

## 바람직한 금강 하구역 개선을 위한 부분 해수유통 방안

전 승 수

(전남대학교 지구환경과학부 교수, sschun@chonnam.ac.kr)

한 상 욱

(충남발전연구원 공간계획연구부 연구위원, hansw@cdi.re.kr)

### 목 차

#### < 요약 >

- I. 시작하며
- II. 하구환경의 가치 및 하굿둑의 문제점
- III. 외국의 해수유통 사례
- IV. 영산호의 문제점 및 해수유통 제안 사례
- V. 결론 : 금강하굿둑에의 적용 방안

## 《요 약》

경제적 가치를 논할 때 하구환경은 지구상에 존재하는 자연환경 중에서 가장 가치가 높은 곳으로 평가되고 있으며, ‘논’의 경제적 가치와 비교하여 약 250배의 가치가 있는 것으로 알려지고 있다.

수질의 문제는 금강에 있어서 하굿둑에 막힌 지 20년을 바라보는 시점에서 중차대한 문제이다. 하구가 막혀 있으면 바다로 빠져나가 연안환경을 살찌우게 할 유기물들이 하구호에 급격히 퇴적되어 퇴적물에 유기오염을 일으킨다.

연안어장도 영양염의 부족으로 피폐화되고, 하굿둑 근처의 바다는 퇴적물이 빠르게 퇴적되고 해수의 수질을 악화시켜 안과 밖으로 모두 문제를 일으키는 것이 하굿둑이다.

이러한 하구역의 문제점을 개선하기 위한 고려요인으로는 농업용수의 활용을 위한 담수의 확보, 최소한 2급수 이상의 수질 유지, 퇴적층 오염에 대한 즉각적인 해결 선행, 최근의 지역개발 방향과 동일선상에서의 추진이 전제되어야 한다.

영산강의 경우 해수유통 방안으로 제안한 주요내용은 다음과 같다.

첫째, 하굿둑의 개방 및 새로운 형태의 수문 설치다. 물론, 하굿둑과 방조제는 어떠한 방법으로 개방하는 것이 가장 경제적이고 효율적인지를 검토해 볼 필요가 있다.

둘째, 배출량의 조절 및 해수 웅지의 상류차단을 위한 담수 확보이다. 하굿둑과 방조제의 수문을 개방할 경우에 문제가 되는 해수 웅지(salt wedge)의 상류진입이나 기수역의 확산을 차단하기 위해서는 상류 어느 지점에 수중보를 건설할 필요가 있다. 여기서 개방형 수중보의 설치의 의미하는 바가 크다.

셋째, 퇴적층의 오염은 생태계의 기능에 맡기도록 한다. 오염된 퇴적층을 제거하기 위하여 준설에 의해 현재 쌓여있는 세립질 퇴적물을 제거하는 것은 엄청난 예산이 소요되고, 또한 다른 환경오염과 연안환경에 영향을 줄 가능성이 높으며 어마어마한 준설토의 매립지를 찾는 것이 매우 어렵고, 한번 시작하면 매년 지속적으로 준설을 해야 하는 어려움이 있다.

영산강의 사례를 금강에 적용하여 바람직한 하구역을 조성하기 위해서는 다음과 같은 접근이 필요하다.

첫째, 금강의 하구역 복원을 위한 기초조사의 조속한 실시가 선행되어야 한다. 금강의 하구역은 이용·개발의 특성상 개선과 복원의 갈림길에 있기 때문에 정확한 실태조사가 더욱 필요하리라 판단된다.

둘째, 홍수예방 및 담수이용의 지속성 확보를 위한 방안이 마련되어야 한다. 금강하굿둑의 기수역 확보시 홍수예방 및 담수이용(연간 3.6억 $\text{m}^3$ )의 확보 문제는 최우선 선결과제라고 할 수 있다. 이러한 점에서 기수화가 진행이 되는 구역의 경우에는 별도의 수로를 통해 담수를 흘려보내는 방법을 생각해 볼 수 있다.

셋째, 통선문의 설치로 관광항구도시 건설을 촉발하여야 한다. 하굿둑 상류의 기수역은 해수유통과 함께 적절한 통선문을 설치하면 수백톤에 달하는 선박이 왕래할 수 있으므로 가장 안전한 하구도시(관광항구도시)도 건설할 수 있게 된다.

넷째, 해수 부분 유통을 위한 전략적·실질적인 사업 추진이다. 국내의 시화호로 인하여 중앙정부의 시각이 전환되고 있다는 점은 금강 하굿둑에 대한 개방 문제가 그렇게 어둡지만은 않다는 것을 반증하는 것이다. 또한, 중앙정부의 수자원정책 뿐만 아니라 토목, 환경, 생태, 용수 등 전 분야에 걸친 실질적인 사업검토가 이루어져야 한다.

## I. 시작하며

강은 흘러야 한다. 그러나 금강, 영산강, 낙동강, 만경강 등 국내의 대규모 강은 거의 모두 하굿둑으로 막혀 있어 더 이상 강이 아니며, 강의 기능을 제대로 수행하지 못한다. 우리나라에는 이제 제대로 자연환경을 유지하는 규모가 있는 하구는 한강하구를 제외하면 남아 있지 않은 상태이다. 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, 두바이 등 대부분의 국제적으로 유명한 도시들은 모두 자연하구와 인접하여 발전하며 점차 상류와 바다 쪽으로 발전해 나가는 항구도시들이다. 물론 당연히 하구는 막혀 있지 않고 바다로 열려 있는, 막혀있지 않은 하구들이다.

수질의 문제는 금강에 있어서 하굿둑에 막힌 지 20년을 바라보는 시점에서 중차대한 문제이다. 하구가 막혀 있으면 바다로 빠져나가 연안환경을 살찌우게 할 유기물들이 하구호에 급격히 퇴적되어 퇴적물에 유기오염을 일으키고 있다. 연안어장도 영양염의 부족으로 피폐화되고, 하굿둑 근처의 바다는 퇴적물이 빠르게 퇴적되어 또한 해수의 수질을 악화시켜 안과 밖으로 모두 문제를 일으키는 것이 하굿둑이다.

하구를 막아 발생한 여러 가지 문제점들을 해수유통의 방법으로 해결한 사례를 바탕으로 어떻게 영산강 하구, 아니 영산호의 문제를 풀 수 있는가를 방안을 검토함으로써 금강호의 아니, 금강하구역의 문제를 풀 수 있는 방안을 제시코자 한다.

## II. 하구환경의 가치 및 하굿둑의 문제점

### 1. 하구환경의 경제적 가치

하구환경의 가치를 논할 때에, 특히 하구개발과 관련하여 개발과 보존의 가치 비교를 할 때에 개발계획을 전제로 하여 하구의 보존가치를 논하는 것이 일반적이다. 그러한 경우에는 어떻게 개발이 되느냐에 따라 하구의 상대적 가치가 달라질 수 있다. 이러한 문제점을 개선하기 위해 연구된 Costanza 외(1997)가 자연과학의 가장 저명한 국제적 학술지인 Nature에 개발과 관련 없이 자연환경의 순수한 가치만을 비교하여 발표한 바 있다<표 1>. 하구환경에서 자연환경으로서의 가치 중에서 가장 중요한 것은 영양염의 공급에 의한 가치라고 할 수 있다.

또한 최근 강조되는 가치로서 심미적 및 관광적 가치를 들 수 있다. Costanza 외는 여기에서 국제적으로 유명한 하구 대도시의 경우처럼 항구로서의 기능 등은 포함시키지 않았으며, 또한 하구생물에 의한 유전공학적 가치도 포함시키지 않았다.

이런 의미로 Costanza 외는 이들 자연환경의 가치가 최소가치라고 평가하였으므로 가치가 높은 자연환경은 제시된 가치보다 훨씬 높을 수 있음을 주장하고 있다. Costanza 외는 지구상에 존재하는 자연환경 중에서 하구환경이 가장 가치가 높은 것으로 보고를 하고 있는데 경작지에 비해서는 무려 250배의 가치가 있음을 보고하고 있다.

<표 1>의 자료를 통해 하구환경과 호수환경을 경제성과 희귀성을 간략히 비교해보면 하구의 경제적 가치는 자연환경을 그대로 유지하고 있는 자연호수의

## 비람직한 금강 하구역 개선을 위한 부분 해수유통 방안

약 3배에 해당하며, 경작지에 비해서는 약 250배의 가치가 있음을 알 수 있다. 또한 희귀성에 있어서도 하구는 전지구상에서 람사협약에 의해 보호되는 내륙습지나 연안습지의 면적과 비슷한 양밖에 존재하지 않음을 알 수 있다.

<표 1> 생태계의 가치 최소 추정치

구분	면적 (106ha)	ha당 연간 총가치(\$)						지구적 총가치 (\$yr-1*109)
		식 량 생 산	수자원 공 급	폐기물 정화	영양염 순 환	기 타	계	
◎ 해양	36,302						557	20,949
- 대양	33,200	15			118	119	252	8,381
- 해안	3,102	93			3,677	282	4,052	12,568
• 염하구	180	521			21,100	1,211	22,832	4,110
• 해조대	200				19,002	2	19,004	3,801
• 산호초	62	220		58		5,797	6,075	375
• 대륙붕	2,660	68			1,431	111	1,610	4,283
◎ 육상	15,323						804	12,319
- 산림	4,855	43	3	87	361	475	969	4,706
• 열대림	1,900	32	8	87	922	958	2,007	3,813
• 온대림	2,955	50		87		165	302	894
- 초지	3,898	67		87		78	232	906
- 습지	330	256	3,800	4,177		6,552	14,785	4,879
• 연안습지	165	466		6,552		2,828	9,990	1,648
• 내륙습지	165	47	7,600	1,659		10,724	19,580	3,231
- 호수/하천	200	41	2,117	665		5,675	8,498	1,700
- 사막	1,925							
- 툰드라	743							
- 빙하/암석	1,640							
- 경작지	1,400	54				38	92	128
- 도시	332							
합계	51,625	1,386	1,692	2,277	17,075	10,836		33,268

주 : Costanza et al., 1997: Nature

## 2. 하구환경의 연안습지와 내륙습지의 경제적 가치 비교

이창희 외(2005)에서 한강, 영산강과 섬진강의 하구환경에 분포하는 연안습지와 내륙습지의 경제적 가치비교<표 2 참조>에 의하면 한강의 경우에 연안습지가 내륙습지에 비해 18배, 영산강의 경우에는 23배, 섬진강의 경우에는 14배에 해당한다. 또한 단위면적(ha)당 총 가치는 2003년 기준으로 영산강 연안습지에 비해 한강하구의 연안습지(연간 약 4천만원)가 6.3배, 섬진강 연안습지가 약 1.6배를 보이고 있다. 이와 같은 가치추정에 있어서의 큰 차이는 한강하구가 비교적 보존상태가 양호한 사실과, 섬진강도 일부 자연환경을 유지하고 있는 이유에 근거한다.

이러한 경제가치의 비교치는 이창희의 연구에서는 제시되지 않지만, 금강이 자연하구로 복원되었을 때에 그 가치가 수 십 배 증가할 수 있음을 암시하는 것이다.

금강과 여건이 유사한 영산호를 사례로 살펴보면, 현재의 영산호에 대한 편익 분석에는 당연히 홍수방지, 해일방지, 담수확보, 농업수익 등이 포함되어야 하므로 <표 2>와 같은 분석이 적합하지는 않을 것이다. 그러므로 <표 2>는 단지 현재의 상태에서 연안습지와 내륙습지에 대한 자연환경으로서의 가치를 비교한 것이지만 이를 통해서 하구환경이 복원되었을 경우에 어느 정도의 가치증대를 기대할 수 있는지에 대한 근거자료를 엿볼 수 있다는 점에서 비교의 의미가 있다. 이것은 영산강 하구의 복원을 검토할 때에 당연히 홍수방지, 해일방지, 담수 확보 및 농업수익의 유지 등에 대한 충분한 고려가 있어야 하며, 이러한 편익을 그대로 유지할 수 있도록 해야 함을 의미한다.

<표 2> 하구별 습지 단위면적당 연간가치 추정치

구분	습지서비스	한강	영산강	섬진강
연안 습지	수산물생산 기능	9,045,157	1,427,849	5,493,686
	수질정화 기능	7,471,004	1,179,357	4,537,651
	서식지 기능(상업어류)	8,087,498	1,276,676	4,912,090
	서식지 기능(비상업생물)	4,512,853	712,389	2,740,963
	여가/심미 기능	498,097	78,629	302,528
	기타 간접사용 기능	2,403	379	1,459
	비사용 기능/가치	11,102,268	1,752,581	6,743,098
	<b>단위 면적당 총 가치</b>	<b>40,719,280</b>	<b>6,427,861</b>	<b>24,731,475</b>
내륙 습지	수산물생산 기능	492,357	62,594	402,448
	수질정화 기능	406,671	51,700	332,409
	서식지 기능(상업어류)	440,233	55,967	359,842
	서식지 기능(비상업생물)	245,652	31,230	200,793
	여가/심미 기능	27,113	3,447	22,161
	기타 간접사용 기능	131	17	107
	비사용 기능/가치	604,333	76,829	493,975
	<b>단위 면적당 총 가치</b>	<b>2,216,490</b>	<b>281,783</b>	<b>1,811,735</b>

주 : (일반적 기법 적용: 원/ha)

자료 : 이창희 외, 2005

### 3. 하굿둑의 문제점

대형 하굿둑 건설에 의한 치수정책은 홍수피해, 해일피해, 담수확보를 동시에 해결한다는 점에서 매우 편리하고 간단한 방법이라고 할 수 있다. 하굿둑 건설은 이러한 장점들과 함께 부가적으로 주변 하구갯벌의 간척효과를 동시에 얻을 수 있는 방법이기 때문에 전 세계의 많은 나라들이 과거 일반적으로 취해오던 치수정책이라고 할 수 있다.

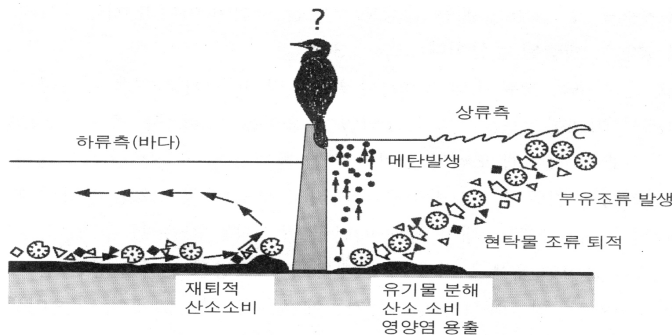
그러나 이제 대부분의 작은 하구가 막혔고, 거의 모든 염습지가 파괴되어 버린 현대에 들어서 세계는 하구환경의 가치에 대해 새삼 인식을 달리하고 있는 상황이다.



하굿둑 건설에 의한 문제점은 다음과 같이 요약할 수 있다.

- 수질악화 및 빈산소층에 의한 생태계 파괴
- 퇴적물 오염에 의한 용출현상으로 악취발생, 산소부족에 의한 생태계 파괴
- 퇴적물 오염에 의해 표층수의 수질이 개선되어도 지속적인 수질악화 초래
- 하구호에 녹조현상이 발생하여 생태계 파괴, 생태계 파괴, 심미적 기능 손상
- 하구호의 높은 퇴적률로 지속적인 퇴적물 오염 야기
- 기수역의 파괴로 생태계 순환의 고리 차단
- 육상기원의 조립질 퇴적물을 차단하여 연안침식, 해양생물 서식지 및 산란지 파괴 등 연안환경에 장기적인 피해
- 하굿둑 하류측에 세립질 퇴적물의 축적으로 연안수질 악화 및 생태계 오염
- 하굿둑의 오염을 방지할 경우에 수질완화를 위하여 물을 방출시 장기적으로는 연안생태계의 충격을 주어 연안생태계를 회생시킬 수 없게 되므로, 결국은 하구호를 오염된 상태로 유지하거나 준설을 해야 하고, 이것은 지속적인 준설경비는 물론 오히려에 의한 또 다른 환경재해 야기

위와 같은 하굿둑의 문제점들은 개별적으로 발생하는 것이 아니라 동시에, 다발적으로 발생하는 것으로 항목별로 설명하는 것이 부적절하다. <그림 1>은 이러한 종합적인 하굿둑의 문제를 일괄하여 제시하고 있다고 할 수 있다.



<그림 1> 하굿둑 주변에서 발생하는 환경변화

### Ⅲ. 외국의 해수유통 사례

#### 1) 네덜란드 휘어스호

네덜란드 휘어스호는 해일방지, 담수 확보와 함께 휴양 및 관광 목적으로 1962년에 네덜란드의 최남단의 하구를 막아서 건설한 약 1억 1천만톤의 용량을 가지고 있는 담수호이다. 그러나 휘어스호의 수질이 점차 나빠지면서 지역민들의 심한 논쟁의 대상이 되었다. 논쟁의 결과 우선 내측의 잔트크리크담에 5.5x3m 터널 2개를 건설하고 수질변화와 생태계 모니터링을 수행하는 것이었다.



<그림 2> 휘어스호 위치

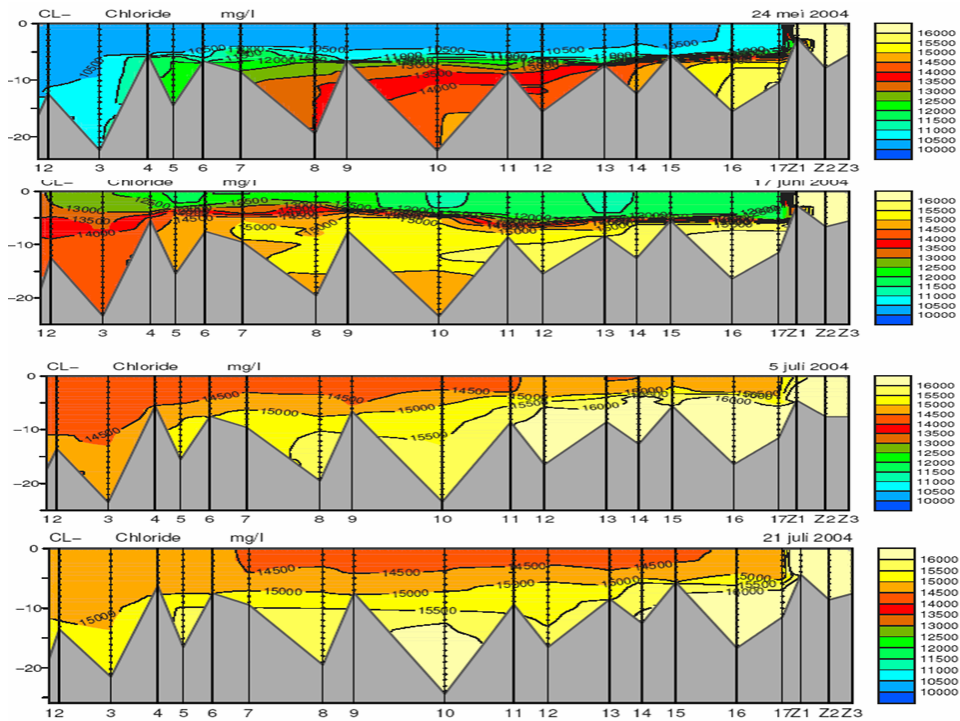
2004년 5월부터 3개월에 걸쳐 1차 모니터링을 한 결과는 매우 빠르게 수질이 개선되었으며, 거의 해수와 같은 조석현상이 발생하였으며, 염분의 변화도 해수 호로서의 형태를 보여주었다. 이는 예측모델(Delft Model)에서 얻어진 결과보다 매우 빠른 것으로 네덜란드 Zeeland 주정부가 매우 만족할만한 결과를 얻게 되었다. 이러한 성공은 중앙정부에서 불케락호의 수질개선을 위해서 해수유통을 고려하도록 하는 계기가 되었으며 전체 델타프로젝트에 의해 건설된 하굿둑에 대한 방향을 수정하도록 하는 계기가 되었다.

휘어스호에서의 지난 2005~2006년 사이의 2년간의 모니터링 결과는 용존산소, 인, 질소 등의 오염수치가 현저하게 줄어들고 플랑크톤, 저서생물, 어류 등의 생태계도 거의 회복되어 가는 것으로 밝혀져 거의 주변의 해수와 같은 수질을 유지하는 경향을 보이고 있다.

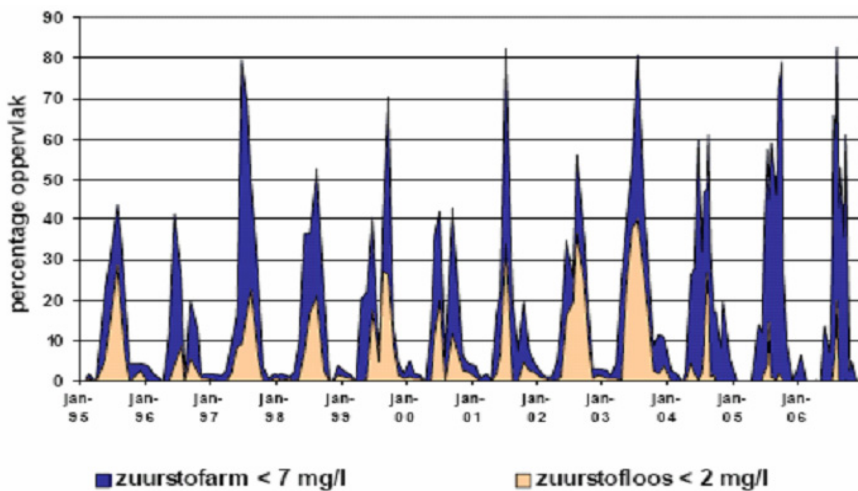


<그림 3> 네덜란드 휘어스호의 잔트크리크댐

## 비람직한 금강 하구역 개선을 위한 부분 해수유통 방안



<그림 4> 네덜란드 휘어스호 부분개방 후 내부 염분 변화



<그림 5> 네덜란드 휘어스호 부분개방 후 용존산소 농도 변화

## 2) 네덜란드 마에스란트 배리어

마에스란트 케링(배리어)은 네덜란드가 가장 자랑하는 하구갑문으로서 1997년에 완공되었다. 오스터스켈트담의 실패를 거울삼아 설계된 것으로 평상시에는 항상 접혀져 있는 부채모양의 구조물로 이루어진 댐이다.

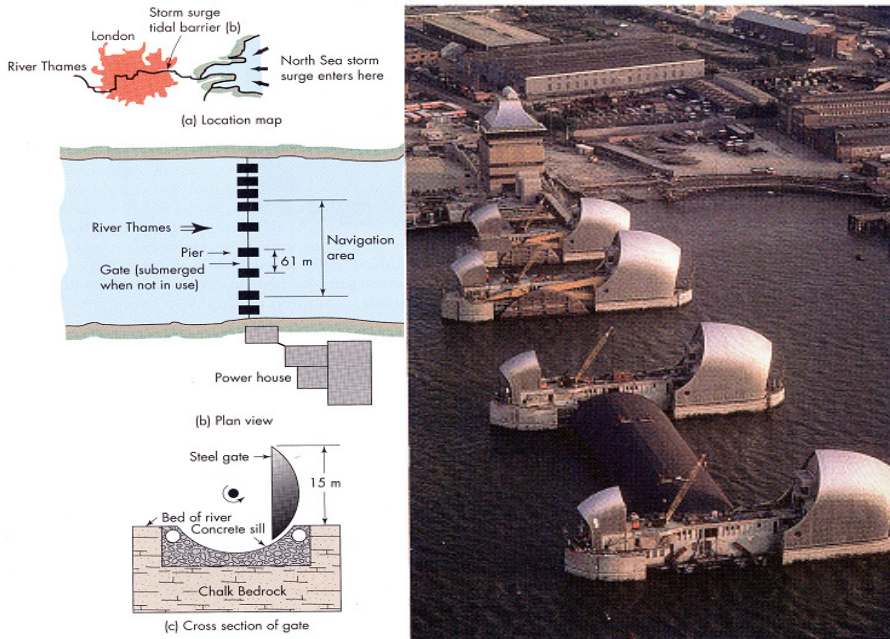
이 댐의 철 구조물 1개의 크기는 파리의 에펠탑보다 길며 평상시에는 항상 열려 있어 하구로 배들이 드나드는데 어려움이 없도록 설계되었다. 북해의 강한 폭풍과 만조가 맞아떨어져 해일의 우려가 있을 때나 월 1회 점검을 위해 닫는 경우를 제외하고 항상 열려있는 수문구조를 가지고 있다.



<그림 6> 네덜란드 마에스란트 케링 배리어

## 3) 영국 런던 하구의 테임즈 배리어

네덜란드 기술자들에 의해 설계되어 1984년에 완성된 테임즈 강의 배리어는 백중사리와 폭풍이 만나 해일을 일으킬 우려가 있을 때에만 닫을 수 있도록 설계되어 있어 년 중 항상 열려있으며 작은 배들이 쉽게 런던까지 닿을 수 있다. 이것은 하구의 다양한 기능을 유지하기 위해서는 하구는 항상 열려있어야 한다는 철학을 실천한 것이다.

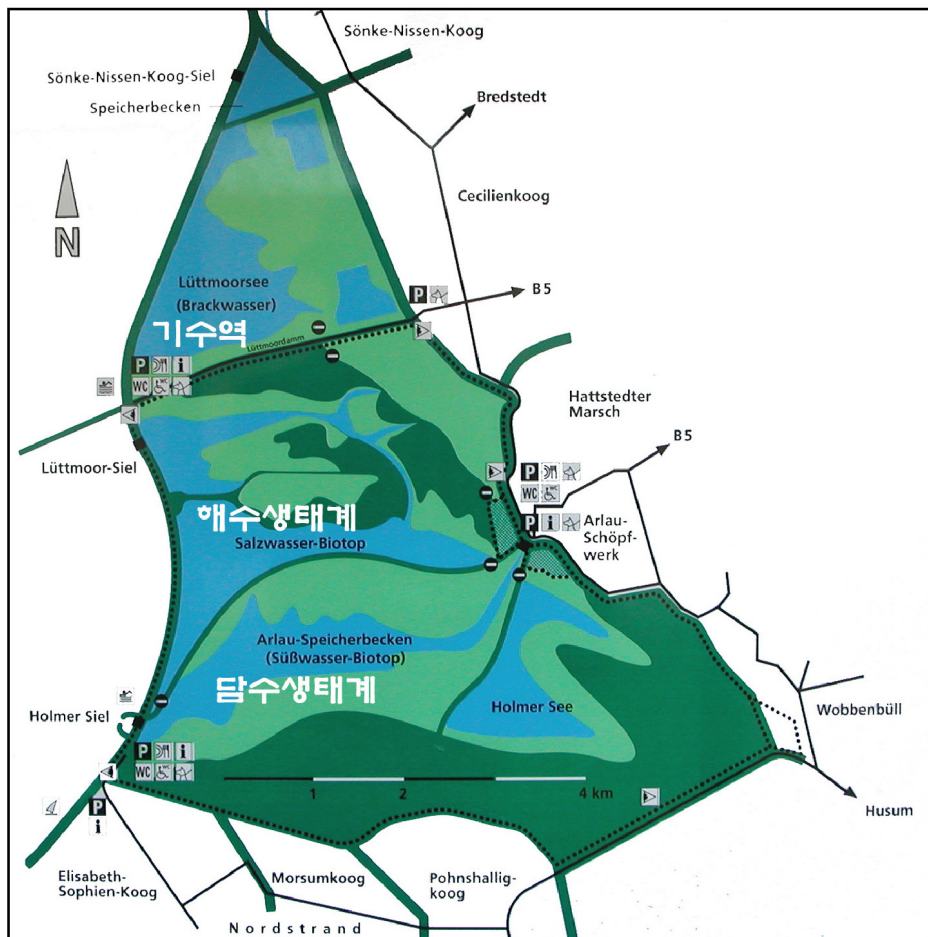


<그림 7> 영국 런던 테임즈 배리어

#### 4) 독일의 홀머질

독일의 홀머질은 방조제에 설치된 수문으로 해수용과 담수용의 두 개로 되어 있다. 해수용 수문은 항상 열려있어 해수가 방조제 내로 유입될 수 있도록 하고 담수용 수문은 홍수통제를 위해 조절되도록 되어 있다. 또한 내부에 작은 둑을 두어서 해수와 담수가 섞일 수 있도록 하여 생태계의 연결고리를 절단하지 않도록 배려했다. 그 결과 다양한 생태계를 보여 생물생태계를 매우 건강하게 유지하도록 설계되었다.





<그림 8> 독일 훌머질 수문과 주변 생태계

## IV. 영산호의 문제점 및 해수유통 제안 사례

### 1. 영산호 현황

전라남도에서 영산호-영암호-금호호를 연결하고자 계획하고 있는 대규모 프로젝트(J-Project)는 34개 사업에 8조 5,550억 원을 투입하여 수질개선, 치수대책, 고대문화권개발, 관광자원을 개발하는 사업계획이다. 본고와 관련이 있는 계획은 1조 7,730억 원을 투입하여 배수갑문개선, 통선문 확장, 하굿둑 이설을 계획하고 있다. 영산호는 1982년에 영암호는 1993년에, 금호호는 1996년에 완공되었으며, 개략적인 현황은 <표 3>과 같다.

<표 3> 영산호, 영암호, 금호호 현황

구분	완공 년도	구간	호소면적	저수용량	
영산호	1982	영산강하구둑	36.6km <sup>2</sup>	253백만m <sup>3</sup>	
영암호	1993	영암방조제	42.9km <sup>2</sup>	245백만m <sup>3</sup>	
금호호	1996	금호방조제	23.3km <sup>2</sup>	133백만m <sup>3</sup>	

영산호의 수질은 현재 화학적 산소요구량과, 부유물질량, 총대장균군수, 총 인, 총 질소가 등급 외에 나타내고 있고, 용존산소량만 4등급을 나타내고 있어서 수질오염이 심각한 수준으로 농업용수로도 사용이 어려운 상태이다(김준하, 2006). 자세한 현황은 <표 4>와 같다.



&lt;표 4&gt; 영산강의 수질 현황

구분	화학적 산소요구량 (COD) (mg/ℓ)	부유물질량 (SS) (mg/ℓ)	용존산소량 (DO) (mg/ℓ)	총대장균군수 (총대장균군수/ 100mℓ)	총 인 (T-P) (mg/ℓ)	총질소 (T-N) (mg/ℓ)
수치	11.6	47.2	4.6	6,900	0.41	2.4
등급	등급 외	등급 외	4 등급	등급 외	등급 외	등급 외

## 2. 주요 문제점

### 1) 하굿둑에 의한 하구생태계 및 연안 생태계의 파괴

지구상에서 가장 가치가 있는 자연환경인 하구환경이 영산강 하굿둑에 의해 차단됨으로서 영양염의 공급차단 및 육지기원의 토사가 연안에 공급되지 않아 연안생태환경에 위협을 초래하고 연안어업이 피폐화 되었으며, 해수와 담수 구간으로 극단적으로 나누어져 다양한 염분인 기수환경에서 서식 및 회유하는 생물들이 사라졌다.

### 2) 해수에 의한 정화작용 중지로 지속적인 영산호의 수질오염 가중

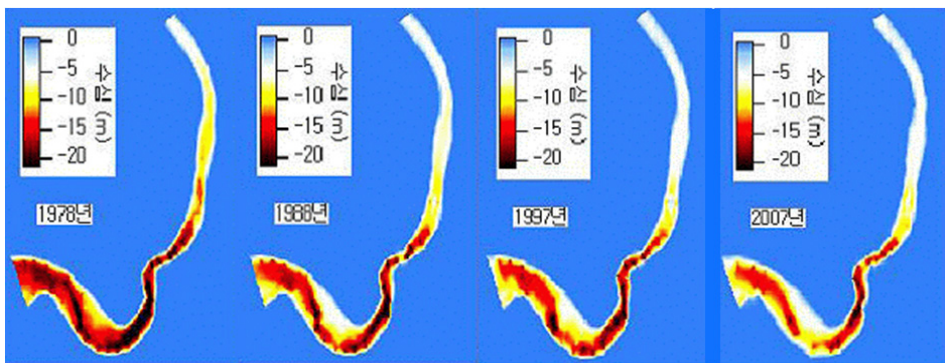
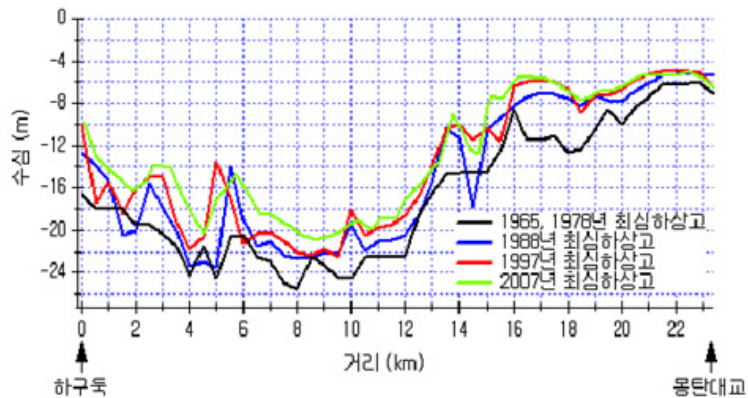
하구환경의 중요한 기능 중의 하나로서 담수환경에서는 오염물질이었으나 해양환경에 들어가 영양염이 되는 물질들이 배출되지 못하여 영산호의 수질오염에 기여하고 있다.

### 3) 세립질 퇴적물의 빠른 퇴적에 의한 용출현상으로 회복불능의 수질오염 야기

일반적으로 하구환경에서의 퇴적물인 1~2cm의 15~20배에 이르는 년 20~30cm에 이르는 세립질 퇴적물의 퇴적률을 보이는 영산호 하구호에서는 유기물이 풍부한 세립질 퇴적물이 산화되지 못하고, 빠르게 퇴적물 내에 집적되어 상부의 수질이 정화된다고 하더라도 이미 퇴적된 퇴적물에서 용출되는 오염물질에 의하여 결코 수질이 좋아질 수 없게 되었다. 이러한 세립질 퇴적물은 현재의 상태에서는 준설이 되어야만 제거될 수 있으나 막대한 경비가 들어가야 하며 매년 지속적인 준설이 요구되어 보다 효율적인 방안을 모색할 필요가 있다.

### 4) 조립질 퇴적물의 연안공급 중지로 연안어업 피해 및 장기적인 해안침식 야기

하구의 중요한 기능의 하나로서 육지에서 생산되는 토사를 연안에 공급하여 생태계를 살찌우게 하고, 조류와 파랑에 의해 끊임없이 공격을 받고 있는 해안선에 토사를 공급하여 유지될 수 있게 하는 역할이 차단되었다. 지구온난화에 의해 현재 년 4~6mm 정도의 해수면 상승을 보이고 있는 한반도에서의 해안선 유지에 장기적인 피해를 야기할 우려가 있다. 이러한 모래 공급원의 차단은 해안침식뿐만 아니라 해저 모래퇴적물에서 서식, 산란을 하는 새우류들의 감소를 초래하여 연안어업이 피해를지게 만드는 중요한 동기가 된다.



자료 : 국립환경연구원, 2007.

<그림 9> 영산호의 수심변화(1978~2007)

## 5) 폐쇄된 호수로서 관광호의 기능 취약

대규모의 호수는 어떠한 방법으로든 주변의 해양과 연결되는 것이 관광기능을 극대화 할 수 있으나 현재의 배수갑문으로 모든 것을 조절하는 계획으로는 그 기능을 극대화하여 새로운 관광지로 도약하고자 하는 계획을 성공시킬 수 없다.

영암호와 금호호의 염분이 모두 제거된 이후에는 해충의 발생이 심각해질 우려가 있으며, 특히 지속적으로 기온이 상승하고, 수질이 나빠짐에 따라 일부 경상도 지역에서 발생한 바 있는 해충의 급격한 발생이 우려되고 있으므로 지역민이 생각하는 아름다운 지역, 청정한 지역을 강조한 관광효과를 기대하기 어렵다.

이것은 1인당 국민소득 3만 달러부터 시작되는 요트생활문화에 대비할 수 있는 좋은 요건임에도 바다로부터 차단되어 있어 어떠한 계획도 세울 수 없는 상태를 의미한다.

### 3. 문제해결을 위한 주요 고려요인

#### 1) 농업용수의 활용을 위한 담수의 확보

지역적 특성상 영산호, 영암호 및 금호호는 충분한 담수량을 확보할 필요가 있으므로 해결방안을 모색함에 있어서 분명히 고려되어야만 할 사항이다.

#### 2) 최소한 2급수 이상의 수질 유지

벃길 개발, 하구 생태계 회복 및 관광용의 최고 수질을 유지하여야 한다. 도심의 발전을 위해 영산호에는 하굿둑을 통한 작은 벃길이 개발될 필요가 있다. 이러한 전 세계적인 추세는 물론 연안어업이 매우 중요한 입장에서는 하구생태계를 보호하고 복원하는 것은 시대적 요청이기도 한다. 이를 위해서는 영암호와 금호호의 수질이 농업용수의 기준을 벗어나 최소한 2급수를 유지하여야만 된다. 더불어서 영산호, 영암호와 금호호가 개별적으로 폐쇄된 호수가 아니라 벃길을 통하여 서로 연결된 하나의 공간으로 구성되어야 한다.

### 3) 퇴적층의 오염을 즉각적인 해결 선행

영산호 하류에 두껍게 퇴적되어 있어 수질회복을 불가하게 하는 하나의 요인인 세립질 퇴적물을 제거하여야 할 절대절명의 과제가 남아있다. 서서히 다가오는 영암호와 금호호의 세립질 유기퇴적물을 정화할 방안을 모색하여야 한다.

### 4) 최근의 지역개발 방향과 동일선상에서 함께 추진

최근의 국제적인 경향은 “자연환경이 가장 중요한 발전자원”이라는 것이다. 다른 말로 하면 이것은 제대로 되지 않은 자연환경을 가진 곳에서는 발전방향을 모색할 수 없으며, 우선적으로 오염된 자연환경을 복원하는 것이 발전계획의 시작이라는 것이다. 지역의 특성과 한미 FTA에 대응해야만 하는 입장에서는 영산호-영암호-금호호의 수질문제는 현상유지나 농업위주가 아닌 혁신적인 방안의 모색이 요구된다.

## 4. 해수유통의 방안 제안(부분해수유통과 개방식 수중보)

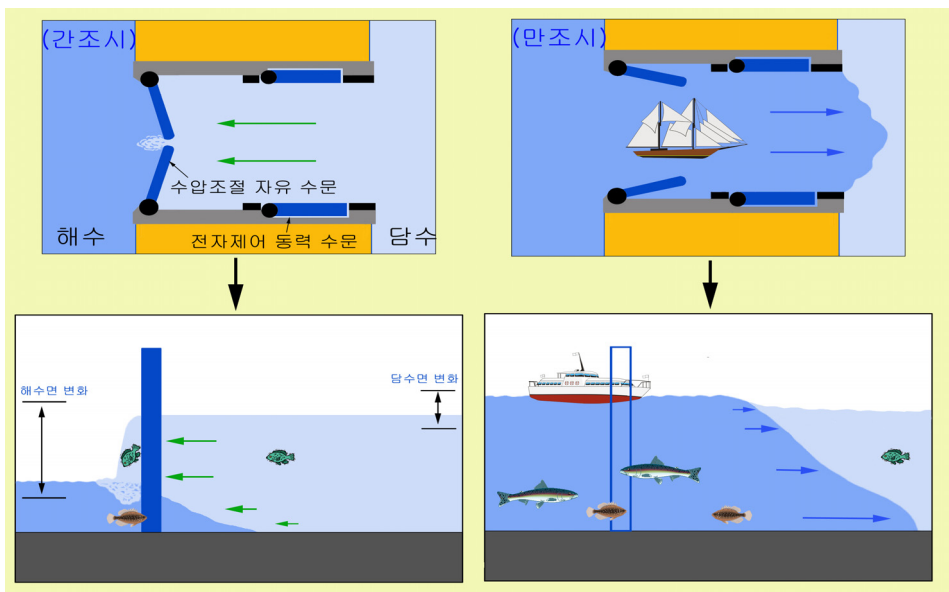
### 1) 하굿둑의 개방 및 새로운 형태의 수문 설치

영산호의 여러 가지 문제를 해결하는 가장 좋은 방법은 하굿둑을 부분 개방하는 것이며, 영암호와 금호호의 미래를 밝게 해주는 방안 역시 바다의 힘에 맡기는 것으로 판단된다.

또한, 해결해야 할 과제에서 언급했듯이 담수의 확보도 필수적인 요소이며, 해수유통시 보호되어야 할 경작지가 있고 또한 이들의 침수피해 역시 고려되어야만 한다.

그러므로 고려해야 할 사항을 어떠한 방법으로 개방을 할 것이며, 개방에 의해 야기되는 새로운 문제점을 어떻게 보완할 것이냐가 문제가 된다.

이러한 해답을 얻기 위해서는 외국의 선진사례(영국의 테임즈 배리어, 페아스란트 배리어, 휘어스호의 터널 등)를 면밀히 검토하여 우리에게 맞게 적용할 필요가 있다. 이들 하굿둑과 방조제의 문제는 이미 건설이 되어 있는 구조물이므로 어떻게 변형을 할 것인가가 문제가 된다. 또한 어떻게 하여야 해수생태계, 기수생태계 및 담수생태계가 서로 차단되지 않고 서로 소통이 되는가 하는가도 문제가 될 수 있다.



<그림 10> 영산강의 부분 해수유통 구상

하굿둑과 방조제는 어떠한 방법으로 개방하는 것이 가장 경제적이고 효율적일 수 있는가를 검토해 볼 필요가 있다. <그림 10>은 만조시에는 바다의 조수에 의해 자동적으로 수문이 열려 배들이 통행할 수 있으며, 간조시에는 썰물과 상류에서 내려오는 담수의 힘에 의해 자연적으로 닫히는 수문을 보여준다.

간조시에 조금 열려있는 통로를 통하여 생물들의 이동이 가능하며 그 통로의 크기에 의해 자연적으로 수위를 조절하도록 되어 있다. 또한 강한 해일 등의 피해가 우려될 때에는 동력으로 작동하는 수문을 하나 더 설치하여 완전하게 차단할 수 있도록 고안된 모습이다.

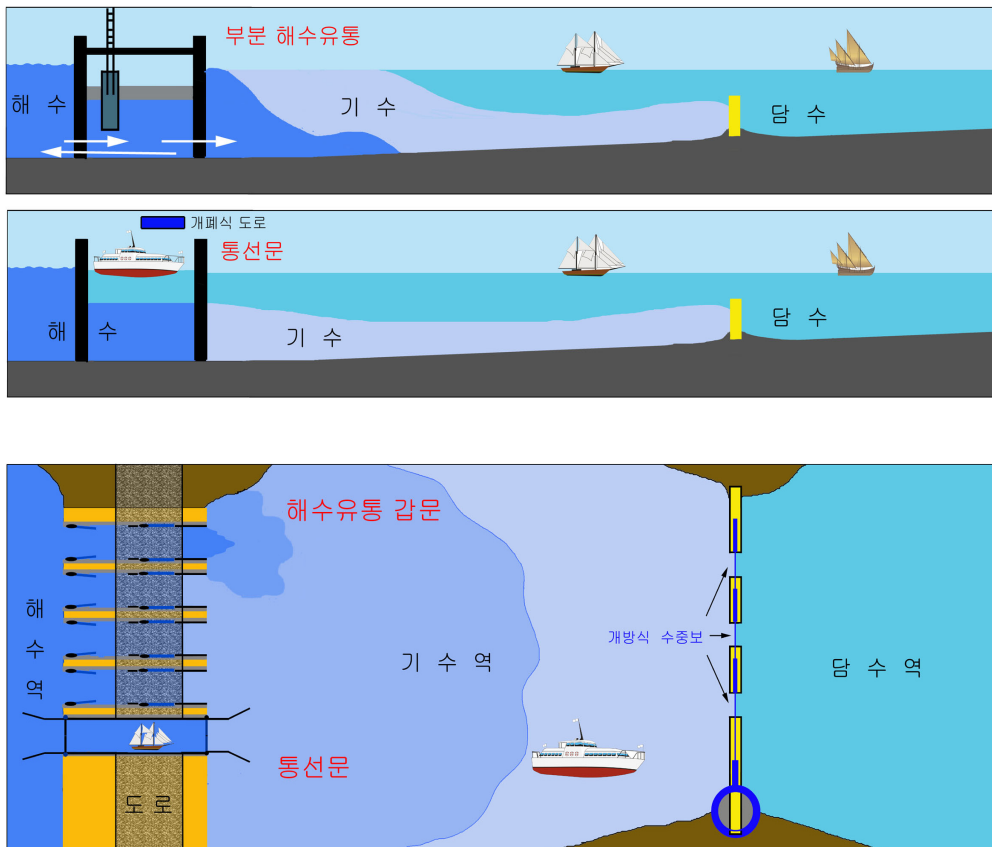
이러한 수문을 영산강 하굿둑과 영암호 및 금호호의 일부 수문에 설치한다면 자연스럽게 수위를 조절하고, 선박들이 영산호에 출입할 수 있으며 생태계의 문도 열어 놓을 수 있어 여러 가지 목적을 다 달성할 수 있을 것이다.

그러나 이러한 수문들은 지역의 수문특성을 충분히 파악하고 적용하여야만 한다. 특히 수량이 부족하고, 계절적이 변화가 심한 우리의 경우에는 상시개방보다는 필요시에 개방하거나 적절한 조건을 따져서 제어할 수 있는 수문을 계획해야만 하며, 상시 개방되어야 할 구간에 대한 수치모델이 필요하다.

우리나라의 특성 또는 담수량 확보를 위해서는 <그림 10>의 개념을 완전히 반대로 하여 만조시에 해수가 차단이 되도록 할 수 있을 것이며, 간조시에는 담수에 의한 수압이 일정범위 이내일 경우에는 수문이 열리지 않도록 설계를 하거나 수문의 하부에서만 해수의 유통이 가능하도록 할 수 있을 것이다. 이러한 모든 해수유통의 방안 설계를 위해서는 보다 정확한 수리모델과 생태모델이 필요할 것이다.

우리나라의 특성상 여름철 집중호우와 관련된 홍수피해를 막아야만 한다. 위 그림에서 제시된 형태의 수문만으로는 시간을 다투어 물을 배출해야만 할 필요가 있을 때에는 대처를 할 수가 없다. 그러므로 조건이 맞을 때에는 <그림 10>처럼 작동하여 에너지를 절약하고, 비상시에는 동력으로 제어할 수 있는 전자제어 자유수문으로 대체되어야만 한다. 또한 수중보 상하류에서 획득된 염수와 담수의 분포상태정보와 조차 및 조류정보 등을 분석하여 자동으로 전자제어될 수 있는 <그림 11>과 같은 시스템을 구성할 필요가 있다

그러나 이 시스템의 구성은 조석에 따르는 유입해수량, 기수유역 범위, 유지해야 할 담수량 등에 대한 수치모델에 의해 결정되어야 할 것으로 판단된다. 영산호의 경우에는 8개 중의 1-2개만 해수유통을 할 수 있는 수문으로 개조한다면 수질개선과 담수량 확보의 목적을 달성할 수 있을 것으로 판단된다. 또한 조석의 특성상 잔트크리크댐의 터널처럼 해수유통은 수문의 하부를 통하여 유입되도록 해야 할 것이며 이렇게 할 경우에 보다 안정적으로 해수 윤택지를 관리할 수 있을 것으로 판단된다.



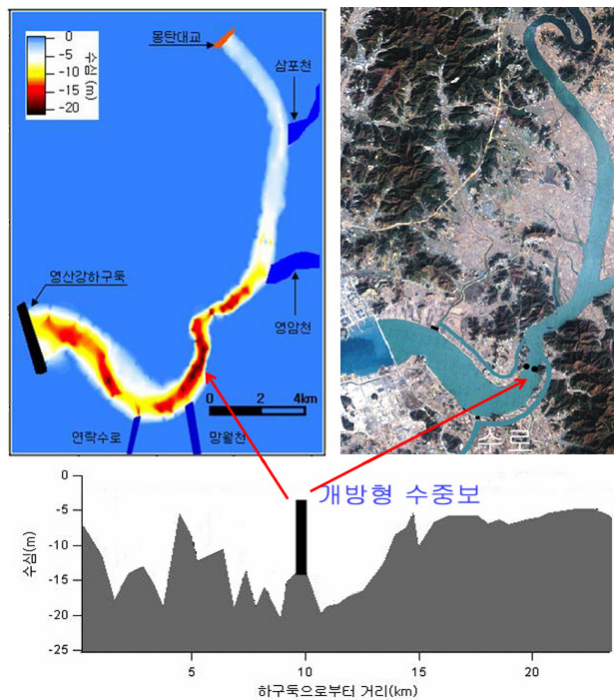
<그림 11> 자연생태 보존형 전자제어 수문-수중보 연계시스템



## 2) 배출량의 조절 및 해수 뱃지의 상류차단을 위한 담수 확보

하굿둑과 방조제의 수문을 개방할 경우에 문제가 되는 해수 뱃지(salt wedge)의 상류진입이나 기수역의 확산을 차단하기 위해서는 <그림 12>와 같이 상류 어느 지점에 수중보를 건설할 필요가 있다.

이 수중보는 상류 쪽에 퇴적물의 축적을 야기할 수 있으므로 가능하면 슬라이드식 개방형 수문을 몇 군데 설치하는 것이 좋다. 개방형 수문과 수중보를 전자제어 조절하여 담수 배출량을 조절할 수 있을 것이며, 수중보와 하굿둑과의 사이 구간에서 필요로 하는 담수는 수중보 상류에서 공급하도록 조치를 하면 될 것이다. 실제로도 현재도 영산강의 하굿둑이 있는 주변의 수질은 좋지 못하여 농업용수로도 적합하지 않으므로 상류의 물을 쓰고 있는 실정이다.



<그림 12> 개방형 수중보 설치

<표 5>는 영산호에 수중보를 통해 기수역과 담수역으로 구분관리하고 영암호를 담수호로 유지할 경우에 보유할 수 있는 담수량을 잠정적으로 예측한 것이다.

현재 영산호가 가지고 있는 담수량 2억 5천 8백만톤보다 많은 3억 4천 4백만톤이며, 예비담수로 활용할 수 있는 금호호의 수량을 합하면 4억 7천 7백만톤을 확보할 수 있다. 보다 많은 담수량 확보와 건설경비를 확보하고자 할 경우에 영암호와 금호호가 보유하고 있는 내부 골재를 채취할 필요가 있다. 영암호와 금호호의 하부 일부 구간에는 상당한 량의 양질의 골재가 있는 것으로 파악되고 있으며, 과거 골재를 채취한 지역이 있다.

<표 5> 영산호 관리방안을 가정하여 예측한 담수량

구분	기수량	담수보유량		예비 담수량
	영산호(기수역)	영산호(담수역)	영암호(담수)	금호호(기수)
예측 저수량	1억 5천 8백만톤	1억톤	2억 4천 4백만톤	1억 3천 3백만톤
계	1억 5천 8백만톤	3억 4천 4백만톤		1억 3천 3백만톤
	4억 7천 7백만톤 (예비량 포함)			

### 3) 퇴적층의 오염은 생태계의 기능에 말김

오염된 퇴적층을 제거하기 위하여 준설에 의해 현재 쌓여있는 영산호의 세립질 퇴적물을 제거하는 것은 엄청난 예산이 소요되며, 또한 다른 환경오염과 연안환경에 영향을 줄 가능성이 높으며 어마어마한 준설토의 매립지를 찾는 것이 매우 어렵고, 한번 시작하면 매년 지속적으로 준설을 해야 하는 어려움이 있다.

하굿둑과 방조제의 수문을 개방할 경우에는 이러한 오염된 퇴적층의 정화를 생태계의 기능으로 맡길 수 있다. 특히 저서생물에 의한 정화작용은 비교적 느리지만 매우 경제적이고 영구적인 방법이 될 수 있다. 전체 오염된 퇴적물을 전부 정화하기 위해서는 10~20년 정도의 기간이 필요하지만 현재 가장 문제가 되는 여름철 용출현상에 의해 야기되는 문제는 개방과 동시에 해결이 될 가능성이 높으므로 영산호에 시간을 주는데 어려움이 없을 것이며 향후 발생할 영암호와 금호호의 퇴적물 오염문제도 경제적으로 해결할 수 있다.

## V. 결론 : 금강 하굿둑에의 적용 방안

### 1. 금강호의 현황 및 문제점

#### 1) 금강하굿둑 및 금강호 현황

1990년에 홍수예방과 용수공급을 목적으로 1,010억 원을 투입하여 건설된 금강하굿둑으로 조성된 금강호는 주변지역에 공업용수와 농업용수를 공급하는 기능을 하고 있으며, 제방 1,841m에 총 저수량 1억3천8백만 $m^3$ 를 보유하고 있다.

주요시설로는 방조제 1,127m, 배수갑문 714m(20련\*30, 높이10.3m)가 있으며, 어도문1(9\*5.3), 통선문2(10\*10.2)이 설치되어 있다.

주요 기능으로는 농업용수 2.4억 $m^3$ (6만ha)과 생활용수·공업용수 1.2 $m^3$ (군장, 전주, 익산)를 공급하고 있으며, 2011년부터는 전주·익산공단에도 공급예정이다. 주요시설로는 공업용수 취수장이 하굿둑 2km 지점(2천2백만 $m^3$ )에 농업용수 양수장이 서포 4.2km(2만ha), 나포 12.8km(1만8천ha), 화양 4.3km(6천ha)에 위치하고 있다.

#### 2) 문제점

첫째, 하굿둑의 건설로 인한 금강호의 수질악화가 가중되고 있다.

물의 흐름 단절로 인한 수질악화 가속, 화학적 산소요구량(COD)은 증가하는 상황이며, TN, TP도 지속적으로 증가하고 있으며, 토사 퇴적에 의한 수질악화가 큰 문제점으로 대두되고 있다.

현재는 3~4급수의 수질을 유지하고 있으나, 수질악화가 가속화 되고 있어 향후 10~15년 후에는 갈수기 농업용수 공급에 문제 발생 예상할 것으로 예상된다.

<표 6> 4대강 주요지점별 수질

구분	주요지점	COD (mg/l)	BOD (mg/l)	비고
한강	충주	2.2	0.7	
	팔당	3.6	1.2	
	가양	5.2	3.0	
낙동강	안동	3.1	0.7	
	구미	3.8	1.6	
	고령	6.0	2.8	
	구포	6.1	2.6	
금강	옥천	4.2	0.9	
	대청	3.1	1.0	
	청원	5.7	2.4	
	공주	6.6	2.6	
	부여	6.6	2.9	
	금강하굿둑	8.8	3.9	
영산· 섬진강	광주	5.1	3.7	
	나주	5.6	5.0	
	무안	5.1	1.8	
	보성강	2.2	1.4	
	주암호	2.7	0.8	

주 : 금강하구둑은 금강환경유역청 홈페이지 자료임(<http://gg.me.go.kr>)

자료 : 환경부, 2008 환경통계연감

둘째, 하구환경의 파괴로 인한 연안어장이 황폐화되고 있다.

하구 내·외측 모두 토사퇴적에 의한 생태계 파괴 심각하다. 농어촌공사의 자체 분석에 의하면 내측은 연간 80만 톤의 토사가 지속적으로 퇴적되고 있으며, 표층수의 수질은 개선되어도 퇴적물에 의해 지속적 수질악화일로에 있다.

기수역의 파괴로 생태계 순환의 고리 차단 및 이로 인한 하구역 수산업의 붕괴되고 있다. 실뱀장어, 참게 등 회귀성 어종 감소 등 생물다양성 파괴되고 있으며, 이러한 증거는 전국 수산물 증가추이는 연간 13.75%가 증가하고 있는 반면, 1992~2002년까지 금강하구의 경우에는 -4.08%로 감소하고 있다.

셋째, 하구 내·외측 토사퇴적으로 인한 홍수예방 및 항구 기능 쇠퇴하고 있다. 군산해양항만청에 따르면, 하굿둑에서 군산내항까지 연간 8.4cm, 군산내항에서 장항항까지 연간 13cm 토사가 퇴적되고 있으며, 2007년부터 5년간 950억 원의 사업비를 투자하여 준설 중에 있다.

장항항은 무역항으로서는 1만톤급 2선석의 접안시설을 갖추고 있으나, 토사퇴적으로 5천톤급 정도의 선박만이 접안 가능하며, 어항의 경우 토사퇴적으로 기능을 상실하여 이전이 불가피한 실정이다. 내측에 토사퇴적이 지속될 경우 수위 상승으로 인하여 홍수조절기능 약화 및 이로 인해 준설할 경우 또 다른 환경오염 피해가 발생하고 있다.

## 2. 적용방안

영산강의 사례에서 살펴보았듯이 금강 하구에 적용하기에 적합할 것인지는 보다 많은 전문가들에 의해 많은 자료와 사례를 검토하여야만 할 것이다. 금강의 경우는 공업용수와 농업용수로 사용되고 있으므로 관리기준도 농업용수만으로 관리되는 영산호와 상이하다는 점에서 다소 다른 방안이 모색되어야 할 것으로 판단된다.

또한 금강 하구에서의 조차는 영산강 하구에 비해 높으므로 적용방법도 약간 상이할 것이다. 그러나 위에서 검토한 방안에 지역의 특성을 살려서 약간의 변형만 준다면 금강 하구에도 적용이 가능할 것으로 판단된다.

## 1) 금강의 하구역 복원을 위한 기초조사의 조속한 실시

금강 하굿둑이 갖고 있는 홍수예방 및 담수이용의 정의 효과와 더불어 문제점을 개선하기 위해서는 우선 금강 하구역에 대한 정확한 실태조사가 선행되어야 한다. 금강의 하구역은 이용·개발의 특성으로 볼 때 개선과 복원의 갈림길에 있기 때문에 정확한 실태조사가 더욱 필요하리라 판단된다.(이창희 외, 2004)

또한, 하구역의 범위를 설정하는데 있어서도 금강은 육역이 1,55.2km<sup>2</sup>, 수역이 110.4km<sup>2</sup>로 육역은 금강하굿둑부터 부여군 규암면까지이며, 수역은 서천군 마서면 송석리-군산시 개야도-군산시 소룡동으로 그 범위가 광활하므로, 이를 감안한 전면적인 기초조사가 필요할 것으로 판단된다.

## 2) 홍수예방 및 담수이용의 지속성 확보를 위한 방안 마련

금강하굿둑의 기수역 확보시 홍수예방 및 담수이용(연간 3.6억m<sup>3</sup>)의 확보 문제는 최우선 선결과제라고 할 수 있다. 이러한 점에서 기수화가 진행이 되는 구역의 경우에는 별도의 수로를 통해 담수를 흘려보내는 방법을 생각해 볼 수 있다.

금강 유역에 대한 정밀한 지형특성을 파악하여야 결론을 내릴 수 있지만 지형특성을 이용하여 수중보 등의 해수 웅지를 차단하기 위한 시설을 건설하지 않고 갑문의 적절한 조절만으로 해수유통을 하여도 적절한 기수역과 수질을 유지할 수 있으며, 대부분의 자연환경을 복원할 수 있을 것으로 예측이 된다.

기수역 복원에 있어서 가장 큰 문제는 지하해수의 차단을 어떻게 할 것인가이며 이 점에 있어서는 보다 많은 전문가와 방안을 마련하기 위한 자리가 필요할 것이나 선진국과 영산강의 예에서 볼 수 있듯이 어느 경우에도 방법은 이미 개발되어 있다고 할 수 있다.

### 3) 통선문의 설치로 관광항구도시 건설 촉발

하구둑 상류의 기수역은 해수유통과 함께 적절한 통선문을 설치하면 수백톤에 달하는 선박이 왕래할 수 있으므로 가장 안전한 하구도시(관광항구도시)도 건설할 수 있게 된다. 이러한 통선문의 설치는 장항의 지역경제 활성화는 물론 부여, 논산의 내륙부의 경제 활성화에도 미치는 영향이 클 것으로 판단된다. 이러한 통선문의 설치는 자연복원이 전제되어야 서천갯벌의 활용도도 높일 수 있을 것이다. 금강도 향후 10년 안에 영산강과 같은 수질문제가 도래할 것이므로 사전에 논의하고, 준비를 하여 미리 대비를 하여야 한다. 결코 반복된 문제를 또 경험하는 어리석음을 겪어서는 안 될 것이다.

### 4) 해수 부분 유통을 위한 전략적·실질적인 사업 추진

국내에서도 해수유통과 관련하여 사례가 없는 것은 아니다. 시화호의 경우 1999년 시화호의 수질개선을 위해 해수를 상시 유통하도록 결정이 된 이후 1998년 이후 연평균 5,440백만 톤이 유입되고 있으며, COD의 농도도 97년에 17.4mg/ℓ에서 2006년에는 2.6mg/ℓ로 급격하게 개선되고 있고, 저층의 용존산소 증가 및 엽록소 a의 농도도 저감되고 있다. 시화호 1/3에 해당하는 해역의 수질이 거의 회복되었으며, 최근에는 시화호의 활용성도 높이기 위해 조력발전소를 건설하고 있다. 방조제 개설 후 8,000억 원의 예산을 투입하였지만 수질 개선에 전혀 진척이 없자 해수를 유통시킨 후에 급격한 수질개선은 물론 미생물 생태계의 변화를 보고 있다. 이렇게 중앙정부의 시각이 전환되고 있다는 점은 금강 하구둑에 대한 개방문제가 그렇게 어둡지만은 않다는 것을 반증하는 것이다.



사업의 추진에 있어서 금강보다 여건이 열악한 영산강의 경우, 금강보다 앞서서 대안을 마련하였지만, 그 사업 추진에 있어서는 영산강 살리기의 단계별 사업 중 3단계인 2013~2015년에 사업 추진을 예정하고 있는 점은 중앙정부의 수자원정책 뿐만 아니라 토목, 환경, 생태, 용수 등 전 분야에 걸친 실질적인 사업검토가 이루어져야 함을 반증한다고 할 수 있다.

따라서 금강의 부분 해수유통을 위해서 지자체에서는 정의 효과를 확대하고 부의 문제점을 극복할 수 있는 전략적이고도 치밀한 계획에 입각한 사업추진이 이루어질 때, 그 효과를 배가할 수 있을 것이다.

전 승 수, sschun@chonnam.ac.kr

전남대학교 지구환경과학부 교수

Tel. 062-530-3456

안 상 옥, hansw@cdi.re.kr

충남발전연구원 공간계획연구부 연구위원

Tel. 041-840-1163

◆ 참 고 자 료 ◆

1. 이창희 외 12, 2004, “지속가능한 하구역 관리방안”, 한국환경정책평가연구원.
2. 이창희 외 18, 2005, “지속가능한 하구역 관리방안Ⅱ”, 한국환경정책평가연구원.
3. 전승수, 2009, “하구역의 미래를 위한 바람직한 방향”, 바람직한 금강 살리기를 위한 전문가 토론회, 서천군.
4. Costanza, R. et al., 1997, The value of the world's ecosystem services and natural capital, Nature, 387:253-260.
5. 한국수자원공사, 2006, 수자원장기종합계획.
6. 환경부, 2008, 환경통계연감.
7. 환경부 홈페이지, <http://www.me.go.kr>
8. 금강환경유역청 홈페이지, <http://gg.me.go.kr>
9. 한국수자원학회, <http://www.kwra.or.kr>