

# 황해도 오염 방지를 위한 중국 산동성 하천 유역관리 연구사업



**최 광 순 ▶▶▶**  
한국수자원공사 K-water 연구원/책임연구원  
kchoi@kwater.or.kr



**서 인 석 ▶▶▶**  
한국수자원공사 K-water 연구원/수석연구원  
seois@kwater.or.kr



**김 동 섭 ▶▶▶**  
한국수자원공사 K-water 연구원/수석연구원  
kimds@kwater.or.kr



**김 정 곤 ▶▶▶**  
한국수자원공사 K-water 연구원/수석연구원  
jkkim@kwater.or.kr



**이 요 상 ▶▶▶**  
한국수자원공사 K-water 연구원/책임연구원  
yslee@kwater.or.kr



**고 덕 구 ▶▶▶**  
한국수자원공사 K-water 연구원/원장  
dkkoh@kwater.or.kr

## 1. 머릿글

황해는 한국과 중국이 공유하는 국제 수역으로 수산자원의 보고 일뿐만 아니라, 해상 교통, 공간자원 및 해양레저 공간으로서 매우 중요한 역할을 하고 있다. 그러나, 황해는 평균수심이 44m에 불과한 반 폐쇄성 천해라는 지형 특성상 쉽게 오염될 가능성이 높을 뿐만 아니라 황해 인근 연안유역의 개발로 인해 많은 오염물질이 유입되고 있기 때문에 오염저감에 대한 근본적인 대책이 수립되지 않을 경우, 양국 간 심각한 경제적 손실이 초래할 수 있다.

최근 중국 정부는 물 부족과 환경문제를 해결하기 위해, '환경보호 및 수자원의 효율적 이용, 효과적 오염관리'를 중국의 12차 5개년 계획(2011년~2015년 경제·사회 발전계획)과 국가발전목표의 주요 정책과제로 채택하여 구체적인 방안을 모색 중이다. 이와 함께, 중국 정부는 우리나라를 포함하여 다른 나라와의 협력을 통해 수자원 보호 및 효율적인 관리방안을 적극적으로 모색하고 있다.

지금까지 수자원 관련 한중 간 협력사업 대상지는 주로 황해지역에 집중되어 있으며, 이는 양국 모두 황해 지역에서 경제·사회적인 이해관계를 함께한다는 데 기인한다. 한국국제협력단(KOICA)에서는 지난 2008년부터 2년간 황해 연안지역에 초점을 맞추어 '오염물 유입량 추산, 주요 오염원 분석, 해안 환경관리 전략수립' 등의 사업내용으로 『황해도 오염 통제 대책 연구사업(2008-2010/50만불)』을 중국과 함께 공동으로 수행한 바 있다. 사업수행 결과, 황해도 오염저감을 위해서는 육상기원 오염원의 유입을 방지하는

것이 필수적이며, 해당 육상배출 오염원에 대한 분석과 시·정부 차원의 대책마련이 시급한 것으로 나타났다.

본고에서 소개하고자 하는 『황해오염 방지를 위한 유역관리 연구사업』은 중국 과학기술부가 중국의 국가개발계획과 상기 『황해오염 통제대책 연구사업』의 수행 결과를 바탕으로, 우리나라의 선진 수질관리 기술전수를 통해 자국의 수질개선 및 관리능력을 향상시키고 환경 분야에서 양국 간 상호협력을 도모하고자 2010년 7월 KOICA에 공식적으로 요청해 왔으며, KOICA에서 타당성조사 및 실시협의를 거친 후 2012년 2월부터 착수하게 되었다.

본 연구사업은 KOICA가 중국에 지원하는 ODA 사업으로서, 중국 측 공식장구 역할은 과학기술부가 담당하며 사업수행기관은 중국 환경보호부 산하 중국 환경과학연구원(CRAES)이다. 한국측 사업시행사로 한국수자원공사(K-water, PM:K-water연구원장 고덕구)와 한국과학기술연구원(KIST)이 선정되었다. 사업대상지는 중국 산동성 청도시의 묵수하(墨水河)와 연태시의 백양하(白洋河) 유역이며, 연구사업의 주요 내용은 한국측 전문가의 중국 현지 파견 및 기술전수, 공동연구, 중국측 전문가 한국 초청연수, 워크숍 등으로 구성되며, 이를 통해 각 하천유역에 대한 종합관리계획을 수립하는 것이 최종 목적이다.

## 2. 연구대상지 현황

### 2.1 일반현황

연구대상지인 청도시와 연태시가 소재한 산동성은 중국의 가장 큰 반도(해역면적 15.95만 km<sup>2</sup>, 육지면적 6.4만 km<sup>2</sup>)이며, 환발해지역과 양자강 삼각주의 중요한 접경지역으로서 황하유역의 가장 편리한 교통과 동북아 경제권의 매우 중요한 지역이다(그림 1). 산동성의 해안선은 3,000km이며, 전국의 1/6를 차지하고 있다. 200여개 해만과 70여개의 항만을 가지고 있어서 중국 양자강 북쪽 지역의 항구 건설후보지가 많다. 또한 전국 해양과학기술분야 대부분이 산동성에 모여 있으며, 해양관련 교육기관과 연구기관이 55개나 있다. 주로 중국과학원 해양연구소, 중국해양대학교, 국가해양국 제1해양연구소, 중국수산과학원 황해수산연구소 등 국내 일류의 연구기관과 교육기관 소재하고 있으며, 1만명 이상의 해양과학자(전국 해양과학자의 40%이상 차지)가 산동에 있다. 최근 산동성은 20년간의 “해상산동” 건설을 통해 산동 연안지역의 해양산업이 성장해 왔다.

기후는 남안(南岸)이 해양의 영향을 크게 받아 비교적 온화하나, 북안은 북서풍의 바람받이가 되어 겨울 추위가 심하다. 연구대상 지역인 청도시와 연태시



【산동성 위치도】



【산동성 청도시와 연태시 위치도】

그림 1. 연구대상 지역

는 온대 계절풍 대륙성기후이며 연평균 강우량이 700mm 전후로 우리나라의 1/2 정도로 적은 편이다.

## 2.2 대상 하천현황

### 2.2.1 청도시 묵수하(墨水河)

묵수하는 청도시 소재 즉묵시(即墨市)와 성양구(城陽區)를 가로질러 교주만(Jiaozhou Bay)로 흘러 들어가는 소규모 도심형 하천으로, 하천연장은 42.3km 이고 유역면적은 356.2km<sup>2</sup>이며 유역내 인구는 총 인구는 약 52만명이다. 묵수하로 유입되는 지류는 크게

용천하, 유촌하, 토교주하, 소이촌하 서류봉하 등 5개가 있다. 묵수하 유역의 연평균 강우량은 약 900mm 이고, 7월에서 9월에 총강수량의 75%가 내리는 계절성 강우특성을 보인다.

### 2.2.2 연태시 문루저수지(門樓貯水池)

문루저수지는 백양하(白洋河) 하류에 댐을 건설하여 조성한 인공호수로 유역면적이 1,077km<sup>2</sup>이며 유역내 총 인구는 29만명이다. 문루저수지의 총저수용량 2.1억m<sup>3</sup>인 인공호수로 850만 연태시민 음용수의 90%를 공급하는 주요 상수원이다. 문루저수지 유역

- ① 계절성 강우로 인한 하천 단류(斷流) 등 수량 확보의 어려움
  - 묵수하는 계절성 강우로 인해 우기에만 물이 흐르고 건조기에는 하천이 단류되는 특징을 지님
  - 하천 상류에 소규모 저수지가 있으나, 인근 주민의 상수원수로 사용하고 하류방류가 없음
- ② 미처리 공업·농업·생활오수의 하천 직접 유입
  - 묵수하 유역의 하수처리율이 92%로 높은 편이나, 유역내 노후된 공장들의 배수관로 미비 등 기반시설이 취약하여 묵수하로 오수가 유입됨
  - 도심 내 구 촌락 역시 도시정비 시설미비로 인해 생활오수가 직접 하천으로 유입되고 있음
- ③ 하천 수질 및 생태기능 개선 필요
  - 중하류의 하천 유지유량이 대부분 하수처리수로 수질이 매우 나쁨(CODcr 55 mg/L 수준)
  - 묵수하의 서식하는 물고기는 붕어 1종으로 생태서식환경 매우 열악
- ④ 종합적이고 일관성 있는 관리계획 및 집행체계 미흡
  - 2005년부터 현재까지 1억 8천만 위안을 투자하여 하천정비는 매년 정비하고 있으나, 하천환경 개선되지 않고 있는 상황임



묵수하 유역



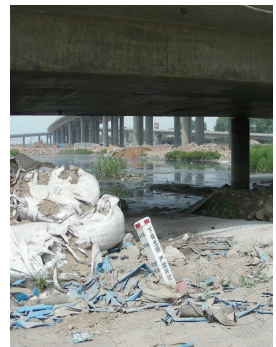
하천 건천화



미처리 생활오폐수



하천수질 오염 및 열악한 생태서식기능



하천관리 미흡

그림 2. 묵수하의 수환경 분석

① 질소(NO<sub>3</sub>-N) 과다 축적

- 연태시의 음용수로 사용되는 문루 저수지 및 백양하의 주변 과수원의 화학비료 과다 사용 등으로 인해 평균 질소 농도가 8 mg/l 로 중국 국가표준기준을 초과함.
- 대규모 과수 농업 단지의 화학비료 과다 사용을 비롯하여 가축사육, 생활오염 등 비점 오염원의 통제 미흡, 육지 생태시스템의 파괴 등으로 인해 질소 축적이 가속화 됨.

② 식생정화공법의 단편적 적용

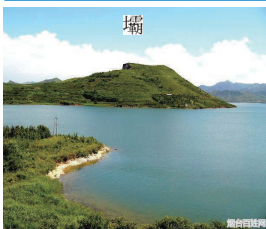
- 현재 사업대상지역의 일부분에 질소 함유량 저감을 위한 인공습지 공법이 시행 중이나, 인공습지에만 초점이 맞추어져 있어 저감공법이 다소 단편적으로 적용되고 있음.

③ 유역환경관리 미흡

- 문루저수지 및 백양하 수변의 모래를 파서 돈을 버는 사람들 때문에 河床하상'河' 댐 심어는 논밭, 수림까지 많이 파괴된 상태



문루저수지 유역



문루저수지



백양하 정비계획



유역내 대규모 사과농장



하천관리 미흡

그림 3. 백양하의 수환경 분석

의 연평균 강우량은 약 750mm 이고, 여름에 강우가 집중되는 강우특성을 보인다.

3. 연구사업 내용

본 연구사업의 최종목표는 대상 하천의 환경특성을 고려하여 적용 가능한 환경개선 방안을 포함한 유역종합관리계획을 수립하고자 함에 있으며, 각 대상 하천의 환경개선을 위해 다음과 같은 연구가 수행된다.

표 1. 청도시 목수하

수행분야	주요 연구내용
하천유지 유량확보	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 강우분석·유량측정 등 수문조사</li> <li>• 하천 유황분석</li> <li>• 하천 유지용수 분석·산정</li> <li>• 처리수 재이용 방안</li> </ul>
하천수질 개선	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 수질현황 조사·분석</li> <li>• 오염원 현황 및 장래 추위 분석</li> <li>• 영향 예측 및 저감방안</li> <li>• 오염원 배출한도 설정 및 관리</li> </ul>
하천생태 기능개선	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 하천 생태현황 조사·분석</li> <li>• 주변 현황조사·분석</li> <li>• 하천 공간정비 계획</li> <li>• 하천 생태계 기능개선 계획</li> <li>• 자연경관 유지방안</li> </ul>

표 2. 연태시 문루저수지

수행분야	주요 연구내용
상수원 수질개선	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 저수지 및 하천 수질 현황 분석</li> <li>• 점·비점오염원 분석</li> <li>• 저수지 수질개선 방안 수립</li> <li>• 과수단지 질소오염 확산방지                         <ul style="list-style-type: none"> <li>- 농약, 비료사용 현황조사 및 분석                                 <ul style="list-style-type: none"> <li>· 농약 및 비료의 종류, 사용량/빈도, 확산성 등</li> </ul> </li> <li>- 농장 비점오염 확산방지기술 정립                                 <ul style="list-style-type: none"> <li>· 비료, 농약의 침적화, 고정화</li> <li>· 지속성, 저독성 농약 선정</li> <li>· 비탈면 식재방안조사</li> <li>· 사면 오염저감 소재조사</li> </ul> </li> <li>- 저감방안 수립                                 <ul style="list-style-type: none"> <li>· 과수 토양 정화기술</li> <li>· 농장오염확산방지턱 설치</li> <li>· 사면 비점오염정화기술</li> <li>· 저류조 정화관리</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>

#### 4. 맺는글

중국은 현재 12.5 규획 및 2020년 국가발전목표로서 지속가능한 질적 성장 및 균형발전과 분배를 중시

하는 사회정책을 추진하고 있다. 또한 이를 바탕으로, 중국은 환경보호 및 수자원의 효율적 이용과 체계적인 오염관리를 향후 중국의 경제사회발전계획과 국가발전목표 달성의 주요 정책과제에 포함시켰고, 중국 정부는 이를 달성하기 위해 환경 관련 주요 정책을 적극 시행 중에 있다. 또한 선진기술을 보유한 국가와의 파트너십 구축을 통해 자국의 환경개선을 모색하고 있다.

이러한 시점에서, 중국 정부는 본 『황해오염 방지를 위한 유역관리 연구사업』에 한국의 선진화된 기술과 정책수행 경험이 적극 활용되기를 기대하고 있다. 그러므로 본 사업을 추진함에 있어 한국은 지금까지 축적한 선진 수자원관리 및 생태복원 기술이 대상하천의 종합관리계획에 소개되고, 나아가 중국의 물관리 정책에 반영될 수 있도록 많은 노력이 필요할 것으로 본다. 또한 본 연구사업의 성공적인 수행을 통해 한중 협력 체계를 더욱 강화함을 물론 한국의 물 관련 기업이 거대한 중국 물시장에 한 걸음 더 진출할 수 있는 좋은 기회가 되었으면 한다. 이를 위해서는 KOICA를 중심으로 하여 물관련 정부 관련 부처 및 기업들의 협력 체계 구축이 무엇보다 중요하고 본다. 