

# GIS를 이용한 팔당 상수원 수질개선 대안 선택에 관한 연구

이 계 원

서울대학교 환경대학원

## I. 서론

본 논문의 목적은 수질개선을 위한 일반적인 최적 대안을 도출하는 것도 있지만, 보다 구체적인 목적은 장소의 고유성을 반영한 최적 대안을 도출하는 것이다. 지역마다 오염원 분포도 다르고 오염처리비용도 다르기 때문에 한 지역에 적합한 대안이 다른 지역에도 적합하리라는 보장은 없다. 예를 들어, 인구가 밀집되어 있는 지역의 경우 환경기초시설을 짓는 것이 경제적이면서 효과적인 대안일 것이고, 지가가 싸고 상수원에 근접한 지역의 경우는 수변구역을 지정하는 것이 더 나은 대안이 될 수 있다. 이와 같이 지역의 고유성을 반영한 대안들을 지역별로 선택해 적용할 수 있다면, 지역의 특성을 고려하지 않고 동일한 대안을 모든 지역에 적용하는 것에 비해 훨씬 효과적인 것이다.

이런 관점에서 본 논문에서는 팔당특별대책지역이라는 특수한 지역에 대해 GIS를 이용해 공간적으로 세분화된 분석을 통해 각 지역의 고유성을 반영한 지역별 최적 수질개선 대안을 도출하고자 하였다.

## II. GIS를 이용한 팔당 상수원 수질개선 대안 선택

### 1. GIS의 장점

본 논문의 주된 기술적인 분석도구는 GIS(Geographic Information System)로 팔당특별대책지역에 관한 오염현황자료를 수집하여 이를 DB화하고 이를 도면과 연계시켜 공간적인 분석을 하였다. 분석 도구로서 GIS를 이용하면 기존의 문자화된 분석에 비해 몇 가지 장점이 있게 된다.

첫째, 방대한 양의 공간정보를 정확하고 체계적으로 취급할 수 있으므로, 기존의 수작업이 지닌 비효율성을 제거하여 효율적인 분석이 가능해 진다.

둘째, 공간도면과 속성DB를 같이 사용하기 때문에 공간정보가 시각적으로 표시되지 않았던 기존의 숫자상의 분석방법에 비해 공간분석능력이 뛰어나게 된다. 예를 들어, 팔당특별대책지역의 경우 도면상에서 인구밀집 지역, 산업폐수 다량 발생지역, 축산폐수 다량 발생지역 등을 쉽게 찾아내어 각 장소별로 적절한 대안을 선택할 수 있게 된다. 즉 도면상에 오염원이 밀집된 지역 등을 쉽게 나타낼 수 있어 문제해결방안이 시각적으로 가시화 된다.

셋째, 공간적인 계산이 가능하다. 예를 들어 수변구역 지정의 경우 도면상에서 각 행정구역별로 수변구역에 포함된 면적들을 구할 수 있게 된다.

넷째, 다양한 분석을 통한 과학적, 객관적 판단자료 제공으로 의사결정에 있어 합리성을 높일 수 있다.

GIS를 분석도구로 사용할 경우 위와 같은 여러 가지 장점들이 있지만 단점으로는 이와 같은 분석을 하기 위한 도면자료와 속성자료(DB등)를 구축하는데 시간과 노력이 많이 소요된다. 그리고 GIS는 다양한 분석방법 중 하나에 불과하며 궁극적인 의사결정은 인간이 하게 되는 것이다. 즉 GIS는 합리적인 의사결정을 위한 하나의 보조수단에 불과하다. 본 논문에서도 기술적인 공간분석은 GIS로 하였지만 궁극적인 의사결정은 대안의 환경적 효과와 경제적 효율성, 사회적 수용가능성 등 다양한 기준을 종합적으로 반영해 판단을 내렸다.

## 2. 팔당 특별대책지역 오염원 현황

본 논문에서는 오염발생원을 인구, 축산, 산업, 토지 네 부분으로 구분하고 각 오염원에 대하여 다시 세부항목으로 분류하였다.<sup>1)</sup>

팔당특별대책지역에 대한 오염원 현황자료를 분석해 본 결과 총 BOD 발생부하량 중 인구가 19.8%, 산업이 27.6%, 축산이 47.9%, 토지가 4.8%로 축산에 기인한 오염발생량이 가장 큰 것으로 나타났다. 이 발생부하량이 환경기초시설 등을 거쳐 삭감된 배출부하량 자료를 분석해 보면 인구가 40.0%, 산업이 5.6%, 축산이 36.9%, 토지가 17.5%로 나타났다. 산업의 경우 대부분 처리되어 기여도가 낮아진 반면 인구의 경우 이 지역 하수처리율이 38% 정도 밖에 안되어 오염기여도가 높아졌다. 축산의 경우도 대부분 적정처리 되지 못하기 때문에 36.9%라는 높은 비중을 차지하고 있다. 토지의 경우는 대표적인 비점오염원으로 환경기초시설을 통해 삭감되는 양은 없다.

## 3. 자료구축

오염원 DB는 팔당특별대책지역 47개 읍면동에 대하여 한강환경관리청에서 나온 자료<sup>2)</sup>와 7개 시군의 통계연감<sup>3)</sup>을 이용해 재 구축하였다. 도면은 환경부에서 작성한 기본도면을 이용해 재 가공하였다. 도면작성, 데이터 분석 등은 GIS 프로그램인 ArcView를 사용하였다.

### ■ 오염원 자료

인구, 하수발생량, 하수처리인구, 하수처리율, 가축수, 가축폐수발생량, 축산농가수, 허가농가수, 신고농가수, 규제미만농가수, 소수, 돼지수, 허가소수, 허가돼지수, 신고소수, 신고돼지수, 규제미만소수, 규제미만돼지수, 산업체수, 산업폐수발생량, 화학, 음식료, 종이, 섬유, 가죽, 금속, 기타 산업폐수발생량, 토지면적, 전, 담, 임야, 대지, 목장, 기타 토지 면적

### ■ 오염부하량 자료

BOD발생부하량, BOD배출부하량, TN발생부하량, TN배출부하량, TP발생부하량, TP배출부하량, 유달부하량

### ■ 경제성 자료

하수처리장 건설비와 운영비, 제조업생산통계, 수변지가, 축산수매비용

1) 보다 자세한 내용은 이계원(2000), 『통합의사결정모형을 이용한 상수원 수질개선 대안선택에 관한 연구』, 서울대학교 환경대학원 박사학위논문 참조

2) 한강환경관리청(1998), 『'97 한강 대권역 수질오염원 현황』

3) 가평군, 광주군, 남양주시, 양평군, 여주군, 용인시, 이천시 통계연감, 1998

■ 도면 자료

인공위성영상자료, 행정구역도면, 수계도면, 수변구역도

#### 4. GIS를 이용한 지역별 최적 수질개선 대안 선택

본 논문의 경우 팔당특별대책지역에 대해 읍면동별로 세분화된 오염원 DB를 구축하였기 때문에 읍면동별로 세분화된 지역별 최적 수질개선 대안을 선택할 수 있었다.

지역별 최적대안을 선택하기 위해서 우선 오염기여도가 높은 원인을 살펴보았다. 인구, 산업, 축산, 토지이용으로 구분한 수질오염의 원인을 지역별로 살펴 본 다음 지역별로 환경기초시설건설, 수변구역지정, 축산금지, 제조업금지 등의 비용을 비교해 환경적 효과가 높으면서 비용이 적게 드는 지역별 최적대안을 선택하였다.

우선 환경기초시설 건설의 경우 대규모 시설일 경우 많은 오염물질이 삭감되면서 삭감단가도 낮게 나와 효율성이 있으나, 팔당특별대책지역의 경우 인구밀도가 낮고 오염원들이 산재돼 있기 때문에 시가화 지역 몇 군데를 제외하고는 경제성과 삭감효율이 낮은 것으로 나타났다.

수변구역 지정의 경우는 대상지역 주민들의 반발이 심하고, 양안 1km를 지정할 경우 토지매입가격만 3조 8,732억원이 소요되는 것으로 나와 비현실적인 대안이 될 확률이 높았다. 수변구역 지정이 기존의 토지이용 규제와 근본적인 변화도 없으면서 지역주민들의 반발만 불러일으키는 정책대안이 되지 않기 위해서는 수변구역의 범위를 좁혀서라도 그 지역안의 모든 토지는 국가가 사들여 오염원으로부터의 근원적인 차단이 가능해야 한다. 축산금지의 경우 비용은 약 6천억 정도 소요되어 다른 대안들에 비해 가장 비용이 적게 들면서 이 지역 BOD 발생부하량의 47.9%를 근원적으로 줄일 수 있어 비용 대비 가장 효과적인 대안으로 나타났다. 다만 이 지역 6,320여 가구 축산농가에 대해 충분한 보상과 이주, 직업전환 등에 대한 사전준비가 있어야만 축산농가의 큰 반발 없이 정책집행이 가능할 것으로 보인다.

제조업금지의 경우 현재 산업폐수가 대부분 처리되어 배출기여도가 낮기 때문에 추가로 삭감될 수 있는 양이 적어 환경개선 효과가 별로 없는 반면, 제조업금지를 위해 소요되는 비용은 높다. 따라서 팔당특별대책지역에 대한 제조업 금지는 정책대안으로 적합치 못한 것으로 나타나긴 했지만, 제조업 자체의 전면금지는 아니더라도 산업폐수가 팔당 수질에 큰 영향을 미치는 지역이 있기 때문에 배출기준 강화와 총량규제의 필요성은 있다.

그런데, 수질개선을 위해 쓸 수 있는 자원은 한정돼 있기 때문에 한정된 예산하에서 수질개선 효과를 극대화하기 위해서는 자원이 우선적으로 배정될 지역을 선정하는 것이 필요하다. 우선순위 지역은 오염기여도가 높아 이 지역에 투자할 경우 환경개선 효과가 큰 지역이다. 우선순위 지역을 선정하는 기준으로는 상수원과의 거리, 오염기여도, 인근하천오염농도 등이 있다. 본 논문에서는 유달오염기여도 기준으로 우선순위 지역을 선정하였다.<sup>4)</sup>

유달오염기여도가 높은 지역을 추출해 본 결과 이천시 부발읍(19.59%), 양평군 용문면

4) 유달부하량의 경우 그 지역의 오염배출량에 상수원까지의 거리가 고려되기 때문에 우선순위 선정 기준으로 가장 적합하다. 국립환경연구원의 경우도 유달부하량 기준으로 오염물질 삭감대안을 선정하였다. 자세한 내용은 국립환경연구원(1998), 「수질 개선 시스템 개발(VI)-팔당유역 수질환경관리 시스템 개발」 참조

(4.22%), 양평군 개군면(4.11%), 여주군 흥천면(4.02%), 남양주시 조안면(3.67%), 여주군 대신면(3.34%) 등이 BOD 유달오염기여도가 높은 지역으로 나타났다.

지역별로 살펴보면 이천시 부발읍은 발생기여도, 배출기여도, 유달기여도 모두에서 다른 지역에 비해 가장 높은 기여도를 차지해 이 지역에 대한 특별관리의 필요성이 제기되고 있다. 이천시 부발읍의 경우 산업폐수가 오염원인의 대부분을 차지하고 있는데 이 지역에 대한 산업금지는 경제적 손실이 크므로 산업금지 보다는 이 지역에 대한 총량규제를 실시하여 배출기준을 강화하고 폐수배출이 적은 업종으로의 전환을 유도하는 것이 바람직하다.

양평군 용문면과 양평군 개군면, 여주군 흥천면, 여주군 대신면의 경우 축산폐수로 인한 오염기여도가 높으므로 축산금지조치를 취하는 것이 바람직하다. 축산금지비용은 양평군 용문면이 177억원, 양평군 개군면이 378억원, 여주군 흥천면이 293억원, 여주군 대신면이 273억원이다.

남양주시 조안면의 경우 발생부하량의 기여도가 1.16%, 배출기여도가 1.10%로 다른 지역에 비해 기여도가 낮은 편이었으나 팔당댐에 바로 인접해 있어 배출된 양이 대부분 팔당댐으로 그대로 흘러 들어가 유달부하량의 기여도가 3.67%로 높게 나타났다. 남양주시 조안면의 경우 인구가 별로 없는 지역(3,676명)이나 팔당호 바로 인근에 있어 팔당댐 수질에 미치는 영향이 직접적이므로 수변구역지정과 축산금지 조치가 같이 필요하다. 조안면의 수변지가는 689억원이고, 축산금지조치에 필요한 보상비용은 168억원이다.

지역별 특성을 고려한 최적대안은 팔당특별대책지역 모든 지역에 대해 가축사육을 금지시키고, 인구가 1만명 이상이면서 하수처리율이 50% 미만이고 인구밀도가 250명/km<sup>2</sup> 이상인 지역인 광주군 오폐면, 이천시 관고동, 이천시 부발읍, 이천시 중리동, 이천시 창전동에 하수처리장을 건설해 하수처리율을 높이고, 산업폐수 발생량이 큰 이천시 부발읍의 경우 산업총량규제를, 상수원에 인접해 있는 남양주시 조안면, 광주군 남종면의 경우 수변구역을 지정하는 대안이다.

### III. 결론

본 논문의 경우 팔당 특별대책지역을 47개 읍면동으로 세분화하여 오염원 DB를 구축하여 분석하였다. 오염기여도에 대한 분석결과를 기초로 각 오염원에 대해 큰 영향을 미칠 수 있는 네 가지 수질개선 대안(환경기초시설 건설, 수변구역 지정, 축산금지, 제조업금지)을 선정하고 GIS를 이용하여 각 지역별로 최적 수질개선 대안을 선택하였다.

본 논문의 여러 가지 분석결과를 토대로 볼 때 팔당특별대책지역에 대해서는 가축사육을 완전히 금지시키면서, 수변구역은 현실성 있게 범위를 좁히고, 오염원 밀집지역에 대해 부분적으로 환경기초시설을 건설하는 것이 가장 최선의 대안으로 보인다.