

갑천레저스포츠 계류시설 관련 수질개선 효과

이 재 근

연구진

연구책임

- 이재근 / 도시기반연구실 연구위원

1. 연구의 목적

- 수상레포츠 체험마당이 직접적 환경오염에 대한 대응을 하기는 어려울 것으로 판단됨. 이는 지금까지 인간의 활동은 오염을 발생시킨다는 하나의 공식처럼 인식되어 왔음. 이에, 수상레포츠를 갑천호수공원에 접목시킨다 하더라도 오염배출의 장소를 변환시키거나 최소화하는 방안이 필요
- 더불어, 수상레포츠 체험과 더불어 환경오염 및 수질개선에 대한 홍보를 진행할 필요가 있음
- 추가로, Expo 호수공원은 현장의 관리만으로 수질악화나 개선을 유도할 수는 없는 상황임. 이에 갑천 상류 및 지천 등에서의 오염배출을 관리하는 수질개선 프로그램을 진행할 필요가 있음.



<그림 1> 갑천호수공원 전경

2. 갑천 호수공원에서의 수상레포츠 운영계획

2-1. 갑천 라바보

가. 연혁

- 기존 라바보 : 1993년 설치
- 개량 라바보 (2009년 7월 완공)
 - : 위치는 유등천 합류 이전에서 이후로 700 m 하류 이전
 - : 담수량 100만 m^3 (2.3배 증가)
 - : 담수면적 79만 m^2 (3.8배 증가)
 - : 수심 0.5 m → 2.1~3.5 m (하천여건에 따라 수위조절 가능)

나. 규격

: 길이 165 m, 높이 2.3 m

다. 생태계 및 환경개선 시설

- : 어도를 설치하여 생태계의 연결
- : 배사문 14개 설치로 퇴적토사 및 오니 배출
- : 폭기조 6개 설치로 산소 공급

2-2. 갑천호수공원 현황

가. 규모

- 폭 160 m, 연장 1690 m, 수심 2.3 m (A~B 1200m, B~C 490 m)
- B 지점에서 북쪽으로 약 15° 꺾여 있는 상황이다.

나. 클럽하우스 및 정고

- 위치 : 서구 만년동 397번지 (갑천 호수공원 둔산대교 일원)



A지점 : 대덕대교, B지점 : 둔산대교, C지점 : 이동식 가변보

<그림 2> Expo 호수공원 이용구간



<그림 3> 클럽하우스 및 정고 건설 현황

다. 담수원리

- C 지점의 이동식 가변보를 이용한 A~C구간을 담수하여 활용할 수 있다.



A 지점에서 바라본 엑스포 호수공원 B 지점에서 바라본 엑스포 호수공원

<그림 3> Expo 호수공원 현황

2-3. 주요지점 수질

가. B 지점, 갑천 둔산대교 (유등천 합류전)

- 둔산대교는 유등천 합류전인 갑천의 중류에 위치하고 있다.
- 엑스포 호수공원 중간지점의 수질로 라바보 이전에 따른 수질변화를 살펴볼 수 있다.



과거 둔산대교 인근 라바보 (~2008년)

현재 C 지점의 보 (2009~)

<그림 4> 엑스포 호수공원(둔산대교) 지점 현황

- 둔산대교의 수질은 과거 년도에 비하여 지속적으로 개선되는 추세이다. 이는 하수관거정비사업, 오수처리시설의 고도처리 및 비점오염저감사업 등의 결과라 할 수 있다.
- 그러나 본격적인 장마철이 도래하기 전인 5, 6월에는 보에 담수되어 수질이 악화되는 경향을 보이고 있다.

<표 1> 둔산대교 지점의 월별 BOD 수질변화 (mg/L)^{1),2),3)}

| 년도 \ 시기 | 1월 | 2월 | 3월 | 4월 | 5월 | 6월 | 7월 | 8월 | 9월 | 10월 | 11월 | 12월 | 비고 |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|
| 2008 | | | | | | | | 2.4 | 3.0 | 3.1 | 2.2 | 1.5 | |
| 2009 | 1.7 | 1.9 | 1.8 | 2.8 | | | 1.8 | 1.3 | 2.6 | 2.5 | 2.4 | 2.7 | |
| 2010 | 2.0 | 2.2 | 1.5 | 2.5 | 3.7 | 3.5 | 1.8 | 1.8 | 1.5 | 2.0 | 1.3 | 1.8 | |

둔산대교 지점 월별 수질변화



<그림 5> 엑스포 호수공원(둔산대교) 지점의 BOD 수질 변화

나. ㉠ 지점, 갑천 대덕대교 (유등천 합류전)

- 대덕대교는 탄동천 합류직후인 갑천의 중류에 위치하고 있으며, 엑스포 호수공원의 시작 지점이라고 할 수 있다.



엑스포 호수공원 시작 : A지점 A 지점에서 바라본 엑스포 호수공원

<그림 6> 엑스포 호수공원(대덕대교) 지점 현황

- 대덕대교 지점은 대전광역시 보건환경연구소에서 매월 1회씩 정기적인 수질측정 모니터링을 실시하고 있다. 수질측정에서는 수온, pH, DO, BOD, COD, SS, 총대장균군수, T-N, T-P 및 중금속 등을 측정하고 있으며 본 연구에서는 수상스포츠와 일접한 DO, BOD, T-P 및 총대장균군수에 대하여 다음의 표 및 그림에 나타내었다.⁴⁾

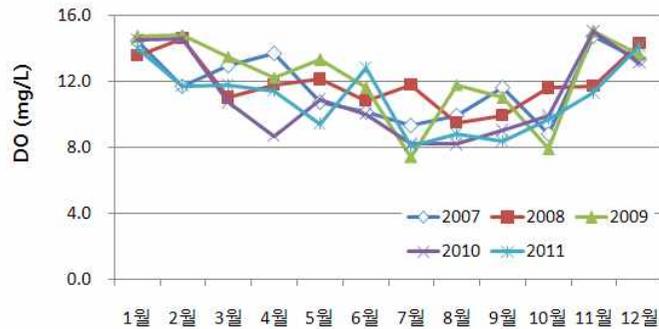
1) 대전광역시 수질오염총량관리 2008년 이행평가(대전광역시, 2009)
 2) 대전광역시 수질오염총량관리 2009년 이행평가(대전광역시, 2010)
 3) 대전광역시 수질오염총량관리 2010년 이행평가(대전광역시, 2011)

4) 대전광역시 보건환경연구원 홈페이지 자료실 (<http://www.daejeon.go.kr/organ/health/index.html>)

<표 2> 대덕대교 지점의 월별 DO 수질 변화 (mg/L)

| 시기 | 1월 | 2월 | 3월 | 4월 | 5월 | 6월 | 7월 | 8월 | 9월 | 10월 | 11월 | 12월 | 평균 |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 2007 | 14.4 | 11.7 | 12.9 | 13.7 | 10.7 | 10.1 | 9.3 | 9.9 | 11.7 | 8.8 | 14.7 | 13.3 | 11.8 |
| 2008 | 13.6 | 14.6 | 11.0 | 11.8 | 12.1 | 10.8 | 11.8 | 9.5 | 9.9 | 11.6 | 11.7 | 14.3 | 11.9 |
| 2009 | 14.7 | 14.8 | 13.5 | 12.2 | 13.3 | 11.6 | 7.4 | 11.8 | 11.0 | 7.9 | 15.0 | 13.6 | 12.2 |
| 2010 | 14.5 | 14.6 | 10.7 | 8.7 | 10.9 | 10.0 | 8.2 | 8.2 | 9.0 | 9.9 | 15.0 | 13.1 | 11.1 |
| 2011 | 14.0 | 11.7 | 11.8 | 11.4 | 9.4 | 12.8 | 8.1 | 8.8 | 8.4 | 9.7 | 11.3 | 14.1 | 11.0 |

대덕대교 지점 월별 수질변화 (DO)



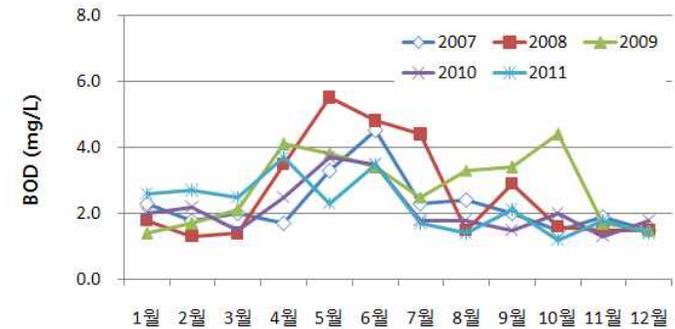
<그림 6> 엑스포 호수공원(대덕대교) 지점의 DO 수질 변화

- DO는 하천의 생태학적인 생활환경을 위하여 매우 중요하게 고려되는 인자이다. 어류를 비롯한 수생태계가 존재하기 위해서는 유기오염물질인 BOD의 농도보다는, 이에 의해 낮아지는 DO의 농도에 더 영향을 받게 된다. 일반적으로 물고기가 살 수 있는 DO 농도는 4 mg/L로 알려져 있다.
- 대덕대교 지점의 DO는 겨울철에 높고 여름철에 높은 전형적인 패턴을 보이고 있다. 더불어, 연중 7 mg/L 이상을 유지하여 생태적으로는 매우 양호한 조건임을 알 수 있다. 또한 이 정도로 높은 DO 농도는 스크류 등을 이용한 포기 작용이 DO 상승에 주는 영향이 거의 없을 것으로 판단된다.

<표 3> 대덕대교 지점의 월별 BOD 수질 변화 (mg/L)

| 시기 | 1월 | 2월 | 3월 | 4월 | 5월 | 6월 | 7월 | 8월 | 9월 | 10월 | 11월 | 12월 | 평균 |
|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 2007 | 2.3 | 1.8 | 2.0 | 1.7 | 3.3 | 4.5 | 2.3 | 2.4 | 2.0 | 1.5 | 1.9 | 1.5 | 2.3 |
| 2008 | 1.8 | 1.3 | 1.4 | 3.5 | 5.5 | 4.8 | 4.4 | 1.5 | 2.9 | 1.6 | 1.5 | 1.5 | 2.6 |
| 2009 | 1.4 | 1.7 | 2.1 | 4.1 | 3.8 | 3.4 | 2.5 | 3.3 | 3.4 | 4.4 | 1.7 | 1.5 | 2.8 |
| 2010 | 2.0 | 2.2 | 1.5 | 2.5 | 3.7 | 3.5 | 1.8 | 1.8 | 1.5 | 2.0 | 1.3 | 1.8 | 2.1 |
| 2011 | 2.6 | 2.7 | 2.5 | 3.7 | 2.3 | 3.5 | 1.7 | 1.4 | 2.1 | 1.2 | 1.8 | 1.4 | 2.2 |

대덕대교 지점 월별 수질변화 (BOD)



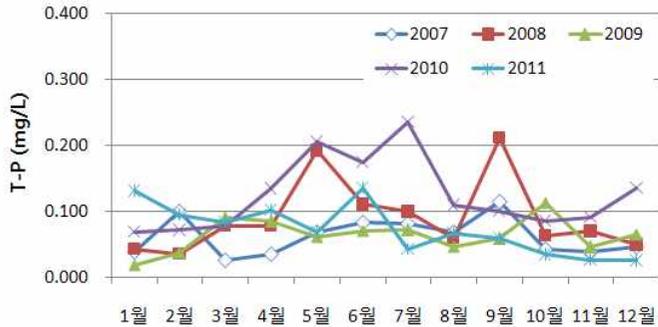
<그림 7> 엑스포 호수공원(대덕대교) 지점의 BOD 수질 변화

- BOD는 현재까지 우리나라 수질을 대표하는 지표로 다루어져 왔다. BOD는 일정기간 동안의 물속 DO 농도 차이로 산정되는데, 유기오염물질 농도가 높을수록 DO가 많이 소모되는 특성을 가진다.
- 대덕대교 지점의 BOD는 앞에서 기술되었던 DO 농도와는 반대의 성향을 가져, 겨울에 낮고 여름에 높은 경향을 나타내고 있다. 일부 여름철에 나타나는 4~6 mg/L의 BOD 농도는 문제가 될 수 있으므로, 수상스포츠의 활용을 위하여는 갑천 상류의 오염원 관리에 의한 수질개선이 있어야 한다.

<표 4> 대덕대교 지점의 월별 T-P 수질 변화 (mg/L)

| 시기 | 1월 | 2월 | 3월 | 4월 | 5월 | 6월 | 7월 | 8월 | 9월 | 10월 | 11월 | 12월 | 평균 |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 2007 | 0.039 | 0.101 | 0.027 | 0.035 | 0.069 | 0.084 | 0.082 | 0.069 | 0.116 | 0.043 | 0.039 | 0.046 | 0.063 |
| 2008 | 0.043 | 0.037 | 0.078 | 0.079 | 0.192 | 0.111 | 0.100 | 0.060 | 0.212 | 0.064 | 0.070 | 0.050 | 0.091 |
| 2009 | 0.020 | 0.038 | 0.092 | 0.085 | 0.062 | 0.071 | 0.072 | 0.047 | 0.059 | 0.114 | 0.046 | 0.065 | 0.064 |
| 2010 | 0.069 | 0.072 | 0.078 | 0.135 | 0.205 | 0.175 | 0.235 | 0.109 | 0.101 | 0.086 | 0.091 | 0.136 | 0.124 |
| 2011 | 0.131 | 0.095 | 0.084 | 0.103 | 0.069 | 0.136 | 0.044 | 0.067 | 0.059 | 0.035 | 0.027 | 0.026 | 0.073 |

대덕대교 지점 월별 수질변화 (T-P)



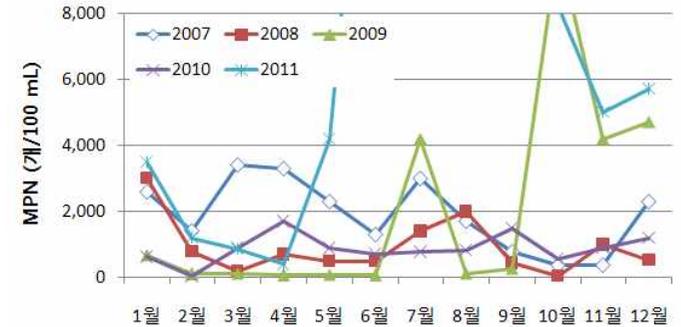
<그림 8> 엑스포 호수공원(대덕대교) 지점의 T-P 수질 변화

- T-P는 일반 하천보다는 저수지 혹은 보로 인하여 체류시간이 길어질 때 부영양화 등의 현상이 일어날 수 있는 주요 인자로 작용하게 된다. 이러한 이유로 체류시간이 긴 수환경에서는 T-P의 관리의 중요성이 커지게 되었다.
- 대덕대교 지점의 T-P는 대부분 0.1 mg/L 이하를 유지했지만 주로 부영양화가 발생하는 4~7월에 0.2 mg/L까지 상승하는 경우가 있었다. 이러한 때일수록 부영양화의 정도가 심해져 물이 탁해지거나 악취가 발생하기도 한다. 이에, 수상스포츠에 있어서 심미적인 기준이 될 수 있는 탁도 및 이취미는 활동에 큰 지장이 될 수 있으므로 갑천수계에의 T-P 배출억제가 지속적으로 요구된다.

<표 5> 대덕대교 지점의 월별 총대장균수 변화 (총대장균수/100 mL)

| 시기 | 1월 | 2월 | 3월 | 4월 | 5월 | 6월 | 7월 | 8월 | 9월 | 10월 | 11월 | 12월 | 평균 |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|---------|--------|--------|-------|-------|-------|
| 2007 | 2,600 | 1,400 | 3,400 | 3,300 | 2,300 | 1,300 | 3,000 | 1,700 | 800 | 400 | 400 | 2,300 | 1908 |
| 2008 | 3,000 | 800 | 210 | 700 | 500 | 500 | 1,400 | 2,000 | 450 | 50 | 1,000 | 530 | 928 |
| 2009 | 680 | 110 | 120 | 80 | 87 | 80 | 4,200 | 140 | 290 | 10,000 | 4,200 | 4,700 | 2057 |
| 2010 | 630 | 40 | 900 | 1,700 | 890 | 700 | 780 | 830 | 1,500 | 580 | 910 | 1,200 | 888 |
| 2011 | 3,500 | 1,200 | 880 | 410 | 4,200 | 19,000 | 50,000 | 160,000 | 60,000 | 8,200 | 5,000 | 5,700 | 26506 |

대덕대교 지점 월별 수질변화 (MPN)



<그림 9> 엑스포 호수공원(대덕대교) 지점의 총대장균수 변화

- 총대장균수는 BOD 및 T-P와는 달리 사람들이 접촉해도 위생적으로 안전한지를 대표하는 지표이다. 이러한 이유로 사람들의 직접적인 접촉이 있는 수계에서의 총대장균수의 지표로서의 중요성이 있다.
- 대덕대교 지점의 총대장균수는 다른 수질지표에 비하여 매우 큰 균수의 분포를 보이고 있다. 대부분 4,000 개/100 mL 이하의 수치를 보였지만 미생물의 활동이 활발해지는 여름철에는 160,000 개/100 mL까지 검출되기도 하였다. 이러한 수치의 상승은 분뇨 등과 같은 비점오염원의 유입이 큰 작용을 하므로 비점오염원의 관리 및 일부구간의 소독이 필요할 것으로 판단된다.

2.4. 운영계획

가. 운영시기 : 2012년 4월말 개장

나. 주요사업

- 지역 카누·조정 엘리트선수 훈련장 제공 - 현재 방동저수지 활용 (평일)
- 4월부터 레저카누, 용선 등 수상레저스포츠 시민체험 프로그램 운영 (주중 및 주말)
- 교육청과 연계 토요일 스포츠데이 프로그램 운영 (주말)
- 관내 대학교 수상스포츠 수업 진행 / 윈드서핑 및 래프팅 보트
- 각종 전국규모 엘리트 카누 및 용선대회 개최 등

2.5. 장비 보유 현황

<표 6> 대전시 수상레포츠 관련 장비보유 현황

| 종 류 | 규 격 | 보유현황 | 비 고 |
|-------|------------------------------------|------|--------|
| 카 약 | 길이 300 cm, 무게 20 kg, 허용중량 150 kg | 3대 | 1인승 |
| 카 약 | 길이 390 cm, 무게 26 kg, 허용중량 280 kg | 5대 | 2~3인승 |
| 카 약 | 길이 440 cm, 무게 33.5 kg, 허용중량 300 kg | 5대 | 3~5인승 |
| 용 선 | 길이 910 cm, 폭 110 cm, 깊이 50 cm | 5대 | 정원 12인 |
| 페달보트 | 길이 340 cm, 폭 160 cm, 깊이 55 cm | 5대 | 정원 4인 |
| 래프팅보트 | 길이 430 cm, 폭 206 cm | 2대 | 정원 13인 |
| 모터보트 | - | 1대 | |

2.6. 수상스포츠 종류별 시설요건

일반적인 수상스포츠는 아래의 표와 같이 수상스키, 조정, 카누, 용선, 래프팅, 모터보트, 인력선, 윈드서핑 등이 있다. 또한, 이러한 수상스포츠는 해당 구역의 수량 및 수질에 따라 활용 가능한 형태를 분류할 수 있다.

갑천 호수공원의 경우 갑천 라바보를 활용하여 담수를 함으로써 폭 160 m, 연장 1690 m, 수심 2.3 m의 환경을 만들 수 있다.

<표 7> 수상스포츠 종류별 적정 시설요건

| 종 류 | 시설요건 | 비 고 |
|------|---|------------|
| 수상스키 | 길이 1000 m 이상, 폭 150~200 m 이상, 수심 2 m 이상 : 4.2 m 이상의 연습용 45마력, 경기용 75~180마력의 강 력 모터가 필요 | |
| 조 정 | 길이 2150 m 이상, 폭 108 m 이상, 수심 2 m 이상 : 대회길이 2000 m와 여유공간이 필요 | |
| 카 누 | 길이 1500 m 이상, 폭 140 m 이상, 수심 2 m 이상 : 카누 스프린트 - 200, 500, 1000 m : 카누폴로 - 3:2 직사각형에 길이 25~50m | |
| 용 선 | 배규격(길이 11 m, 폭 1 m) : 대회길이 500~1000 m로 상황에 따라 조정 | |
| 래프팅 | 길이 8~10 km, 폭 5 m 이상, 수심 2 m 이상 : 대회가 아닌 레포츠로 공식규격 없음 | 일부 급류코스 필요 |
| 모터보트 | 길이 1000 m 이상, 폭 150 m 이상, 수심 4 m 이상 : 대회가 아닌 레포츠로 공식규격 없음 | |
| 인력선 | 길이 1000 m 이상, 폭 100 m 이상, 수심 1 m 이상 : 대회가 아닌 레포츠로 공식규격 없음 | |
| 윈드서핑 | 길이 1000 m 이상, 폭 150 m 이상, 수심 4 m 이상 : 파도를 타는 서핑과 바람을 이용한 요트의 장점을 따 서 만든 수상스포츠. 강, 호수, 바다 등 물과 바람이 있는 곳에서 활용 가능 | |



카약



용선



인력선



래프팅



조정



윈드서핑

<그림 10> 수상스포츠 활용 사례

3. 수상레포츠 활용현황 및 문제점

동력선 및 무동력선 운영의 산소포화도 상승에 따른 수질개선 효과는 미미할 것으로 판단된다. 반면 레포츠 활동으로 인하여 발생할 수 있는 오염물질의 배출을 완전 억제하여야 할 필요가 있다. 또한 클럽하우스 및 편의시설 등은 하천법 및 수질보전 등을 고려하여 적정 위치를 선정하여야 한다.

3-1. 수상스키

가. 수상스키는

3-1. 조정

가.

3-2 카누

가. 최근 새롭게 각광받고 있는 신종 레저카약, 2~5인승으로 가족 및 연인들의 수상레저 활동으로 큰 인기종목, 잔잔한 호수 및 천변에서 물놀이에 적합하다.

나. 카약 활동만이 수질악화에 미치는 영향은 거의 없을 것으로 판단된다. 단, 봄철 건기시 바닥에 침전되어 있는 영양물질의 부상을 주의할 필요가 있다.

3-3. 용선

가. 최소 12명에서 최대 22명이 고수의 북소리에 맞추어 경주, 모임·직장 등 단체간 경주를 통한 화합 도모, 유럽·홍콩·중국 등에서 인기를 끌고 있다.(울산, 서울, 부여 등 매년 대회 개최)

나. 용선 운영 및 대회가 수질악화에 미치는 영향은 거의 없을 것으로 판단된다. 단, 봄철 건기시 바닥에 침전되어 있는 영양물질의 부상을 주의할 필요가 있다. 이에, 대회 개최시에는 하천환경을 잘 고려하여 시기를 결정할 필요가 있다.

3-4. 래프팅보트

가. 탑승인원 10명, 직장단위 단합효과 적합, 안전성 우수
나. 보로 막혀있는 갑천의 특성상 래프팅 활동은 어려울 것으로 보인다. 반면, 체험활동으로의 보트활용이 있을 수 있으나 수환경 보호를 위하여 입수 등의 활동은 자제할 필요가 있다.

3-5. 모터보트

가. 레저 및 수상스키의 활용으로 호수 및 큰 강에서 운영이 되고 있음. 모터보트를 계류 관리할 수 있는 적정 시설이 필요하다.
나. 호수공원에서 모터보트 운영에 적절한 수심확보가 어려운 상황이다. 모터사용에 따른 하천수의 교란은 바닥에 침전되어 있는 영양물질을 상승시켜 녹조현상을 야기시킬 우려가 있다.

3-6. 페달보트(인력선)

가. 2~4인승으로 가족 및 연인과 함께 즐길 수 있다. 지붕이 있어 자외선 차단으로 한여름 선호, 안전성으로 초보자에게도 인기가 있다.
나. 페달보트 활동만이 수질악화에 미치는 영향은 거의 없을 것으로 판단된다. 단, 봄철 건기시 바닥에 침전되어 있는 영양물질의 부상을 주의할 필요가 있다.

3-7. 윈드서핑

가.

4. 수질개선 방안

하천에서의 인간활동은 수질개선에 대부분 악영향을 주는 것이 현실일 수 뿐이 없다. 그러나, 3대하천과 같이 시민들과 가까이 접해있는 수자원을 사용하지 않고 보전만 한다는 것 또한 시민들의 즐길거리를 너무 제약한다는 문제점이 있다. 이에 현수질을 보전하는 상황에서 시민들의 즐길거리를 확보해 줄 수 있는 대전시 및 시민들 전체의 노력이 필요한 실정이다.

4-1. 갑천 호수공원에서의 목표수질 설정 (레포즈에 적절한 수질 검토)

가. 갑천 수질 현황

“2-3. 주요지점 수질”에 둔산대교 및 대덕대교에서의 DO, BOD, T-P 및 총대장균군수의 수질을 살펴보았다. 이에 의하면 수상스포츠가 이루어지는 봄, 여름, 가을철에 BOD, T-P 및 총대장균군수의 높은 수치가 검출되었다.

나. 수질항목 설정

사람들이 물과 접촉하기 위해서는 일반적인 하천수질 기준 이외에도 병원균에 의한 안전성을 고려하여야 한다.

- 하천수질 기준
- 수용할 수 있는 수질 기준
- T-P, 총대장균군수, 일반세균 등의 새로운 관리항목

다. 목표수질 제시

엑스포 호수공원에서 수상스포츠를 진행할 수 있도록 하천수질기준 외에 수영용수 기준과 같은 목표수질의 제시가 필요하다.

4.2. 갑천 호수공원에서의 오염배출행위 절대 금지

가. 오염배출 방지 필요성

수상레포츠 활동에 의하여 발생할 수 있는 모든 상황을 예측하여 오염원이 배출을 억제할 수 있는 방안을 제시해야 한다. 또한 어쩔 수 없이 배출될 수밖에 없는 오염배출은 그 배출장소를 하천에서 멀리 위치시키는 동시에, 하수처리장 등에 관로를 연결시켜 오염배출량을 최대한 억제하여야 한다.

나. 오염배출 방지 방법

- 클럽하우스 및 관리동에서 발생하는 오수의 하수관거 연결
- 관리동 및 접안시설을 비롯한 호수공원에서의 취사행위 절대금지 및 쓰레기 배출행위 억제

4.3. 대전시 해당부서의 비점오염원 배출 감소 노력

하수관로에서의 CSOs 및 토지의 비점오염원 배출 감소를 위한 방안을 제시할 필요가 있다.

가. 비점오염원 배출 감소방안

- 합류식관거의 배출 오염물질(CSOs)의 배출을 억제할 수 있는 저류조의 설치
- 빗물의 직접 하천유출을 억제할 수 있는 빗물관리시설의 설치운영방안
- 대지 등 오염이 많이 배출되는 지목의 토지오염 유출관리

나. 대전시 비점오염원 감축 추진현황

<표 8> 대전광역시 우수토실 삭감방안 (저류조 설치)5)

| 삭감시설명 | 기존/신규 | 시설 용량 (m³/일) | 삭감방법 | 배출유량 (m³/일) | 배출수질 | | 삭감 부하량 (kg/일) | 시설 설치/개선 주요 추진일정 |
|-------|---------|--------------|-------------------------|-------------|--------|--------|---------------|---|
| | | | | | 현재배출수질 | 계획배출수질 | | |
| 저류조 | 기존 및 신규 | - | 우수토실 설치로 인한 월류배제 배출량 감소 | | 합류식 | | 231.0 | - 2010년 : 설치완료 - 2013년 : 가동, 모니터링 실시 |
| | | | | | 분류식 | | 375.0 | |
| | | | | | 합 계 | | 606.0 | |

<표 9> 대전광역시 저류조 설치 자원 투자계획6)

| | 기존/신규 | 시설 용량 (m³/일) | 자원(백만원) | | | | | 연차별 투자계획(백만원) | | | | | | | |
|-------|-------|--------------|---------|-------|--------|-------|----|---------------|-------|-------|------|------|-------|------|---|
| | | | 계 | 국비 | 지방비 | 수계기금 | 민자 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | |
| 유 등 천 | 용문천 | 기존 | 2,000 | 600 | - | 600 | - | - | 600 | - | - | - | - | - | - |
| | 과래천 | 기존 | 2,200 | 600 | - | 600 | - | - | 600 | - | - | - | - | - | - |
| | 변동천 | 기존 | 450 | 300 | - | 300 | - | - | 300 | - | - | - | - | - | - |
| 대전천 | 기존 | 1,500 | 700 | - | 700 | - | - | - | 700 | - | - | - | - | - | |
| 저류조 | 신규 | 66,000 | 14,000 | 4,200 | 7,840 | 1,960 | - | - | 2,250 | | | | | | |
| 소계 | | 72,150 | 16,200 | 4,200 | 10,040 | 1,960 | - | 1,500 | 2,950 | 4,700 | | | 7,050 | | |

5) 대전광역시 수질오염총량관리 제2단계 기본계획(대전광역시, 2008)

6) 대전광역시 수질오염총량관리 제2단계 시행계획(대전광역시, 2010)

4.4. 대전 시민들이 주체가 된, 수질악화 방지를 위한 의식개선 홍보

갑천을 포함한 모든 곳에서 환경을 사랑하는 마음을 고취시킬 수 있는 홍보전략의 수립하여야 할 것이다.

4.5. 무동력선 운영에 따른 수질개선

가. 수질개선 원리

- 일반적으로 하천의 자정작용은 물속 미생물이 오염물질을 섭취하면서 오염물질을 저감하는 원리를 가지고 있다. 이때 미생물은 물속에 녹아있는 산소가 필요하며 용존산소가 충분하지 않을 경우 오염물질 제거에 제한이 생길 수 있다. 그러나 일정농도 이상의 용존산소를 확보한 하천의 경우에는 추가적인 용존산소의 증가가 수질개선에 미치는 효과는 미미하다.

나. 사례

- 4대강살리기 사업에서의 일부 홍보에서 선박운영에 따른 수질개선 효과를 제시한 적이 있었다.
- 현황 : 이후 학회 토론 등을 통해 수질개선 효과는 거의 없는 것으로 많은 토론이 있었다. 현재 무동력선 운영에 따른 수질개선을 홍보하는 사례는 없는 실정이다.

스크류가 회전하면서 발생하는 수류에 의해 산소가 공급될 것이라 말한 바 있다. 그런데 얼마나 많은 무동력선이 자주 지나다녀야 자연상태의 하천과 동일한 수준으로 만들 수 있을지는 잘 알려져있지 않다.

저층까지 물 회전을 활발하게 하면 하상에 쌓여있는 유기물 및 영양염류가 다시 재부상함으로써 물을 더 오염시키게 된다.

물을 깨끗하게 하는 방법은 침전을 시켜주는 것도 중요한 방법 중 하나이다. 또한 침전된 오염물질은 풍수기에 높은 유속과 함께 강 및 바다로 쓸려나가게 된다.

부록 1) 무동력선에 의한 수질개선 효과 관련 자료

오마이뉴스 (2008.4.19)



▲ '한반도대운하와 영향평가'를 주제로 한국환경영향평가학회가 18일 서울대에서 개최한 춘계 학술발표대회에서 운하 건설에 대한 찬성과 반대측 격론이 펼쳐지고 있다.

그야말로 대격전이였다. 18일 오후 1시, '한국환경영향평가학회' 춘계학술발표대회를 위해 서울대 문화관에 모인 10여명의 교수들은 '한반도 대운하'를 놓고 거침없는 입심 대결을 펼쳤다. 상대방을 겨냥한 직설적인 표현도 숨기지 않았다. 한편으로는 그 어떤 코미디 프로그램보다 흥미진진했다. 단 한 사람의 조는 사람도 없었던 매우 이례적인 '학술대회'였다. 학자들의 집값은 학술발표라기 보단 험한 정치인들의 토론회를 연상케 하는 분위기였다. 그만큼 대운하 문제는 뜨거운 쟁점이었던 것.

이날 학술발표에는 박석순 이화여대 교수(환경공학), 홍종호 한양대 교수(경제학) 등 10여명의 운하 찬성 측과 반대 측의 전문가들이 참석했다. 주제발표부터 토론회까지 장장 5시간여 동안 벌어진 숨 막혔던 사투의 현장을 지면에 담아왔다.

[라운드1] 선제공격으로 한방 날린 반대 측 주제발표... "그동안 쌓인 거 많다"

뜨거운 현장의 첫 신호탄을 쏜 사람은 '한반도 대운하, 과연 경제적으로 타당한가'라는 주제로 발표에 임한 반대 측 홍종호 교수였다.

"생각이 없는 사람에게서는 험한 말을 해서 깨우침을 줘야 한다."

홍 교수는 영국의 경제학자 '케인즈'의 말을 인용하며 작심한 듯 말문을 열었다. 그동안 운하 찬성 측의 '말 바꾸기', '해명 안하기', '일방적 토론 불참' 등에 대해 강한 불만을 나타냈던 홍 교수였다. 더 이상은 참을 수 없다는 듯 거침없는 어조로 말을 이었다. 이날은 평소 차분하던 홍 교수의 모습과는 달랐다. 초반부터 강한 메시지로 상대 측 교수들을 압박했다. "정부도 정책에 대한 실명 평가를 다 하고 있다"며 "이제는 운하에 대해 왜곡된 말을 한 사람들에게 대해 실명을 거론해서 얘기할 때가 됐다"고 일갈한 것. 또한 "운하의 경제적 타당성을 뒷받침하기 위한 찬성 측의 논리는 과장과 축소, 오류와 거짓으로 포장돼 있음을 스스로도 부인하지 못할 것"이라며 "이는 학자적 양식을 저버린 행위로서 비판바다 마땅"하다고 지적했다. 결국 강의 도중, 광승준 국정기획수석비서관과 박석순 교수 등 여러 찬성 측 학자들이 '실명공개'의 회생양이 되었다.

홍 교수는 경부운하가 '2無 2非 사업'이라고 규정했다. 운하사업은 '무개념·무계획·비전문성·비투명'하다는 것이다. 특히 운하 추진 관계자들의 잦은 '말 바꾸기'와 정부 부처와 여당간의 앞뒤가 맞지 않는 '동상이몽' 현상을 예를 들며 강한 비판을 이어갔다. 홍 교수는 "(운하의) 물류전환 효과에 대해 비판에 직면하자 최근에는 '관공운하', '지역개발운하', 심지어는 '지구온난화 해결 운하'로 사업계획이 계속 바뀌고 있다"며 찬성 측의 '말 바꾸기' 사례를 수차례 언급했다. 이어 "배의 운행속도도 서울에서 부산까지 1주일이 걸릴 것이라던 사람들이 1년 반 후에는 40시간, 급기야는 이론적으로 24시간까지 가능하다고 말하고 있다"며 "계속해서 느리다는 비판이 나오니까 속도를 줄여가는 것 같은데 우리의 기술발전 속도가 엄청나게 빠른 것 같다"고 비꼬았다.

경제적 타당성의 근거인 비용 대비 편익비율(B/C비율)도 광승준 비서관의 2.3이라는 분석과 이상호 세종대 교수의 1.145라는 계산이 2배 이상이 차이난다는 점을 지적한 홍 교수는 "같은 찬성 측 학자들이 이런 큰 차이를 보이는 게 말이나 되는 것인가"라고 성토했다. 이어 홍 교수는 "어떤 부분이 과장됐고 혹세무민하는 수치인지 토론 시간 때 분명히 말해 달라"면서 "내가 분석한 결과를 보면 실제로 0.3이하가 나오는데 이것도 굉장히 관대한 수치"이라고 꼬집기도 했다. 이상훈 수원대 교수(환경공학)도 '경부운하와 수자원 관리'라는 주제발표를 통해 재치 있는 말투로 찬성 측 논리들을 압박했다.

이 교수는 "홍수폭탄"을 막으려면 높아지는 홍수위만큼 주운댐의 높이를 높이고 양

안의 강도를 높여야 하는데 경부운하 전체를 보면 최소 100 km의 구간에서 강도를 높여야 한다"며 "찬성측은 경부운하가 홍수위험을 증가시킨다는 사실을 간과하고서 자연 하천인 낙동강과 남한강의 물길을 간단히 조령터널로 잇기만 하면 된다고 잘못 이해하고 있다"고 주장했다. 또한 이 교수는 "강물이 저수지가 되면 유속은 느려지고 수심은 깊어져 자정능력이 작아 진다"며 "이 사실을 7글자로 줄이면 '고인 물은 썩는다'가 된다"고 표현해 관중들의 폭소를 자아냈다. 이 교수는 '도대체 경부운하를 왜 만드는가'라는 원초적 질문을 던졌다. 그리고는 "나로서는 '회장님 방침이니까'라는 답변밖에 안 나온다"고 말했다. 이어 "회장님 방침이라는 색안경을 벗고 보자"며 "운하는 운하라는 있는 그대로를 보자. 부차적으로 따지고 하는데 운하의 본질은 운송수단"이라고 일침했다. 이어 "경부운하는 100명 학자가 10년 동안 준비했다고 주장하는데 내가 보기엔 길어야 2~3년 정도 선거 대비해서 만든 것으로 보인다"며 "정치인이나 행정관료가 운하 반대 학자들을 '정치적이다'고 비판하는 것은 도를 넘어선 행위"라고 비판했다.

[라운드2] 방어에 나선 찬성 측 학자들 "우리가 무슨 큰 잘못이라도..."

'한반도 대운하와 환경'이란 주제로 강단에 선 박석순 이화여대 교수(환경공학)는 반대 측 교수들의 강한 공세를 의식한 듯 다음과 같이 말문을 열었다.

"조용히 팩트만 얘기하고 가려 했는데 홍 교수가 잔뜩 화가 나서 무슨 말을 해야 하나... 내가 무슨 큰 잘못을 한 것 같다." 또한 박 교수는 "홍 교수가 마음 아파하실 줄 모르겠지만 여론을 수렴하는 과정이기 때문에 (운하 계획이) 계속 바뀔 수도 있다"며 홍 교수를 힐끔 쳐다보기도 했다.

박 교수 발표의 핵심은 '운하는 가장 친환경적인 운송수단'이라는 것이었다. "수로운송은 도로운송에 비해 연료 소모량이 1/3, 이산화 탄소 배출량이 1/5에 불과"하며 "도로건설에 따른 환경파괴, 교통체증에 의한 연료낭비와 대기오염 등을 고려하면 수로운송이 갖는 환경 장점은 더 크다"는 설명이다.

반대 측 의견과는 정반대로 "유럽에서는 운하를 친환경적인 사업으로 장려하고 있다"고 주장한 박 교수는 "유럽운하가 사양길이라는 것은 황당한 얘기"라고 말했다. 하지만 박 교수는 유럽연합에서 지난 2003년 발표한 '마르코 폴로 계획'을 운하 추진을 정당화하는 핵심적인 사례로 제시하는 우를 범하기도 했다. 박 교수는 '마르코 폴로 계획'이 수로운송을 장려하는 계획인 것처럼 발표했으나 실상은 운하·수로 건설 그 자체보다는, 친환경에 걸맞은 다양한 대체 수단을 개발하는 데 계획의 목적이 있었기 때문.

'열등 학생 전학론'도 이어졌다. 박 교수는 "유럽의 운하 사용율이 3%로 떨어진 것은 왜곡된 사실"이라며 "1993년 조사는 서유럽 12개국을 조사한 수치고 2005년에는 동유럽 국가가 다수 포함돼 조사한 것이 EU통계"라고 주장했다. 이어 "운하를 사용 안하는 나라를 집어 넣어서 사용률이 떨어진 것"이라고 주장한 뒤, "이는 '공부 잘하는 애들이 공부 잘하고 있는데 공부 못 하는 애들이 전학 와서 평균 점수를 떨어뜨리는 격'이라고 지적했다. '환경파괴 방지', '수질개선', '수돗물 문제 해결' 등 강의 내내 운하의 장점을 설명하던 박 교수는 심지어 '한반도 대운하' 건설이 '지구 온난화 대책'이라는 주장으로 '운하의 당위성'을 역설하기도 했다.

"스크류 박'은 내가 아니야!"

한편 강의 도중 박 교수는 '운하에 배가 다니면 배 뒤의 스크류가 돌기 때문에 수질이 개선된다'는 찬성 측의 주장이 자신이 한 것처럼 잘못 오인되고 있다며 "나는 일각에서 말하는 '스크류 박'이 아니다"고 강하게 성토했다.

박 교수는 "홍보 동영상에 스크류로 수질개선이 된다는 얘기를 내가 제안한 걸로 아는데 이것은 내가 한 것이 아니다"며 "근데 이걸 잘못 추적해서 '스크류 박'이니 이런 식으로 매도하고 있다"고 불쾌감을 드러냈다.

박재광 위스콘신대 교수(건설환경공학)도 '한반도 대운하에 대한 고찰'을 주제로 운하 찬성 측 논리에 힘을 보탰다. 박 교수는 "학자적 자료로 검토한 결과 상당수의 반대 측 주장이 사실과파 다르고, 이론이 아닌 환경적인 신념을 가지고 주장하고 있다"면서 "안 해본거라 어렵다는 말을 자주 하는데 옛날 얘기만 하지 말자. 지금이 조선 왕국인가"라고 주장했다. 또한 "우리나라는 시민단체나 환경단체의 입김이 전 세계 어느 나라보다 심해서 수자원을 이용하려 해도 저항 때문에 국력만 낭비하고 있다"며 "일단 결정이 되면 모두가 단합하여 신속하게 움직여서 가장 환경친화적이고 홍수피해를 줄일 수 있는 경제적인 운하를 건설해야 한다"고 주장했다.

[라운드3] 찬반 측 교수들 함께한 난상토론... "개그보다 흥미진진"

"박석순 교수... 아니 '스크류 박' 교수님!" (서울대 김정욱 교수)

"나이도 있으신데 너무 열을 올리셔서 혈압 오를까 걱정 됩니다" (이대 박석순 교수)

한 치의 양보도 없는 난상토론이었다. 토론에 참석한 윤재석 국민일보 논설위원은 "개그 프로그램을 이제 안 봐야겠다"며 "심각하고 진지한 운하담론이 이렇게 흥미진진하게 진행되는 것을 보니 개그야 프로그램 폐지해야 할 듯"이라고 평가하기도 했다. 주제발표가 끝난 후 있었던 토론은 예상시간 50분을 훌쩍 넘겨 2시간 가까이 진행되었다. 앞서 소개한 4명의 교수 외에도 김정옥 서울대 교수, 김계현 인하대 교수 등 총 10명의 토론자가 물러섬 없는 맞대결을 펼쳤다.

[선제공격] 김정옥 교수 "찬성 측, 오류와 왜곡 심지어 말이 다른 경우까지 많다"

토론 분위기에 불을 지핀 건 운하 반대 측의 김정옥 서울대 교수였다. 박재광, 박석순 두 교수의 발제 내용에 대해 '오류와 왜곡이 많았다'며 조목조목 비판했다.

(찬성 측 주장) 운하로 수자원 부족 해결한다?

(김정옥 교수 반론) "운하의 물은 수심을 유지해야 하기 때문에 물이 부족하다고 마음대로 쓸 수 없다."

(찬) 10년 뒤 물동량 3배로 늘어난다?

(반) "현재 일인당 국민소득 2만 달러, 2020년까지 3만 달러 정도 기대하는데 소득이 1.5배 늘어나는데 물동량이 3배가 될 수 없다."

(찬) 골포 운하 통해 크레인선 지나갔다면 서해안 기름 유출사고 피할 수 있었다?

(반) "도무지 논리를 유추할 수 없는 주장"

(찬) RMD운하가 인기 있는 크루즈로 전 세계 관광객 모인다?

(반) "방문 결과 유람선 한척에 1주일동안 관광객이 우리밖에 없었다."

김 교수는 찬성측 박재광 박석순 두 교수가 주장하는 내용이 정면으로 배치되는 부분도 따지고 들었다.

- 상수원은 어떻게?

박재광 : 우리 수돗물이 미국 수돗물보다 좋다. 운하 만들더라도 상수원 그냥 써도 된다.

박석순 : 우리의 수돗물이 나빠서 운하 건설과 관계없이 취수원 이전해야.

- 유해물질 수송은 어떻게?

박재광 : 매우 안전한 교통수단. 화학물질과 같은 유해물질의 운반에 가장 적합

박석순 : 유해물질은 운하를 통해 운반해서는 안 된다.

[반박] 박재광 교수 "미 운하, 환경파괴 됐지만 후손들 편하게 이익 창출 중"

반대 측 주장에 대해 반론에 나선 박재광 교수는 수질 문제에 대한 언급부터 말을 이었다. 박 교수는 "너무 '건강, 건강' 하는데 수돗물 그냥 편하게 마셔도 된다"며 "너무 겁을 먹고 쓸데없이 취수장 이전하자며 국민들 겁주는데 수돗물 여과에 사용되는 일반처리공정은 20세기의 4대 발명품"이라고 주장했다.

"수돗물은 더럽다"며 상반된 주장을 한 박석순 교수는 딱히 반론을 하지 않아 참석자들의 궁금증은 해소되지 않았다. 유해 물질 운송에 대한 상반된 입장도 정리되지 않은 채 말을 아꼈다. "플로리다 대운하 사업의 대표적인 강인 키시미강은 운하로 만드는 데 3000억 달러가 들었지만 복원공사에는 그 10배가 달하는 3조 달러의 예산이 들었다"는 김정옥 교수의 주장에 대해서도 "실제로는 5600억 달러 정도가 들었다"고 반박하기도 했다. 또한 "키시미강 운하 개발로 인해 환경파괴가 됐지만은 그 후손들은 거기서 편하게 이익을 창출하고 있다"면서 "키시미강 부근은 디즈니월드를 건설하여 연 8300만 명 관광객들이 몰리는 황금알을 낳는 거위가 됐다"며 운하와 디즈니랜드를 엮는 모호한 발언을 하기도 했다.

한편 "운하를 통해 교통사고 사망자를 줄이겠다"는 주장도 있었다. 박 교수는 "미네소타 주 같은 경우에 교통사고가 65% 정도 줄었다"며 "일 년에 8000명 정도가 교통사고로 죽어 가는데 내륙 운하를 만들면 안전한 도로가 되기 때문에 절반 정도인 4000명의 목숨을 구할 수 있을 것"이라고 말했다.

[공방] 비용편익비율 "과학적 아니다"- "비전공자가 이런 얘기 우습다"

박 교수는 홍종호 교수의 비용편익비율(B/C비율) 분석 결과에 대한 반론도 이어갔다. 박 교수는 "비용편익비율 분석은 조작도 할 수 있고 과학적인 방법이 아니다"며 "너무 이것에 매달리면 국가적 일을 그르칠 수 있다"고 주장했다. 이어 "홍 교수 분석은 금전적으로 환산할 수 없는 항목에 대한 고려가 없으므로 문제가 많으며 누구도 자신 있게 자신의 계산이 맞다고 주장할 수 없는 방법"이라고 비용편익비율 분석 방법을 평가 절하했다.

바로 답변에 나선 홍 교수는 불쾌감을 감추지 않았다. 홍 교수는 "내 논문을 정확히 봤나 모르겠다"면서 "비전공자가 이런 얘기를 하는 것은 좀 그렇다"며 쓴웃음을 지었

다. 이어 "비용편익비율은 경제적 효과에 포함 시킨 것 중에 그래도 수치화할 수 있는 확실한 것들만 넣었고 환경 쪽 비용 등은 하나도 안 넣은 결과가 이렇다"며 "물동량 전환효과 등에 대한 편익을 잡은 것이고 골재편익은 없다고 보지만 그래도 포함했다"고 밝혔다. 홍 교수는 "사실 현재의 사업비 항목에 누락되어 있는 유지관리비, 간접취수비 등을 모두 합치면 15조원을 훌쩍 넘어 40~50조의 사업비가 들어갈 것으로 예상되나 이런 추가비용을 고려하지 않고 찬성 측이 주장하는 15조 정도 공사비를 그대로 반영한 결과"라며 "투입비용을 최소로 잡은 조건 하에서도 분석 결과가 0.05 수준까지 나온 것"이라고 일축했다.

[방청객 질문] 두 박 교수에 날카로운 질문공세...진땀 뻘 두 교수

한편 이날 토론에서는 방청객들의 날카로운 질문도 함께 이어졌다. 대부분의 질문은 찬성 측의 박재광, 박석순 두 교수에게 들어와 답변하는 데 진땀을 빼는 모습이었다.

(방청객) 프랑스에서 운하를 만드는 게 3개가 있다고 발표했다. 이에 대한 설명과 만들고 있는 운하가 어떤 목적인지 말해 달라.

(박석순) "프랑스에는 안 가봤다. 네덜란드, 벨기에, 독일에 가봤는데 프랑스에서 그런 것을 하고 있다는 것만 알지 구체적으로는 모른다."

(키시미 강과 디즈니랜드 발언에 대해) 박재광 교수는 발표를 그렇게 하면 안 된다. 사람들은 운하를 통해 배타고 디즈니랜드 안 간다. 근방에 운하가 있는지 모른다.

"디즈니랜드 운하는 100km 정도 구간이며 이 운하는 배를 타는 운하가 아니라 배수를 위한 운하다."

-호수 물도 정체되어 있는데 안 썩으니 운하 물도 괜찮다? 산천에서 자연스럽게 흘러 내려오는 호수 물하고, 하천의 물을 똑같이 비교하면 안 된다.

"....."

질문이 찬성 측 교수에게만 쏟아지자 반대 입장의 이상훈 교수는 "질문이 나에게 없다. 다음부터는 이런 토론회 안 나오겠다"고 농을 치기도 했다.

부록 2) 환

환경운동연합

한국환경기자클럽

녹색연합