

# 금강하구호의 수질 및 생태회복을 위한 방법론의 검토

이성기 (조선대학교 환경공학과 교수)

## 1. 개 요

우리나라에는 이제 자연의 모습으로 유지되고 있는 하구환경은 한강하구를 제외하고는 남아 있지 않다. 크건 작건 모든 하구호 주변마다 관광지구가 아닌 곳이 없지만 어느 하나 관광지로 성공한 곳이 없으며, 지어놓은 숙박시설 등의 관광시설이 폐허가 되지 않은 곳도 없다.

하구환경은 지구상에 존재하는 자연환경 중에서 가장 가치가 높은 곳으로 평가되고 있으며, 논외의 경제적 가치와 비교하여 약 250배의 가치가 있는 것으로 알려지고 있다. 뉴욕, 런던, 함부르크, 시드니, 샌프란시스코 등 대부분의 국제적으로 유명한 도시들은 모두 하구와 인접하여 발전하며 점차 상류와 바다 쪽으로 발전해 나가는 항구도시들이다. 물론 당연히 하구는 막혀 있지 않고 바다로 열려 있는, 막혀있지 않은 하구들이다.

하구가 막혀 있으면 바다로 빠져나가 연안환경을 살찌우게 할 유기물들이 하구호 내에 급격히 퇴적되어 퇴적물에 의한 유기오염을 일으키며, 여름철에는 이들 물질에서 용출되는 인에 의해 다시 녹조현상을 일으키고, 이들은 다시 퇴적물에 축적되어 수질악화는 물론 악취를 발생하여 영원히 돌이킬 수 없는 문제를 야기하게 된다. 연안어장도 영양염의 부족으로 피폐화되고, 하구둑 외곽의 바다도 세립질 퇴적물이 빠르게 퇴적되어 해수의 수질을 악화시켜 안과 밖으로 모두 문제를 일으키는 것이 하구둑이다.

금강하구둑은 건설된지 얼마되지 않았지만 수질, 생태환경 등 많은 문제점들이 가시적으로 나타나고 있다. 이미 그 이전에 건설되었던 낙동강 하구둑이나 영산강 하구둑에서는 심각한 문제들이 드러나, 이에 대한 상당한 조사연구

가 진행되고 있다. 2006-2007년에 이미 영산강 하구둑 수질개선에 관련된 조사연구 자료를 중심으로 금강하구둑 개선방안을 논의해 보고자 한다.

## 2. 영산호 수질개선 타당성 연구

### 2.1 조사연구의 배경 및 필요성

영산호는 무안군 삼향면과 영암군 삼호읍 사이에 하구둑이 설치되어 조성된 인공호수로서, 1978년에 착공 1981년 12월에 완공되었으며, 하구둑을 기점으로 상류의 몽탄대교까지 약 23.4km의 구간이 해당되며 호수면적이 34.6km<sup>2</sup>에 달한다. 영산호는 영산강 본류 외에 삼포천, 영암천, 망월천, 남창천 등의 지류하천이 유입되면서 생활하수, 공장폐수, 축산폐수 등의 유입과 퇴적물의 집적으로 영산강 중에서도 오염도가 심하다.

영산호는 또한 연락수로를 통해서 영암호, 금호호와 연결되어 영산호의 수질오염은 영암호, 금호호의 수질에 곧바로 영향을 미치고 있으며, 결국 영산호 함께 부영양화 및 수질오염의 심각성이 매우 우려되고 있는 상황이다.

## 2.2 수환경

영산호의 유속 분포는 계절별로 다른 형태를 보였는데, 여름철에는 남쪽 방향의 유속이 크며, 하구둑 부근에서는 물의 흐름이 하구둑에 막혀 물의 흐름과 역방향으로 물이 흘러가는 동쪽방향의 유속이 큰 것을 확인하였다. 겨울철에는 바람의 영향으로 표면 유속이 증가했으며 특히 북서풍의 영향을 받아 남쪽방향으로의 유속이 강한 것으로 나타났다, 역전현상으로 인해 내부의 순환이 활발해지는데, 연락수로와 망월천 근처에서 수체의 상·하로 순환하는 유속이 활발히 교차하고 있었다. 2007년 4월의 유속 분포는 전체적으로 작게 나타나고 있으며, 역전현상으로 인해 바닥에서 수체의 표면으로 흐르는 유속이 크게 나타나고 있다.

4차례에 걸친 영산호의 수질환경조사 결과 계절에 따라 수질이 다양하게 나타나고 있었다. 우선 시기와 지점에 따라 약간 다르게 나타나지만 전체적으로 볼 때 화학적산소요구량(COD)의 경우는 평균 III등급, 총인(TP), 총질소(TN)의 경우는 VI등급의 수질을 나타내고 있었다. 4차례에 걸친 수체 중금속 농도에서는 Cd(카드뮴), As(비소), Pb(납)의 경우 호소수질 기준치에 미치지 못하는 농도였으며, 다른 중금속의 농도 또한 전체적으로 낮은 분포를 보이고 있다. 그리고 총대장균군수의 경우 역시 시기와 지점에 따라 차이가 있지만 보통 III등급 및 등급 외의 수질을 나타내고 있었다.

영산호 수중에 존재하는 퇴적물의 입자크기는 실트가 주된 입자로 나타났다. 장마 직후에 실시된 1차 수질조사에서는 모래 크기의 입자들이 수체의 전구간에 걸쳐 나타났으나, 이후의 조사에서는 실트질과 점토질 입자가 거의 대

부분을 차지하였다.

영산강 하구둑 배수갑문의 방류수 수질조사 결과 담수의 영향으로 염도, pH 등이 감소하였으며, 용존산소량, 용존 유기탄소, 탁도, 총질소, 총인, 총부유물질 등의 농도는 증가하는 것으로 나타났다.

## 2.3 퇴적환경

퇴적물은 1981년 하구둑 건설 후 현재까지 연평균 13cm 정도의 속도로 축적되고 있으며, 총 퇴적물량은 75,211천  $m^3$ 이며, 순퇴적오니량은 58,993천  $m^3$ 으로 추산되고 있었다. 영산호 퇴적오니토의 평균 구성비는 실트 및 점토가 총 퇴적토의 99.82%를 차지하고 있다.

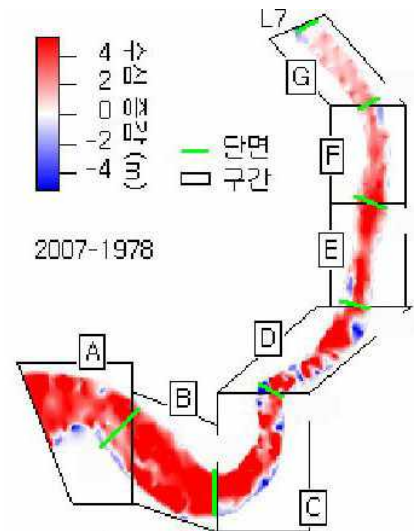
퇴적물의 화학적산소요구량과 중금속의 농도는 하구둑으로 갈수록 증가하는 추세이며, 입도분석의 결과 이런 추세와 비슷하게 상류보다 하구둑 가까이에서 입자가 작은 것으로 나타나고 있었다. 이와 반대로 총인의 경우에는 상류에서 그 농도가 높아 준설편정기준을 초과하는 지역이 나타나고 있었다. 영산호 퇴적물의 강열감량을 US EPA에서 제안하고 있는 기준치(상위값 8%, 하위값 5%)에 적용해 보았을 때, 3개 지점에서만 하위값을 초과하여 ‘중간오염’으로 평가됨을 알 수 있었다. 준설품준항목 이외의 항목으로 중금속의 경우 망간과 철이 캐나다 온타리오 주 기준으로 생물체에 악영향을 미치는 기준을 초과하거나 근접하고 있었다. 퇴적오니의 함수율은 저질 함수율은 평균 61%이며, 40~77% 사이의 범위의 값을 나타내었다.

퇴적물 오염도 조사를 통한 준설 판정 결과 대부분의 구간이 하천공사표준시방서의 오타 준설판정기준(화학적산소요구량, 강열감량, 총인, 총질소, 황화물)에 의해 2~3개 기준을 초과하여 준설이 필요한 것으로 나타났다.

## 2.4 퇴적오니 준설

영산호 퇴적물의 오염도 조사결과 COD는 25개 지점 중 12개 지점이 US EPA의 퇴적물 규제 기준 중 ‘중간오염’으로 판정되었으며, 강열감량은 3개 지점에서만 ‘중간오염’으로 판정되었다. T-P는 상류로 갈수록 농도가 더 높아지는 경향을 보여 준설기준을 초과하는 지역이 나타나고 있었다. 준설기준 이외의 항목으로 중금속의 경우 망간과 철이 캐나다 온타리오주 기준으로 생물체에 악영향을 미치는 기준을 초과하거나 근접하고 있었으나, Zn, Ni, Cu, Pb 등은 기준치에 비해 낮은 수치를 보이고 있다.

1978년부터 2007년까지의 총퇴적량은 75,211천 $m^3$ 이며, 순퇴적오니량은 58,993천 $m^3$ 으로 산정되었으며, 최심하상고의 평균변화속도는 연평균 13cm 정도인 것으로 나타났다. 퇴적물인 용출실험을 통해서 여름철 산소고갈 현상이 나타나는 현상과 비슷한 조건(혐기성-비건조시료-No shaking)에서 최대 35.19mg/kg의 인이 용출하는 것으로 나타났으며, 최대 용출되는 시간까지의 용출속도는 0.084ppm/day로 계산되었다.



구간	퇴적량(천 m <sup>3</sup> )
A	14,702
B	19,314
C	10,557
D	5,029
E	4,397
F	4,014
G	980
계	58,993

<그림 1> 영산호 구간별 퇴적오니량 분포

퇴적오니 준설은 영산호 전체 구간에서 시행하는 방안과 부분적으로 준설하는 방안을 검토하였는데, 부분 준설은 퇴적물의 오염구간 파악, 혐기성조건이 형성되는 구간, 퇴적물양 그리고 각 구간의 수질예측 결과를 통해 우선순위를 통한 종합적인 판단을 하였다.

여름, 가을철에 혐기성조건으로 인해 퇴적물로부터 용출이 많이 나타나므로 300일을 기준으로 준설시행시 수질개

선 효과를 분석한 결과, 영산호 전체 구간에서 내부 용출부하가 없을 경우 T-N은 43.1%, T-P는 54.7% 정도의 수질개선 효과가 있을 것으로 추정되었다. 그러나 700일 경과시 수질개선 효과는 T-N이 17.3%, T-P는 27.4%로 크게 떨어지는 것으로 나타났다. 부분 준설의 시나리오에서도 이와 유사한 결과가 나타났다.

준설비용은 준설구간, 운반거리, 운반경로 등 3가지 항목을 고려하여 총 50개 경우의 시나리오별로 각각 비용을 산정하였다. 영산호 전체구간을 준설할 경우(운반거리 10km, 직접 운반시) 약 10,722억원이 소요되는 것으로 산정되었는데, 운반거리가 증가하고 집결운반상식을 채택할 경우 준설비용은 훨씬 증가하는 것으로 나타났다.

퇴적오니 준설은 제한적인 수질개선 효과에 비해서 준설비용이 과다하게 소요되고, 광대한 면적의 준설토 투기장을 확보하기가 어려우며, 준설 및 투기 과정에서 2차적인 환경문제의 유발 가능성이 상존하여 민원발생이 우려된다. 향후 유역종합치수계획, 하구둑 구조개선 사업과 연계하여 퇴적물의 부분 준설, 저층수 배제시설 설치 등의 방안을 포함한 퇴적물 관리에 대한 조사 연구가 지속되어야 한다.

## 2.5 해수유통 방안

정부에서 하구둑 구조개선 방안, 영산강유역종합치수대책 등을 수립·추진 중이고, 「하천·하구역 통합관리체계 구축」

계획에 따라 영산강을 하구관리 시범사업(Best Model) 지역으로 선정함에 따라 하구둑 구조개선을 포함한 하구환경의 복원사업이 추진될 전망이다. 영산강 하구를 중심으로 한 주요 내용은 다음과 같다.

- 하구둑 구조개선사업 추진

- － 하구둑의 이수기능을 유지하면서 재해예방 강화와 일부 기수역 생태복원사업 추진
- － 하천·하구 통합관리 시범사업 추진단을 국가물관리위원회에 설치하고, 2008~2009년도에 통합관리계획 작성, 2010년부터 이행

- 친환경적인 ‘배수갑문 운영지침’ 마련(농림부, 해수부 협의)

- 하구관리법 제정(환경부, 해수부, 농림부, 건교부 등 공동) 및 ‘하구관리위원회’ 설치

수질 및 생태환경 보전을 위해 해수유통을 실시하고 있는 테임즈베리어(영국), 마에스트란트케링(네덜란드), 휘어스호(네덜란드), 홀머질(독일), 레이질(독일) 등의 사례를 소개하고 시사점을 검토하였다. 특히 휘어스호에서의 2005~2006년 사이의 2년간 모니터링 결과는 해수유통 이후 조석현상을 회복하고, 용존산소, 인, 질소 등의 농도가 현저하게 줄어들고 투명도가 개선되었으며, 플랑크톤, 저서생물, 어류 등의 생태계도 거의 회복되어 가는 것으로 밝혀졌다. 시화호, 화옹호 등지에서도 해수유통 이후 호소의 수질개선 효과가 예측치 이상으로 나타난 것으로 보고되었다.

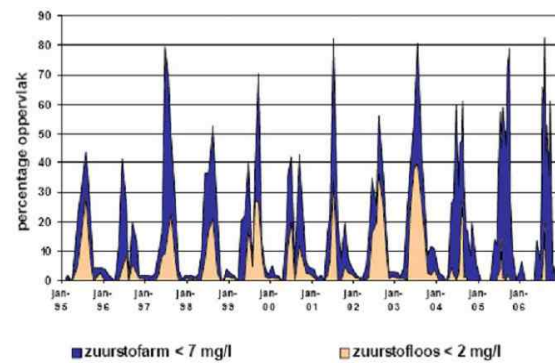


(1961년 완공, 수질개선 생태보전  
목적으로 제방 하부에 터널 건설)

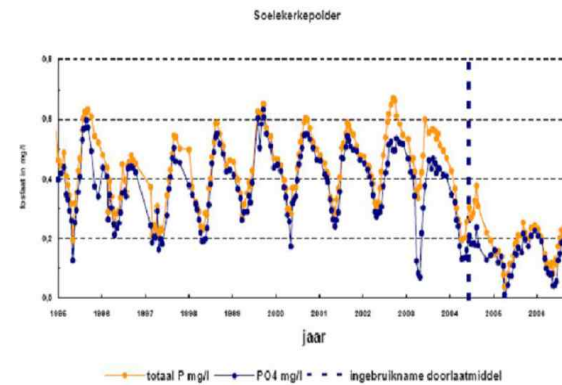


(터널 규모 5.5m×3m×2개,  
해수유통량 여름 40톤/s, 겨울 23톤/s)

### <그림 2> 휘어스호(네덜란드)의 해수유통



A. 용존산소 농도의 변화



B. 인 농도의 변화

### <그림 3> 네덜란드 휘어스호의 수질개선 효과

<표 1> 시화호 배수갑문을 통한 해수유통량과 수질 변화

구 분	'97	'98	'99	'00	'01	'02	'03	'04	'05	'06
해수유통량 (백만톤)	512	5,914	7,733	7,571	5,261	3,253	3,623	3,779	3,978	7,856
수질(COD) (mg/L)	17.4	7.9	5.1	4.3	4.5	4.7	5.7	7.4	4.2	2.6

자료: 시화호관리위원회, 2007, 2단계 시화호 종합관리계획

영산호의 수환경 개선, 홍수 방지, 수자원 확보, 토지이용계획 유지 등을 전제조건으로 하여 수질개선 단일 목적으로 시행하기 보다는 유역종합치수대책, 하구둑 구조개선사업과 연계하여 다양한 해수유통 방안을 검토할 필요가 있다. 본 연구에서는 영산호, 영암호, 금호호를 연계한 하구환경 개조구상안을 제시하였으며, 자연생태 보존형 전자제어 수문, 개방식 수중보, 운하 및 담수공급 수로 등을 설치하여 담수 수자원을 보호하고, 홍수해를 방지할 필요가 있다.

하구둑 구조개선을 통한 해수유통 방안은 수질 및 생태환경 보전정책 뿐만 아니라 개발중심의 패러다임을 획기적으로 전환하는 중대한 사안이기 때문에 충분한 조사연구를 통해서 신중하게 접근해야 한다. 해수유통 방안을 추진할 경우 관계기관(한국농촌공사, 목포지방해양수산청, 익산지방국토관리청, 영산강유역환경청 등)과 농민, 어민 등의 이해관계가 상충하게 되기 때문에 다양한 이해관계자간의 협력체계가 구축되어야 한다.

해수유통 방안은 수질개선 단일 목적으로 시행하기 보다는 유역종합치수대책, 하구둑 구조개선사업과 연계하여 다양한 해수유통 방안을 검토해야 한다. 신규 배수갑문의 위치 선정, 저층수 배제시설의 설치 등에 따라서도 수질 및 퇴적환경을 개선할 수도 있기 때문에 건설교통부의 배수갑문 확장 및 연락수로 확장계획, 영산강하천정비기본계획(수립중)과 한국농촌공사의 하구둑 구조개선 사업 등을 부분적 해수유통과 연계할 경우 사업비를 절감하면서 사업의 효과를 배증할 수 있을 것으로 사료된다.

영산호 배수갑문 조작에 의한 해수유통시 수질변화와 영향을 분석하기 위해서는 영산호와 영산강 뿐만 아니라 목포 인근 해역을 대상으로 한 자료수집과 분석이 필요하다. 앞으로 다음과 같은 추진 로드맵에 따라 세부적인 조사연구가 추진되어야 한다.

- 1단계: 해수유통 방안을 위한 기초조사
  - － 호저지형, 퇴적층 하부의 기반암, 조석 및 수류 특성에 대한 정밀조사
- 2단계: 해수유통의 구체적인 방안
  - － 가능한 해수유통 방안 개발 및 각 방안별 해수침투(염분분포) 모델링
  - － 선박 통행용 갑문의 형태 연구
  - － 해수유통에 따른 생태계 변화 모델

- 3단계: 기본설계 및 활용방안
  - － 경제성 분석에 기초한 기본설계
  - － 호소와 연안을 연계한 신개념의 해안공간 창출방안 모색

### 3. 금강 하구둑의 개선에 대한 검토

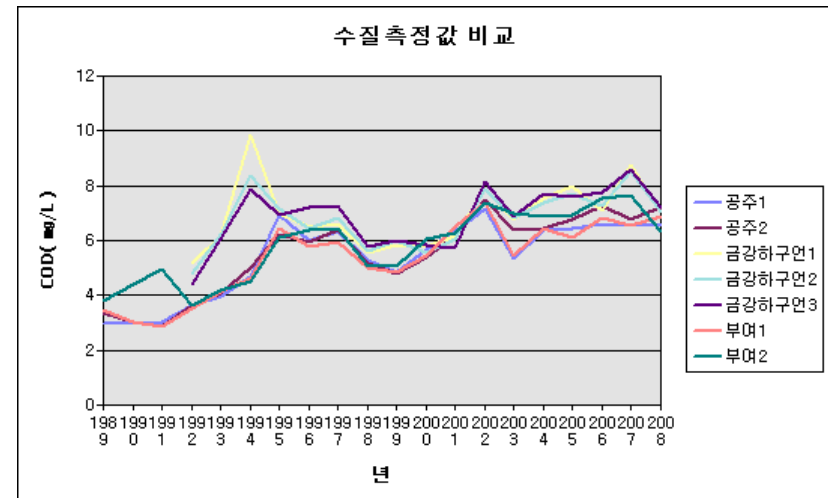
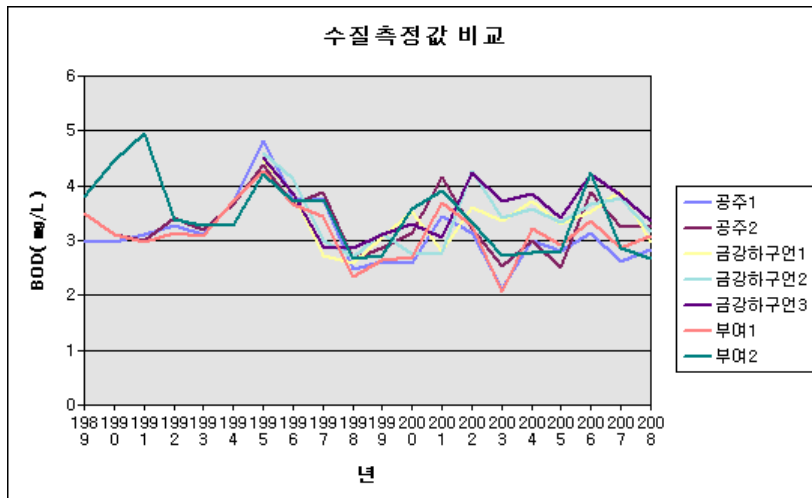
- 하구(河口 estuary)란 하천과 바다와의 접점(接點)으로서, 육지로부터 유출된 담수와 해수가 혼합되는 수역을 말하는데, 하천 내에서 조위(潮位)의 영향을 받는 구간을 감조구간(感潮區間 tidal reach)이라 한다.
- 하구는 하천유역에서 생산된 토사를 수송해 와서 해역으로 전달하는 관문으로서의 역할도 하며, 하천수의 영향으로 해수의 염분농도가 낮아져서 하구역의 독특한 생태계를 형성하기도 한다.

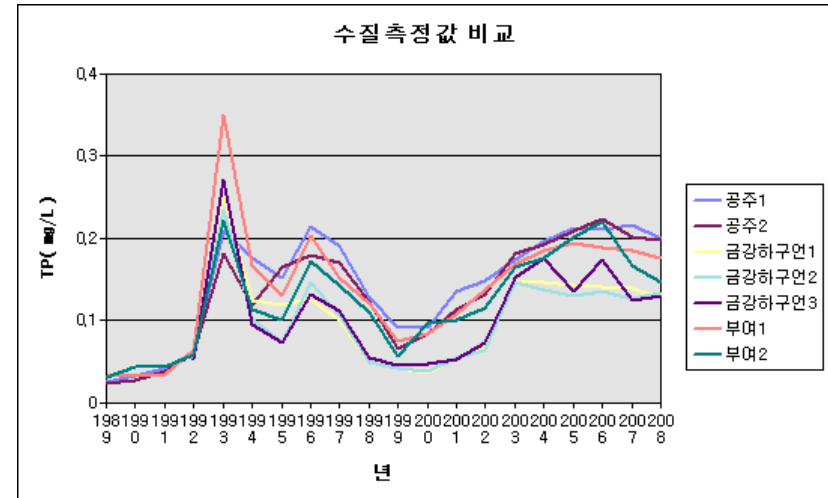
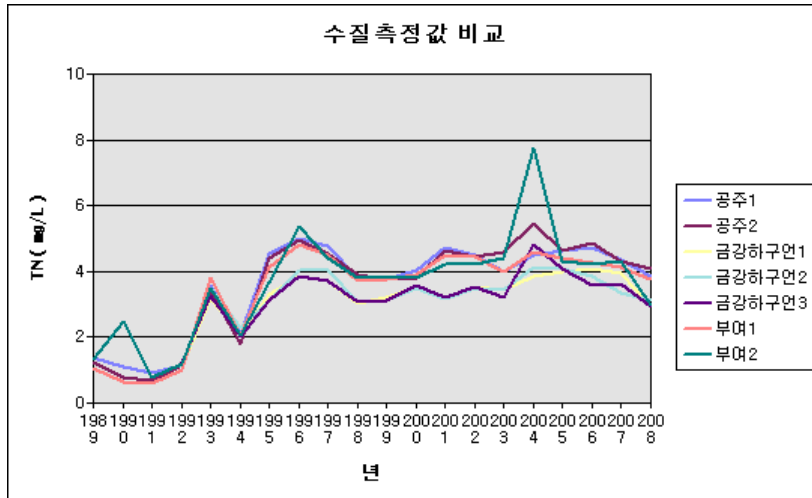
#### 3.1 금강하구둑이 가지고 있는 문제점

- 금강하구둑이 가지고 있는 현재의 문제점은 수질, 하구둑 주변의 하상지형변화, 해안생태계 및 하천생태계의 차단 등이라 할 수 있다.

## (1) 수질의 문제

- 하구둑은 하천의 흐름을 독으로 막은 것이기 때문에 수질의 악화는 불가피하다. BOD의 경우 금강하구둑 부근의 수질이 현저히 나빠졌다고는 할 수 없지만, 하천수질기준으로 본다면 Ⅲ등급정도이며, 공주나 부여의 수질이 Ⅱ등급~Ⅲ등급임에 반해, 수질이 개선되지 않고 조금씩 나빠지고 있다고 할 수 있다.
- COD의 경우, 호소수질 기준으로 본다면 금강본류와 하구호 모두 Ⅳ등급 수준이며, 특히 금강하구호의 수질은 뚜렷한 악화를 보이고 있다.
- T-N과 T-P는 하구호가 본류에 비해 특별히 나쁘다고 말 할 수 있는 것은 아니다.





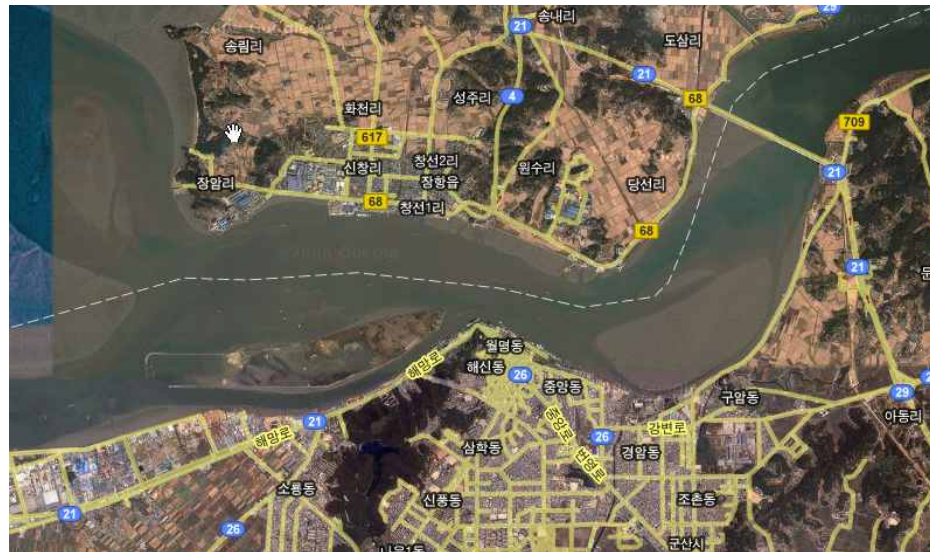
<그림 4> 금강 주요지점의 수질측정값 비교

## (2) 하구둑 주변의 하상지형 변화

- 군산지방해양수산청에서 발간한 해도자료를 분석해 보면, 하구둑 건설이전에는 외해에서 수심이 작고, 군산 외항쪽(즉, 하구쪽)으로 갈수록 수심이 깊어지지만, 하구둑 건설이후에는 외해의 수심이 크고, 군산외항쪽으로 갈수록 수심이 작아지는 경향을 보인다. 한편, 군산외항으로부터 군산내항 부근까지의 수심은 이와 반대로 내항부근의 수심이 깊어지고 있음을 알 수 있다. 이러한 사항을 종합하면, 군산외항쪽에서는 도류제 건설로 인한 조류의 변화에 따라서 세굴이 발생한 것으로 보이며, 군산내항쪽(하구둑쪽)에서는 금강상류 60km

까 지 영 향 을 미 치 던 조 류 가

하구둑에 의해 차단되어 창조류(밀물)시에 외해에서 유입된 토사의 일부가 퇴적되어 수심이 얕아지고 있는 것으로 판단된다. 하구호내에서도 연간 80만톤 정도의 퇴적이 발생하고 있다.



<그림 5> 금강하구둑 부근의 위성영상

### (3) 금강 하구호의 물이용

- 새만금지구의 담수호에 공급하기 위한 희석수를 금강하구호로부터 공급하겠다는 계획이 오래전부터 있어 왔

고, 또한 군산시나 익산시에서 적극적으로 검토하고 있는 것으로 알려져 있다. 그러나, 새만금 담수호의 수질 개선 선 은

1차적으로 만경강 유역과 동진강 유역의 유입수질의 개선을 통하여 이루어야 한다. 또한, 금강하구호의 수질도 회석수로 사용하기에는 적합하지 않다. 따라서 금강 하구호의 물을 새만금으로 보내는 일은 올바른 방향이 아니다.

### 3.2 하구 생태계에 대한 인식변화

- 하구역은 해수와 담수의 혼합정도에 따라 독특한 생태계가 만들어진다. 또한, 하구로부터 상류로 갈수록 염분농도가 달라지기 때문에 하류에서 상류로 종방향의 생태계가 달라지는 특이한 형태를 보이며, 이것이 풍부한 생태계를 이루게 한다.
- 하구둑은 이러한 생물다양성을 차단하는 효과를 가지며, 용수문제로 불가피하게 하구를 막았지만, 생태계의 다양성을 위한 대책이 수립되어야 한다.
- 그러나, 대체로 하구둑의 전부 또는 부분적 개방을 경제적 가치로만 평가하려는 경향이 있는데, 이것은 지양해야 할 일이다. 즉, 하구둑 부분 개방의 문제는 철학적인 가치기준을 세운 다음에 접근하는 것이 옳다고 생각한다. 인간의 생활환경은 경제적 가치로만 평가할 수 없는 것이다. 인문학적 및 사회학적인 관점에서 보는 시각도 필요한 것이다. Robert Costanza et al.의 The value of the world's ecosystem services and

natural capital라는 논문(Nature 387, 1997)에서 지적하고 있는 바와 같이 심미적 가치 등은 경제적으로 평가할 수 없는 가치이기 때문이다. 경제적 가치는 가장 낮은 수준의 가치기준이라 할 수 있다.

- 그 실례를 지금 경험하고 있는데, 금강하구둑을 계획하고 추진할 때의 근거가 되었던 경제적 가치가 지금에 와서는 다른 의미의 도전을 받고 있다.
- 이것을 보면 경제적 가치는 환경에 따라서 얼마든지 달라질 수 있다는 것을 깨닫게 해주는 것이며, 따라서 사회기반시설에 관한 모든 계획은 좀 더 궁극적인 가치 또는 철학적 가치를 근거에 두는 방향으로 수립되어야 할 것이다.

### 3.3 타 자치단체와의 이해관계

- 전라북도의 경우, 수질개선은 금강 상류지역의 오염물질 제어와 정화를 통해서 가능하다고 주장하고 있고, 그 근거로 하수도 보급률이 2007년 현재 전북의 경우 74.7%, 충남의 경우 59.0%라는 점을 들고 있다.
- 한편으로는 1990년도에 완공된 금강 하구호는 비교적 긴 기간동안 염분이 제거되어 담수호로 되기까지 5000억원에 이르는 막대한 금액과 시간이 투자되었는데, 이러한 노력이 부분적으로 사장되는 부담을 피할 수 없다.
- 또한, 기수역이 발생함에 따라 취수원을 옮겨야 하는 것과, 지금까지 연간 3억 6천톤의 용수를 공급해 왔는

데, 이만한 용수를 충분히 확보할 수 있을 것인가 하는 우려가 있다.

### 3.4 금강하구둑의 개선에 앞서 해결해야 할 과제

- 금강하구둑을 기수화하여 생태계를 복원하고자 하는 시도는 충분히 가치있는 일이며, 진정한 금강살리기를 위해서는 가장 선결해야 할 과제이다. 그러기 위해서 용수원확보라는 분명한 목적을 가지고 건설된 하구둑을 개방하기 위해서는 하구둑의 일부를 개방하여도 이러한 목적, 즉 용수원확보라는 목적이 충분히 달성될 수 있다는 근거를 보여야 한다. 그 방안을 시급히 강구해야 한다. 그러기 위해서 다음의 몇 가지 사항을 심도 있게 검토해 보아야 한다.

- ① 취수원의 이동을 포함하여 용수원 확보가능성을 제시하여야 한다.
  - 충분한 용수량을 확보하는데 필요한 담수역의 범위를 산정하여야 하며, 이에 따른 기수역의 범위를 명확하게 산정해야 한다.
  - 이러한 기수역의 범위에 맞도록 수문의 개방고를 엄격하게 산정하고 이를 관리할 수 있는 규정을 만들어야 하며, 이것에 대한 사회적 동의를 얻어야 한다. 특히 관련 지자체간에 합의가 가능한 설득력있는 근거

를 마련하여 제공하여야 한다.

—

② 금강 상류지역의 환경기초시설 확충 등을 통하여 금강하구호의 수질개선 가능성을 충분히 검토하여 이 문제에 대한 논쟁을 정리하여야 한다.

③ 하구역을 경제적 가치로 평가하는 것은 복잡하고 어려운 일이지만, 하구둑 개방으로 인하여 입게 되는 공사비에 관한 경제적 손실을 극복할 수 있는 방안을 마련해야 한다.

(※금강하구둑 관련 내용은 대전대학교 허재영 교수의 글을 인용한 것임)