

-보고문-

대한상하수도학회 대운하 TF 위원회 활동 보고

- Report -

Activity Report of "KSWW TF Committee on Seoul-Busan Waterway"

최승일\* · 현인환 · 윤제용 · 서동일 · 오현재 · 경국현

Suing-Il Choi\* · In-Hwan Hyun · Je-Yong Yoon · Dong-Il Seo · Hyun-Je Oh · Kuk-Hyun Kyung

대한상하수도학회 대운하 TF 위원회 위원

1. 활동 개요

대한상하수도학회는 연초에 한반도 대운하건설의 타당성 여부가 많은 논란이 되고 있을 시에 대운하사업으로 야기될 수 있는 상하수도의 문제를 구체적으로 살펴보고, 대안과 해결방안 제시하며, 대운하 대토론회 등 국민적 여론 수렴과정에서 대한상하수도학회의 대외적인 입장을 정립하기 위하여 "대운하 TF 위원회"를 설치하였다. 2008년 1월 18일에 첫 회의를 시작하였으며 단국대학교 현인환 교수, 고려대학교 최승일 교수, 서울대학교 윤제용 교수, 충남대학교 서동일 교수, 한국건설기술연구원의 오현재 수석연구원, 코오롱건설 경국현 상무가 위원으로 위임되었다. 이후 거의 매주 회의의 가지며 정부의 대운하 안에서 제시된 수질과 상하수도 관련 각종 사항들의 실현가능성을 분석하고 대안을 상의하였다. 이외에 대운하 건설이 상수원에 미칠 영향과 대운하 건설시 원만한 상수도의 공급을 위하여 반드시 고려하여야 할 사항들을 발굴하여 논의하였다.

2008년 2월에 접어들면서 여러 학회들이 대운하관련 심포지움을 개최함에 따라 대운하 TF위원회는 그간의 논의사항들을 종합하여 대한상하수도학회 대운하TF 위원회의 명의로 발표하였다. 최초의 대외적 활동은 2008년 2월 19일 고려대학교 산학관에서 개최된 한국물환경학회의 대운하 토론회에서 "대운하가 상수도에 미치는 영향에 대한 검토"의 제목으로 발표한 것이었다. 이후 경기개발연구원에서 실시한 내부 세미나에서 "대운하에 관련된 상수도 주요현안"이라는 제목으로 발표하였고, 한국수자원학회가 2008년 4월

30일 한국과학기술회관 지하 1층 대강당에서 개최한 대운하 심포지움에서 "대운하건설에 따른 상수도 영향검토"의 제목으로 재차 발표하였다. 대운하 TF 위원회의 발표내용은 대운하 건설의 찬반을 떠나 대운하 건설에 관련된 수질과 상수도 공급문제를 매우 객관적이며, 명확하게, 종합적으로 다루었다는 대외적 평가를 받았다. 대운하 TF 위원회는 또한 당학회 회장의 타 학회 대운하 관련 심포지움 참가시 입장표명을 지원하는 역할을 담당하기도 하였다.

대한상하수도학회도 대운하TF위원회의 활동내용을 바탕으로 독립적인 심포지움을 개최하려는 고려가 있었다. 그러나 당시에는 정부의 대운하 안에 참여하였던 정책팀의 제안도 계속 바뀌어가는 상황이었으며, 정부는 대운하 건설을 민간제안사업으로 전환하여 전국의 20여개 건설회사들이 연대하여 대운하 건설방안을 작성하던 중이었다. 대한상하수도학회는 신중을 기하기 위하여 민간회사들이 대운하 건설방안을 제안한 후에 각 회사들의 방안에 대한 분석과 평가를 추가하여 심포지움을 개최하고자 하였다. 그러나 대운하 건설방안을 민간건설회사들이 제안하기 전에 대운하 건설 유보가 정책적으로 결정되면서 모든 대운하관련 활동들이 휴지상태로 접어들었다. 대운하 TF 위원회도 정부의 대운하 유보발표 이후에 활동을 일단 휴지하였다.

2. 대운하 TF 팀의 분석 · 평가

대운하 TF 위원회에서 대운하 건설과 관련하여 평가한 사항은 아래와 같다.

\*Corresponding author Tel: +82-2-3290-3976, FAX: +82-2-928-7430, E-mail: eechoi@korea.ac.kr(Choi, S.I.)

- ① 경부 대운하 건설이 미치는 상수원의 영향범위
- ② 대운하 건설에 따른 수질변동의 가능성
- ③ 취수원 이전방안의 현실성
- ④ 간접취수 가능성 및 처리공정
- ⑤ 운하 사고시 대책
- ⑥ 공사시 대책

### 2.1. 경부 대운하 건설이 미치는 상수원의 영향범위

경부대운하는 Fig. 1과 같이 서울 한강에서 남한강을 따라 충주, 문경 상주를 거쳐 낙동강을 따라 부산까지 연결되며 한강과 낙동강의 연결구간은 달천과 연강, 문경을 잇는 터널 공사 안과 달천에서 상주까지 sky line으로 연결하는 안이 제안되었다. 대운하 구간의 한강 유역에서 취수를 하고 있는 취수장의 시설용량은 Table 1에서와 같이 약 1,564만톤/일 이고 취수량은 약 870만톤/일이다. 낙동강유역은 시설용량은 약 722만톤/일이며 취수량은 약 344만톤/일 로서 경부 대운하 구간에서 취수하고 있는 정수장의 총 시설용량은 약 2,286만톤/일에 취수량은 약 1,214만톤/일 인 것으로 분석되었다. 경부대운하 구간에 영향을 미치는 지역에는 전국의 대도시 중 서울특별시, 인천광역시, 대구광역시, 부산광역시와 구미시 등이 직접적인 영향권에 있다. 또한 2006년 말 현재 우리나라 전국의 1일 평균 생산량은 약 1,567만톤/일 인 것에 비하여 운하건설시 직접 영향을 받는 생산량은 약 1,214만톤/일로서 전국 평균 생산량의 약 75%에 영향을 미칠 수 있다. 이로 평가하건데 상수도 문제는 대운하 건설에서 결코 지엽적인 사항이 아님을 명확하게 알 수 있었다.

### 2.2. 수질변동

대운하 건설과 관련하여 아래와 같은 몇가지 주장이 제기되었다.

- ① 댐으로 연결된 북한강의 수질은 최고이며, 한강 수중

Table 1. 경부대운하 구간의 상수도 취수량

유역	지역	취수량(만톤/일)
한강유역	서울특별시	325
	인천광역시	130
	경기도	50
	충청북도	5
	광역상수도	360
	소계	870
낙동강유역	부산광역시	110
	대구광역시	77
	경상북도	14
	경상남도	46
	광역상수도	97
	소계	344
	합계	1214

(상수도통계 환경부, 2006 참고)

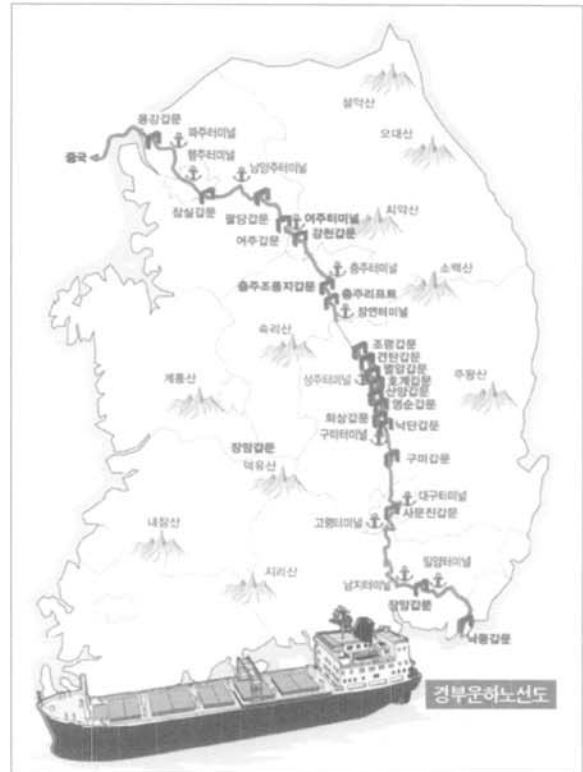


Fig. 1. 경부대운하 노선도.

보의 수질은 개선되고 있는 것을 보더라도 주운보라고 해서 수질이 악화되지는 않는다

- ② 대운하의 건설로 한강에서 3억톤, 낙동강에서 7억톤의 저수량이 증가되어 수질개선되는 효과가 나타난다. (총 저수량 7억톤에서 17억톤으로 증가)
- ③ 주운시 낙동강으로 연간 2억톤씩 방류하게 됨으로 수질개선의 효과가 있다.

대운하TF 위원회에서는 상기와 같이 제기된 주장에 대하여 정당성을 평가하여 보았다. 우선 대운하 구간은 Fig. 2와 같이 갑문과 갑문사이의 저수구간의 연속으로 볼 수 있었다. 대운하 건설의 반대이견으로서는 저수구간의 부영양화로 인한 수질악화가 우려된다고 하였으며 찬성의견으로는 북한강은 댐의 연속임에도 수질이 양호하며, 한강도 수중보로 연결된 운하로 볼 수 있으나 수질이 양호하므로 경부대운하가 저수구간의 연속이라고 해서 수질이 악화될 것이라고 하지 못한다는 것이었다.

그러나 저수구간의 수질은 단순하게 저수구간이라는 수리적 특성에 의하여 결정되는 것은 아니고 저수구간으로 유입되거나 유출되는 오염물질의 양에 따라 결정될 수 밖에 없다. 저수구간에서 오염물질은 점오염원과 비점오염원을 통하여 유입되며, 저수구간내에서 조류나 수생생물 등에 의하여 생성되지만 저수구간내에서 미생물에 의하여 분해되고,

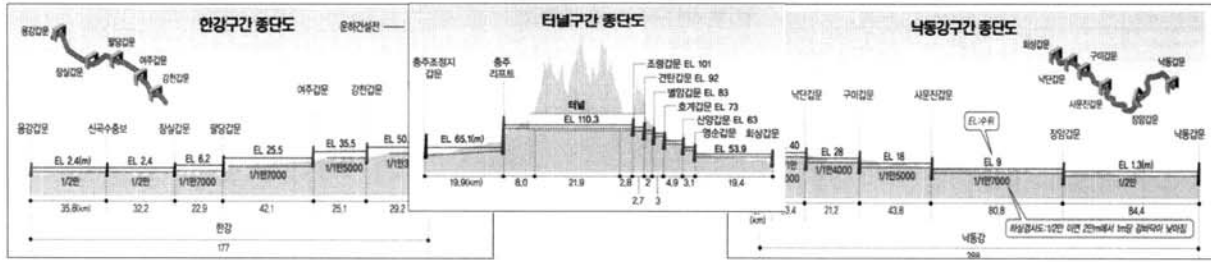


Fig. 2. 경부대운하 구간 종단면도 (생태지평연구소, 박진섭).

일부는 저수구간에서 흘러나가는 강물에 포함되어 유출된다. 특정한 저수구간에 유입되거나 발생하는 오염물질의 총량과 분해되거나 유출되는 오염물질의 총량과의 차이가 순변화량이라고 할 수 있다. 이 순변화량이 양의 값이면 오염물질이 축적되므로 수질은 점차적으로 악화될 것이며, 순변화량이 음의 값이면 오염물질의 농도가 낮아 질 것이다. 현재 북한강과 한강에서 수질이 개선되거나 악화되지 않는 것으로 평가되는 이유는 저수구간이라는 수리적 구조 때문이 아니라 북한강 유역의 생활환경과 규제 및 개선시설투자의 효과라고 할 수 있다. 그러므로 경부대운하를 건설함에 따라 수질이 악화될 지의 여부는 주운보 사이의 수질유지 및 개선을 위하여 비점오염원의 차단, 강변지역 규제가 얼마나 효과적으로 잘 이행되는가에 달려있다고 할 수 있다. 그러나 개연성을 본다면 하수처리장 방류수로부터 인과 질소의 유입은 계속될 것으로 예측되며, 비점오염원으로 부터 유입되는 오염물질을 방지하기가 어렵고, 시간이 경과할수록 저지의 축적으로 SOD가 증가되면 부영양화가 촉진되고, 조류번식이 활성화되면 광합성 작용으로 인한 유기물 농축 상승효과가 발생할 것으로 예상된다. 그러므로 저수구간의 수질을 오랫동안 맑게 유지하기 위하여는 많은 노력과 지속적인 예산 투입이 있어야 할 것으로 평가되었다.

일부에서는 대운하 건설후에 낙동강 유역으로 연간 약 2억톤의 물을 방류하게 됨으로써 수질개선의 효과가 있을 것으로 주장하였다. 아래 Table 2는 1998년에 방류의 효과를

알아보기 위한 용도로 연구된 것이며 2000년 이후 낙동강 수질은 현저히 개선되었으나, 본 조사에서는 하천방류에 의한 수질개선의 효과를 검토하기 위하여 원용하였다. 1998년의 수질모델링 연구결과인 아래 Table 2를 보면 하천방류의 효과가 가장 높을 갈수기에 약 2억톤을 방류하면 물금지역의 수질이 약 10% 정도 개선될 수 있음을 보여주고 있으나 그 이상을 기대하기는 난망하다는 것을 보여주고 있다. 물론 평수기에는 아래 연구결과에 따르면 불과 5%의 수질개선 효과도 기대하기 어렵다고 할 수 있다. 그러므로 대운하 운영시에 연간 약 2억톤의 물을 방류한다고 해서 수질개선의 효과가 클 것이라고 기대하는 것은 지나친 낙관일 수 있으며, 또한 갈수기에도 원활하게 평균 2억톤/년의 수량을 방류할 수 있을 지도 자세하게 검토하여 보아야 할 사항이다.

또한 모델링은 자연현상의 단순화 과정이므로 당연히 오차가 발생되며 보정과정(calibration)과 검증과정(verification)이 필수적이다. 더하여 시·공간적 변화를 감안한 입력변수의 정확한 조사가 반드시 필요하며, 결과의 분석은 매우 주의를 하여야 하는 사항이다. 그러므로 수질모델링에 의한 경부대운하의 수질예측도 지형과 조건에 가장 합당한 모델을 선정하여 입력변수를 최대한 조사하여야 하고, 결과에 대한 판정 및 분석에 주의가 필요하다.

경부대운하를 건설함에 따라 저수량의 증가로 인한 희석 효과로 인하여 수질이 개선된다는 의견이 있었다. 현재의 한강과 낙동강의 저수량은 약 7억톤 이지만 경부대운하를 건

Table 2. 방류수량 증대로 인한 낙동강 유역 수질개선 효과 평가

구 분		달성	고령	적포	남지	하남	삼랑진	물금	
갈수기	도수전수질(실측치)	3.28	7.38	7.63	6.63	6.55	6.09	6.02	
	64백만톤	95%보장시	3.12	7.20	7.35	6.90	6.42	6.04	5.98
		90%보장시	3.14	7.25	7.39	6.52	6.45	6.06	6.01
	137백만톤	2.94	6.82	6.98	6.22	6.16	5.83	5.78	
	320백만톤	2.62	6.07	6.23	5.66	5.61	5.39	5.35	
평수기	도수전수질(실측치)	2.20	5.98	5.95	5.18	5.17	5.12	5.11	
	64백만톤	95%보장시	2.18	5.89	5.84	5.07	5.06	5.03	5.01
		90%보장시	2.19	5.91	5.86	5.09	5.07	5.04	5.02
	137백만톤	2.17	5.81	5.76	5.02	5.00	4.99	4.98	
	320백만톤	2.13	5.62	5.57	4.88	4.87	4.89	4.88	

(지역간용수수급불균형해소방안조사연구, 1998)

관측소번호 014200		한강 수계 Han River			청평댐 Cheong Pyeong Dam			수위관측소 Water Stage Measurement Station					
Month 월 Date	1 월 Jan	2 월 Feb	3 월 Mar	4 월 Apr	5 월 May	6 월 Jun	7 월 Jul	8 월 Aug	9 월 Sep	10 월 Oct	11 월 Nov	12 월 Dec	합 계 Total
1	101.30	72.30	90.50	49.60	91.10	163.40		423.80	291.40	453.40	154.90	96.10	
2	100.30	88.50	102.80	55.60	90.90	181.20	661.30	441.70	282.40	401.30	209.70	121.10	
3	114.70	102.50	96.10	57.90	110.20	135.00	527.40	713.80	322.30	312.60	69.40	84.10	
4	155.10	97.50	55.20	71.00	128.10	117.00	530.30	703.10	326.10	236.30	73.80	69.80	
5	139.30	66.50	68.40	64.60	63.90	71.60	415.00	518.80	263.10	389.90	178.90	98.90	
6	124.80	53.10	43.70	106.90	100.90	65.40	253.60	460.60	228.00	378.20	120.90	125.10	
7	98.60	92.80	56.40	108.70	98.70	102.40	180.60	350.30	216.60	320.00	115.30	146.60	
8	67.60	60.20	104.70	85.70	70.10	108.40	175.00	376.20	226.50	353.90	121.00	178.70	
9	81.80	56.20	91.20	98.10	90.40	90.30	302.50	370.40	209.40	288.90	130.40	154.00	
10	100.30	53.00	100.60	213.00	144.20	92.90	241.10	377.40	179.60	266.80	105.80	127.00	
11	124.80	61.10	61.90	253.90	119.70	149.50	265.90		119.40	341.70	191.20	122.90	
12	109.90	52.90	58.90	187.00	102.20	100.00	271.40		232.70	311.20	217.80	179.30	
13	120.10	81.50	57.10	164.60	89.90	137.60	424.60	739.90	370.00	291.90	147.70	193.10	
14	102.80	59.70	67.90	167.60	101.40	112.70	400.20	525.50	362.80	290.30	223.30	118.50	
15	115.90	90.80	70.00	124.30	60.00	146.50	317.20	415.00	227.00	258.40	196.50	142.80	
16	100.30	74.70	73.60	103.50	98.60	134.90	259.70	329.40	268.90	137.30	146.70	165.30	
17	107.10	88.30	76.00	88.10	125.00	150.10	201.10	402.70	361.60	115.00	143.60	131.40	
18	104.60	65.60	69.30	150.00	189.50	148.20	184.00	375.40	306.00	116.10	99.30	107.80	
19	108.40	57.40	63.10	172.30	180.20		109.40	438.00	298.90	125.60	31.80	110.50	
20	104.50	63.60	70.50	97.40	154.10	134.00	171.20	373.20	407.30	118.30	66.70	175.80	
21	109.50	88.50	91.80	89.10	100.90	160.80	205.50	359.40	424.00	199.40	126.30	168.70	
22	86.10	31.40	109.90	83.80	76.90	162.10	193.10	339.10	354.70	150.70	164.70	163.40	
23	90.70	52.20	103.40	112.20	131.00	177.60	173.90	313.50	391.90	91.40	136.20	170.60	
24	41.10	71.30	110.20	74.00	165.40	169.90	100.50	292.40	191.90	120.90	188.70	113.10	
25	40.00	53.50	71.90	128.10	179.80	132.60	116.10	948.10	165.30	132.30	204.50	100.30	
26	18.90	52.70	75.90	170.50	177.50	125.20	172.20	792.90	299.30	115.20	176.80	163.90	
27	6.60	49.70	64.20	132.80	181.90	884.60	163.30	465.20	367.20	117.10	122.10	128.00	
28	12.80	84.10	38.40	154.00	113.80	624.60		344.70	352.40	144.90	134.70	134.50	
29	14.60	0.00	54.90	61.50	36.10	420.30	912.40	357.60	323.40	117.90	137.90	116.50	
30	8.30		40.30	88.30	114.90	337.30	393.50	307.10	349.50	76.60	83.90	135.70	
31	6.10		52.20		148.10		241.10	326.50		147.90		112.50	
합 계	2616.90	1941.60	2291.00	3514.10	3635.40	5626.00	8563.10	13181.70	8719.60	6921.40	4220.20	4156.00	65387.00
계 균	84.42	66.95	73.90	117.14	117.27	187.53	295.28	454.54	290.65	223.27	140.67	134.06	180.63

Fig. 3. 한국 수문연보의 2004년 청평댐 방류량.

설하면 약 17억톤으로 증가되므로 희석효과로 인하여 수질이 양호하여 질 것이라는 의견이었다. 그러나 이것은 이미 수질변화에서 논의 하였듯이 주변으로부터 유입되는 오염부하량을 철저히 차단하여 순 부하량이 줄어들도록 하지 않으면 결국에는 오염도가 증가되어 수질악화를 가져오게 될 것이다. 그러므로 단순히 저수량이 많다는 것은 오염 증가에서 시간의 문제이지 해결책은 될 수 없다. 저수량을 늘이면서 주변의 오염유입을 철저히 차단하는 방안이 함께 시행되어야 수질개선효과를 가져올 수 있을 것이다.

### 2.3. 취수원 이전방안의 가능성

현재의 한강유역과 낙동강 유역의 취수원으로는 시민들이 만족할 수도물을 생산하는 것이 어려우므로 대운하 건설과 함께 취수원을 이전하고 다변화하여 상수도수질개선을 하고자 하는 의견이 있었다. 현재 취수량은 이미 전술한 바와 같이 한강유역에서 약 870만톤/일, 낙동강유역에서 약 344만톤/일을 취수하고 있다. 이전 주장을 하는 논리 중에는 최근 5년간 청평댐 평균 방수량이 1,480만톤/일에 달하고 있으므로 북한강변 양수리에서 400~600만톤/일을 취수하고 나머지는 미사리, 구리 토평, 광나루, 잠실, 뚝섬, 잠원,

반포, 이촌, 여의, 양화-선유, 난지, 강서 등에서 강변취수를 하면 된다는 것이었다. 또한 낙동강유역에서는 상주, 구미, 칠곡, 고령, 창녕, 밀양, 함안, 창원, 마산, 김해, 양산 등 소규모 취수장은 전량 간접여과를 하고, 대구는 운문, 가창, 냉천, 공산댐에서 약 40만톤/일을 공급받고, 여분은 댐연결망 및 강변여과수를 개발하여 보충하면 가능하다고 하였다. 약 100~150만톤/일 규모의 취수가 필요한 부산은 하상여과로 70만톤/일, 홍수터 3.3km<sup>2</sup>에서 약 80만톤/일, 영남권 7개 댐 연결 또는 강변여과 만으로도 150만톤/일을 취수할 수 있다고 하였다. (왜 한반도 대운하인가?, 2007, 말과 창조사)

그러나 최근 5년간 청평댐 평균 방수량이 1,480만톤/일이라고 하나, 건설교통부가 발간한 한국수문연보에 따르면 Fig. 3에 나타난 바와 같이 2004년 청평댐 방류량은 갈수기인 2월에는 평균 578만톤/일, 3월에는 평균 638만톤/일로서 갈수기인 2월과 3월에는 400만톤/일의 취수가 거의 불가능하다는 것을 알 수 있다. 더 좋은 물을 생산하기 위하여 취수원을 이전한다는 것은 나쁠 것이 없으나 청평댐 또는 북한강변으로 취수원 이전은 갈수기 대책이 필수적으로 수립되어야 한다는 것을 알 수 있다. 또한 취수원의 분산과 고도

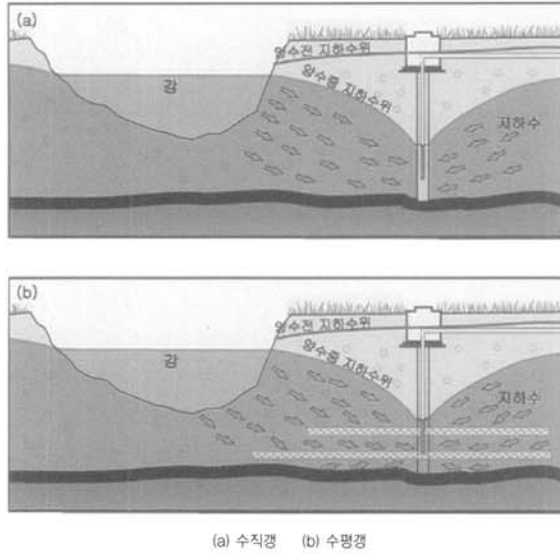


Fig. 4. 수직갱과 수평갱에 의한 강변취수 개념도.  
(부산대학교 지구환경시스템학부 환경수리지질학연구실)

정수 또는 물의순환 사용 등 모든 물 관리 효율화 방안이 강구되어야 할 것이다. 더불어 취수원을 이전함으로써 상류지역의 규제를 풀고 민원을 해소할 수 있다고 하나, 규제완화와 민원해소는 취수원 이전 여부와는 상관없이 과도한 규제는 풀어야 할 것이다. 더욱이 규제와 민원은 수질관리의 차원에서 조정되어야지 민원을 해소하기 위하여 취수원을 이전하고 규제를 풀어서 취수원이 있던 지역의 수질을 악화시켜도 된다는 것은 아닐 것이다.

2.4. 간접취수 가능성 및 처리공정

강변취수는 Fig. 4에서 보는 바와 같이 수직갱 또는 수평갱에 의하여 물을 취수할 수 있다. 강변여과는 표류수를 일단 강변을 통하여 여과를 하므로 표류수보다 수질이 깨끗한 물을 취수할 수 있다는 장점이 있다. 그러나 반면 지중에 축적되어있는 물을 취수하는 기간에 다시 강변으로부터 충분한

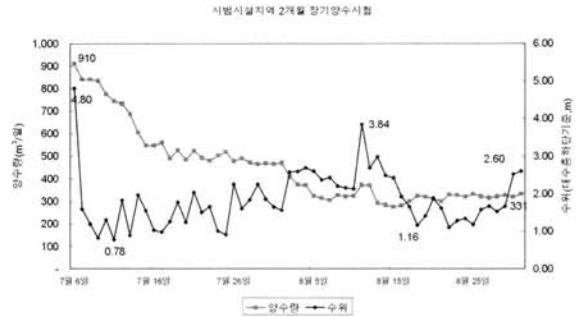


Fig. 5. 시범시설지역의 2개월 양수시험 기간중 취수량의 변화.  
(서울시 강변여과 취수가능성 연구, 서울시, 2005)

한 수량의 물이 여과되어 축적되지 못하면 중국에는 지중에 축적되어있던 물이 고갈되어 양수능이 현저하게 떨어지거나 배후지로 부터의 지하수가 유입되어 수질이 악화되는 단점도 있다. 그러므로 강변여과는 지중의 토양조건과 투수계수에 대한 충분한 평가가 선행되어야 한다.

서울특별시 2004년과 2005년에 걸쳐 서울특별시의 한강유역에서 강변여과의 가능 취수량을 평가하는 조사를 아래 Table 3과 같이 수행하였다.

당시의 조사 결과보고서(서울시 강변여과 취수가능성 연구, 서울시, 2005)에 따르면 서울시의 시범 조사지역에서는 모두 양수량이 급감하여 강변여과의 가능성이 없는 것으로 결론지어졌다. Fig. 5와 같이 시범지역 장기양수시험 기간 중에 대수층 실트 성분에 의한 지속적 막힘현상이 발생되어 양수량이 시험시작 2개월이 지나지 않아 절반으로 감소되었으며 장기 양수시험기간 중에 모든 시범구역에서 양수량의 저하가 현저하였다.

객관적이고 전문적인 평가를 위하여 미국 David Schafer & Associates 에 의뢰하여 2005년 9월부터 10월 사이 및 2006년 5월의 2차에 걸쳐 부지정밀조사 4지역의 대수성 시험과 지하수 모델링 분석을 하였다. 분석결과 상기 자문회사로부터 한강과 대수층사이의 수리적 연결(Hydraulic Connection)이 취약하여 회복시험시 수위 회복이 늦어 양

Table 3. 서울특별시의 강변여과 가능성 조사 일지

기간	내용
2004. 07 ~ 2005. 02	간접취수 도입을 위한 기초조사 용역 실시
2005. 3. 28 ~ 4. 25	간접취수 도입을 위한 타당성조사 용역 착수
2005. 04 ~ 2005. 05	시설설치
2005. 06 ~ 2005. 08	시범시설 및 4개 부지정밀조사 지역 양수시험
2005. 07.06 및 08.30	자문회의 개최 (1차 및 2차 중간성과보고)
2005. 07 ~ 08	시범시설 장기양수시험(57일간)
	해외 전문가 자문(1차)
2005. 09 ~ 10	부지정밀조사 1지역 장기양수시험 49일간실시
	부지정밀조사 4지역 시설보완
2005. 11 ~ 2006. 05	신설시범시설 장기양수시험 실시(180일간)
2006. 04 ~ 06	국내 및 해외 전문가 자문(2차)

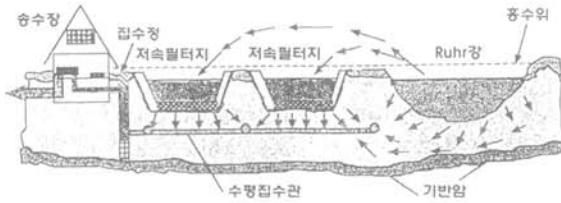


Fig. 6. 인공함양 정수방법의 예.  
(수도권 상수원의 새로운해법, 제주 2008, 2.28)



Fig. 7. 창원시 강변 여과수 처리공정도 (출처: 창원시).

수량이 감소된다는 결론을 얻었다. 상기 자문회사는 개발가능성이 큰 1, 4지역에 대해서만 2006년 2월 및 6월에 모델링을 수행하여 아래 Table 4와 같이 취수가능량을 결정하였는데 수직정만 설치한 경우와 수평정까지 설치한 경우를 분리하여 취수가능량을 추정하였지만 1구역에서는 최대 8,900 m<sup>3</sup>/일, 4구역에서는 40,300m<sup>3</sup>/일로서 서울시의 필요취수량을 감당하기에는 너무 미흡하다는 결론에 도달하였다. 이로서 서울특별시는 강변여과 계획을 취소하고 영등포 정수장에 고도정수시설을 도입하기로 최종 확정하였다.

일부에서는 2005년의 서울특별시의 연구조사는 미사리, 구리토평 지구간 양수시험에서 제외되어 부실한 조사였으며, 한강개발시 건축폐기물로 조성된 한강둔치 지역에서 양수시험을 한 것이므로 취수량이 충분할 리 없으며, 미사리, 토평 등과 연계하여 강변여과 및 인공함양방식을 통하여 200-400만톤/일의 취수가 가능하다고 주장하기도 하였다. 그러나 한강둔치가 건축폐기물로 조성되었다면 양화와 독섬 유역에서도 취수가 난이할 것으로 추정되며, 대부분 강변여과는 소규모의 취수에는 적합하며, 중·대규모도 지질여건에 따라 설치하나 매우 양호한 지형이 필요한 것으로 알려져 있다. 그러므로 대규모 취수가 필요한 미사리와 토평 지구는 하상의 지질과 투수계수 및 장기양수시험을 충분히 하

여 경제적 양수량을 검토한 후에 가능성 여부가 결정될 일이지 단순한 예측과 추정만으로 1일 200-400만톤의 취수가 가능하다고 확신할 수는 없는 일이다. 또한 Fig. 6과 같은 인공함양 공법도 수량을 확보할 수 있는 방법이기도 하지만 이 공정 역시 토양의 조건이 적합하여야 한다는 점을 감안하여야 한다.

또한 강변여과수를 취수하면 정수공정이 매우 간단해지고, 기존의 급속여과공정보다 경제적으로 매우 유리한 것으로 주장하는 의견이 있으나 실제로 강변여과를 많이 활용하는 유럽에서도 아래 Table 5에서와 같이 강변여과수에 대하여는 기존의 응집·침전·여과 이외에도 오존주입, 활성탄여과와 같은 고도정수공정을 추가하고 있다. 우리나라의 대표적인 강변여과 정수장인 창원시의 정수장에서 Fig. 7과 같이 급속여과 후에 활성탄 공정을 추가하고 있다.

강변여과 및 인공함양 여과시 원수의 수질은 탁도 및 BOD 등에서 표류수보다 양호하나, 국내 지하수 내에 망간이 함유되어 있을 가능성이 농후하며, 유기물질 제거의 효과를 얻으려면 충분한 지중 체류시간 확보가 필요하다. 또한 배후지나 강변에 농사지역이 있으면 이들로부터 비료 및 농약성분의 유입이 될 가능성이 있으므로 유의하여야 한다. 그러므로 강변여과시에 처리공정은 취수된 강변여과수의 수질에 따라 결정되며 경도가 높으면 연수화공정을 추가할 필요가 있으며, 망간이 함유되었을 경우에는 망간사와 같은 제망간 시설이 필요하다. 유기물질이 함유되어 있을 경우에는 오존 및 활성탄 공정이 필요하며, 비소, 방사성물질, 불소 과다함유시 적절한 처리공정이 추가되어야 한다. 그러므로 강변여과나 인공함양시에 정수비용이 일반적인 급속여과공정보다 저렴하거나 경제적이라는 것은 장담할 수 없을 뿐더러 정수비용은 원수 수질에 따라 결정된다. 참고로 창원 대산단지 6만톤/일, 김해 생림지구 18만톤/일 규모의 강변여과 시설 건

Table 4. 모델링에 의한 조사구역의 강변여과 취수가능량 추정

구 분	부지정밀조사1	부지정밀조사4		
개발 가능 연장(m)	400	1,300		
수직정 방식	수직정(400mm)설치개수	9	24	
	취수 가능량(m <sup>3</sup> /일)	7,300 (9,200)	14,900 (25,100)	
수직정 및 수평정수정 혼합개발방식	시설계획	수직정(400mm)	2개	6개
		수평정수정	2개	4개
	취수가능량(m <sup>3</sup> /일)	8,800 (8,900)	22,300 (40,300)	

(서울시 강변여과 취수가능성 연구, 서울시, 2005)

Table 5. 유럽지역에 설치된 강변여과의 예

국가	정수장	시설용량(m <sup>3</sup> /일)	공 정
독일	(정수장이름 없음)	271,500	폭기, 인공함양, 지하수 취수, 활성탄 여과
	뒤셀도르프(Dusseldorf)	180,000	오존접촉, 활성탄 여과
	테겔(Tegel)	164,000	취수, 폭기 및 반응, 급속여과
	웅페른하이데(Jungfernheide)	150,000	호수변 여과수 취수, 폭기 및 반응, 급속여과
스위스	쾨리히하드호프(Hardhof)	150,000	취수, 산화 및 폭기, 다층여과, 인공함양, 지하수 취수, 폭기



Fig. 8. 라인강에서 컨테이너선의 전복사고.

설비용은 2009년 준공까지 총 공사비 1,680억원으로 내정되어 있다.

강변여과와 인공함양을 이용하여 취수원을 다변화한다는 것은 수질개선을 위한 한가지 방법이라고 할 수 있다. 그러나 1일 수 백만톤의 취수량이 필요한 경우에 “될 것이다” 또는 “가능하다”는 주장과 믿음만으로 시도하기는 무리이며 취수가 가능한 수량을 추정하기 위하여 정확한 엔지니어링 데이터와 실험결과가 뒷받침되어야 한다는 것에는 재론의 여지가 없다. 일부 조사보고서는 강변여과로 취수가 가능한 수량은 한강변에서 약 13만톤/일, 낙동강 유역에서 약 83만톤/일이 최대라고 보고하고 있다. 더하여 인공함양 공법의 양수량 결정에도 적절한 부지 및 시험평가가 필요하다.

## 2.5. 운하사고시 대책

운하에서는 간혹 사고가 발생된다. 2007년 3월 26일에는 라인강을 운행하던 화물선이 사고가 발생되어 컨테이너가 라인강 속으로 굴러떨어졌다. 물 속으로 잠긴 컨테이너들은 흐름을 타고 이리저리 굴러다녔기 때문에 인양 작업이 좀처럼 쉽지 않았으며 인양작업이 완료될 때까지 라인강을 운행하던 400여대의 선박들은 운항이 중지되었다.

독일 해상 경찰 운하사고 기록을 살펴보면 2000년 4월 정기여객선과 유조선이 충돌하여 유조선에 불이 난 것을 비롯하여 2001년 8월 유조선이 파손되어 라인강물 30km가 기름에 범벅이 된 경우도 있다. 2007년 라인 강사고 외 3월부터 3건의 운하사고가 발생된 것을 감안하면 8년간 매년 1건 정도의 사고가 있었다.

운하사고는 수웨즈 운하에서도 발생된다. 2002년 12월 12일 연합뉴스에 따르면 이집트의 수에즈 운하에서 11일 오전 라이베리아 선적 화물선 알파탱크호가 수에즈 운하 북단 포트사이드 자유무역항에서 남쪽으로 38km 떨어진 곳에서 운하바닥에 선체가 걸렸으며 이 때문에 구조반이 선체를 끌어낼 때까지 4시간 이상 운하통행이 중단됐다고 밝혔다. 이와함께 포트사이드 항의 운하 입구 부근 해상에서 네덜란드

컨테이너선 홍콩익스프레스호가 파나마 선적 유조선 사라글로리호와 충돌했으나 큰 피해는 없었다고 했다. 이외에도 매년 크고 작은 사고가 발생하는 것으로 보도되고 있다.

대운하를 건설하여 운행한다면 운하 사고에 대비한 사고 대책이 필수적으로 수립되어 있어야 한다. 특히 운하의 통행과 안전을 위한 대책은 물론이지만 사고로 인하여 상수원에 영향을 미쳐 취수를 하지 못할 경우가 되는 것을 대비한 대책도 철저하게 수립되어 있어야 한다는 것이다. 그러므로 유형별 사고대책과, 화물별 사고대책이 수립되고 비상급수체계 확립, 유역간 비상급수관의 연결 등 대안이 마련되어야 불의의 사고시에도 안정된 수도공급이 가능하게 된다. 즉 대운하를 건설할 때에는 이러한 비상대책도 함께 건설되어야 한다는 것이다.

## 2.6. 공사시 대책

대운하 건설공사가 시행된다면 공사 도중에 발생하는 오타수로 인하여 상수원수의 수질이 악화될 수 있다. 특히 준설을 하는 경우에는 악취발생 및 유기물질의 유입이 우려될 수도 있다. 장기간 고탁도 원수 유입으로 인하여 정수 장애 현상이 유발될 가능성이 있으며, 유발된 탁도의 유형이 기존 호우시 탁도와 상이하여 응집 및 침전과정에서 어려움이 있을 가능성이 농후하다. 그러므로 공사시의 취수 문제도 대책을 마련하여 두어야 한다. 특히 시설과 인력이 어느정도 갖추어진 대규모의 정수장보다는 소규모 읍, 면지역의 전자동여과기는 심각한 영향을 받게될 가능성이 높다.

## 3. 결론

네덜란드의 운하전문가인 빔 클롬프 (네덜란드 운하전문 컨설팅 회사 이사)는 “운하는 물 공급과 배수, 상품과 여객 운송, 레저공간의 창출, 비즈니스를 위한 거점육성 등이 기능이지만 식수원 오염과 관광객 안전 등에 문제가 있을 수 있으므로 충분히 대비하여야 한다.”고 했다. (매일경제, 2008.2.27) 대운하건설이 국가의 백년대계라면 이에대한 여러 가지 대책은 철저하게 수립되어야 하며, 대운하에는 교통, 경제, 관광 등 여러분야가 관련되어 있으나 그 중에서도 상수도에 관한 문제는 결코 작게 다루어 질 수 없는 문제이다. 정부운하만 하더라도 전국민의 75% 가량이 영향을 받을 수 있는 사안이다. 그러므로 대운하를 건설하고자 할 때에는 적어도 상수원의 취수확보, 수질보전, 사고시 수원확보, 공사기간 중의 탁수 대책 등이 전문가들의 검증하에 철저하게 준비되어야 할 것이다.

KSWW

## 참고문헌

1. 한국수자원공사 (1998) 지역간용수수급불균형해소방안조사연구
2. 박진섭 (2007) 경부운하 축복일까 재앙일까, 생태지평연구소
3. 박석순 (2008) 수도권 상수원의 새로운 해법, 2.28, 제주도 심포지움
4. 왜 한반도 대운하 인가? (2007) 말과 창조사
5. 한국수문조사연보 (2005) 건설교통부
6. 상수도통계 (2006) 환경부
7. 서울시 강변여과 취수가능성 연구 (2005) 서울특별시 상수도사업본부
8. 매일경제 (2008) 2.27일 기사