2002	2003	2004	2005	
생활계	인구 (인)	1,390,510	1,408,809	1,424,844	1,438,778	1,450,750	1,462,535	
	계	366,367	275,463	300,572	270,603	134,332	282,755	
축산계	축산수(두)	젖소	131	133	62	205	111	0
		한우	4,911	3,927	3,711	3,842	2,679	3,204
		돼지	3,831	4,257	4,396	5,094	3,664	4,528
		말	1,265	1,071	1,425	35	0	0
		산양	1,144	705	720	763	716	536
		사슴	540	645	683	519	76	283
		계	19,161	21,200	24,044	24,958	858	10,788
		기금	335,384	243,525	265,531	235,187	126,228	263,416
산업계	산업폐수 방류량 (m ³ /일)	-	-	80,591	81,398	82,277	97,902	
토지계	토지면적 (m ²)	계	539,831,989	539,835,933	539,709,400	539,636,525	540,027,438	539,748,757
		전답	39,188,643	38,552,624	38,254,411	37,718,344	37,512,561	36,824,891
		임야	49,004,342	48,059,213	46,870,791	45,728,305	44,588,585	44,230,153
		대지	293,860,615	291,715,978	291,264,621	290,880,270	290,003,319	289,780,471
		기타	99,997,875	103,516,905	104,866,599	106,900,495	109,596,372	109,576,422
		기타	57,780,513	57,991,213	58,452,977	58,409,113	58,326,601	59,336,820
매립계	매립장침출수 방류량 (m ³ /일)	-	-	533	533	726	635	

〈표 6〉 단위유역별 배출부하량 산정결과

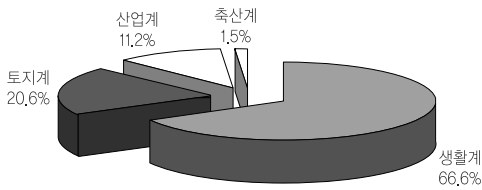
구분	단위유역	그룹계	생활계	축산계	산업계	토지계	매립계
배출부하량 (kg/일)	합계	22,308	14,508	342	2,756	4,691	11
	갑천A	20,800	13,846	314	2,343	4,286	11
	금본G	1,148	427	19	392	310	0
	금본H	360	235	9	21	95	0



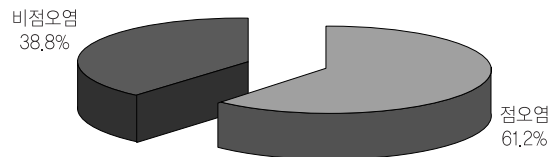
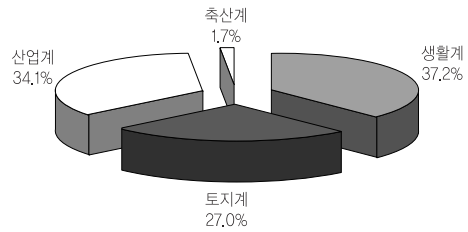
〈그림 2〉 총부하량의 오염원 형태별 오염부하량 구성비



〈그림 3〉 총부하량의 단위유역별 오염부하량 구성비



〈그림 4〉 단위유역별 오염원 형태별 오염부하량 구성비



〈그림 5〉 총부하량의 점오염원 및 비점오염원 오염부하량 구성비

5. 결론

대전광역시에서 배출되고 있는 오염부하량을 산정한 결과, 전반적으로 유역에서 발생한 배출부하량의 총량을 저감하기 위해서는 총 배출부하량의 가장 큰 비중을 차지하고 있는 생활계 오염원에 대한 관리가 시급하다고 볼 수 있다. 뿐만 아니라 연평균 발생부하량단위가 높은 대지가 지속적으로 증가하고 있기 때문에 이에 대한 대처방안도 필요하다고 판단된다. 또한 전체 유역에서 비점오염원 형태로 배출되는 비율이 38.8%에 해당하므로 대전시 3대하천의 수질을 개선시키기 위해서는 점오염원뿐만 아니라 비점오염원에 대한 대책을 철저히 수립하여야 한다고 생각된다.

오염부하 관리기술에 있어서 보다 효율적인 방안을 수립하기 위해선 오염원의 발생원, 위치뿐만이 아닌 이동경로와 배출형태에 대한 현황도 분석될 필요성이 있다. 각각의 단위유역에서 산정된 배출부하량은 다양한 형태로 하천에 배출된다. 환경기초시설의 최종 방류구를 통하여 하천으로 배출되거나, 오염원 발생지역에서 개별처리 후 직방류 되기도 하고, 강우시 발생하는 하수관거의 월류수 형태로 배출되기도 한다. 이와 같이 배출부하량이 배출되는 형태에 대하여 보다 세분화된 분석이 이루어진다면, 유역에서 발생하는 오염부하의 관리기술이 보다 효율적으로 이루어질 수 있으므로, 이에 대한 지속적인 관리와 연구가 진행되어야 할

것으로 판단된다.

참고문헌

대전광역시(2005), 대전광역시 금강오염총량관리 기본계획.

대전광역시(2006), 대전광역시 수질오염총량관리 시행계획.

대전광역시(2005), 대전통계연보.

국립환경과학원(2004), 수계오염총량관리기술지침.

천승규, 조희찬, 이광수(2001), 하천구간 및 배수구역 특성을 고려한 금강수계 오염총량관리제 시행방안 연구, 대한환경공학회, 23(5), pp. 767~779.