

상수고도정수처리의 효율적 이용을 위한 경제성 검토 Economic Feasibility Study on the Efficient Use of Advanced Water Treatment for Water Supply

이 상 일*
Lee, Sang-Il

Abstract

Advanced water treatment for water supply is being introduced for the treatment of various organic materials which cannot be removed by conventional water treatment methods. While the development of advanced water treatment system appropriate to the domestic environment is essential, the study on the economic costs and the social impact is also of importance. In this paper, it is shown how to estimate the costs (capital and maintenance) for advanced water treatment facilities, especially those using ozone treatment combined with activated carbon process and membrane separation. Estimated costs were compared with the government budget. Also, a general relation between the system capacity and investment was derived. Four alternatives were considered from the aspect of the amount of water to be produced and the delivery system to the user. These alternatives were applied to the city of Pusan. It turned out that bottled water, produced only for drinking, has best economic advantages in having minimum system capacity without detriment to water quality.

요 지

기존의 정수처리방법으로는 처리되지 않는 여러 가지 유기물질의 처리를 위해 상수고도처리가 도입되고 있다. 국내실정에 적합한 고도정수처리 시스템의 개발과 아울러, 이를 실생활에 도입할 경우의 소요비용과 사회적 영향에 대한 연구도 필요하다. 본 연구에서는 고도정수처리 시스템의 설비비와 유지보수비를 산정하는 방법을 오존과 활성탄, 그리고 막분리 시스템을 중심으로 제시하고 이를 정부 예산과 비교하여 타당성을 검증하였다. 또한 이를 바탕으로 투자비와 시설용량에 관한 일반적인 관계식도 유도하였다. 한편, 정수된 상질의 물을 수요자에게 공급하는 방안을 네 가지로 검토하고 이를 부산지역에 적용하였다. 생산량과 수송체계에 따른 각각의 대안을 경제적/사회적 측면에서 비교한 결과, 음용수만을 고도정수처리하여 관로를 통하지 않고 병물로 공급하는 방안이 수질을 떨어뜨리지 않으면서 가장 경제성이 있는 방법인 것으로 나타났다.

* 동국대학교 토목공학과 조교수

1. 서 론

최근 취수원에서의 수질 악화로 인한 상수도 수질의 저하는 국민건강에 심대한 영향을 초래하고 있다. 환경부 자료에 따르면 (한국환경연감, 1992), 상수원 상시 측정지점의 66%가 2급수(BOD 기준) 이하이며, 1991년부터 1992년까지 543개 조사정수장의 5.7%인 31개소의 정수에서 암모니아성 질소, 색도, 철, 망간, 염소이온, 증발잔류물, 불소, 경도의 순으로 수질기준을 초과하고 있다. 일부에서는 THM 전구물질, 휘발성 유기오염물질(VOCs)과 합성 유기오염물질(SOCs), 질산성 질소, 황산이온, 불소 등도 검출되고 있는 실정이며 이들에 대한 규제가 필요한 실정이며, 이들의 정수를 위해 고도정수처리가 필요한 것으로 조사되었다.

한편, 고도정수처리에 의한 상수공급에 대하여는 활발한 기술적 연구가 이루어지고 있으나 (고도정수 처리기술 개발, 1993; 대청용수내 고도정수처리 적용방안 연구, 1994), 신기술에 대한 기술적 관심에 비하여 이를 실제로 도입할 경우에 대비한 사회적/경제적 비용을 고려한 연구는 상대적으로 적은 관심을 받아 왔다. 신기술을 실생활에 도입하기 위해서는 기술자체에 대한 효율성과 아울러 투자비용에 대한 타당성이 입증되어야 하나, 건설시스템에 관한 시설 및 유지비용 산정은 매우 어려운 과제로, 그 대상이 신기술을 활용하고 있을 경우에는 더욱 그러하다.

본 논문에서는 국내에 상수고도처리를 도입하는데 있어서 오존과 활성탄 처리 그리고 막처리설비

에 대한 설비 및 운전비용에 대하여 검토하고, 이를 실제로 도입할 경우의 설치 대안을 부산지역의 사례연구를 통하여 살펴봄으로써 상수고도처리 시스템의 효율적 이용 방안에 대해 고찰하고자 한다.

2. 고도정수처리 시스템

상수에서의 고도처리란 “기존의 정수처리기법으로 완전히 제거되지 않아 안심하고 마실 수 있는 음용수의 수질목표 달성이 불가능한 여러 가지 유기물질들의 처리를 위해 도입하는 새로운 수처리기법”으로 정의할 수 있으며, 대표적 기법으로는 오존, 활성탄, 막처리, 고급산화법, 탈기법, 용존공기 부상법, 이온교환수지, 생물학적 전처리 등을 들 수 있다.

구미 및 일본의 경우 맛, 냄새, 암모니아성 질소, 페놀류, THM 전구물질 생성, 조류번식, 미량유기물질 등에 의한 원수수질 악화로 오존, 활성탄, 생물활성탄, 생물처리 등을 기존정수처리 공정에 단독으로 부가하거나 조합된 형태로 구성하여 가동하고 있다 (Dyksen, 1988; 茂庭 竹生, 1994). 국내에서는 부산(화명), 인천(부평) 등의 대도시 정수장에 고도처리공정을 도입하고 있는 바, 국내외에서 고도정수시설을 갖춘 정수장들의 시설과 처리대상물질을 일반화하면 표 1과 같다.

한편, 정부는 유역특성상 생활하수와 산업폐수 등으로 원수수질이 나쁜 한강수계 3개소, 낙동강수계 12개소, 금강수계 2개소와 영산강수계 1개소 등 모두 18개 정수장에 고도정수처리방식을 도입하기로 하고(표 2), 이에 소요되는 약 3,500억원 중 50%는 국고보조로 지원하고 있다.

표 1. 국내외의 고도정수처리 비교

	미 국	일 본	유 럽	한 국
처리 대상 물질	THM 전구물질, 합성유기물질	THM 전구물질, 맛, 냄새, 조류, 암모니아성 질소	THM 전구물질, 맛, 냄새, 철, 망간	ABS, 맛, 냄새
수원	지표수, 지하수	지표수	지표수(프랑스 등) 지하수(독일)	지표수
고도 정수 시설	오존, 입상활성탄	오존, 입상활성탄, 생물처리법	오존, 입상활성탄	오존(화명), 입상활성탄(화명, 부평)

고도정수처리시설은 흔히 재래의 정수처리시설의 일부와 혼합되어 설계되는 것이 일반적이며, 이때 재래의 정수처리시설과 고도정수처리의 단위공정들을 여하히 조합하는 것이 최선의 시스템인가하는 것이 문제의 핵심이 된다. 한편, 기존정수처리시설과 고도정수처리 단위공정을 조합시켜 얻을 수 있는 고도정수처리 시스템을 바탕으로 계절별 특징이 뚜렷한 국내의 실정에 적합한 고도정수처리 시스템이 제안된 바 있다 (표 3). 본 연구에서는 이들 중 국내에 가장 많이 도입될 예정인 오존 및 활성탄처리 시스템과 프랑스를 중심으로 하는 유럽과 호주에서 활발하게 도입되고 있는 막처리 시스템을 대상으로 경제성 검토를 수행하였다.

3. 설비비 및 운영비 산정

3.1 오존 및 활성탄 설비 (표 3의 3번 시스템)

오존 및 활성탄처리 시스템의 공정도는 그림 1에 나타나 있다. 오존설비는 고압무성방전에 의한 오존발생기와 injection형 주입장치를 대상으로 하고 있다. 또한, 그림에서 보는 바와 같이 활성탄 재생설비를 병행 설치하여 운용하는 것이 일반화되어 있으므로 본 연구에서도 이를 포함하여 고려하였다.

표 4에서와 같은 설계조건 하에서의 오존 및

표 2. 도입예정 고도정수처리 정수장 (곽결호, 1994)

구 분	시설용량 (천톤/일)	총사업비 (백만원)	사업기간	지역별 특성
계 (18개소)	3,448.5	349,330		
한 강 3 개 소	120.9	14,390		
동 두 천	30	5,390	'94-'96	갈수기 전곡뎀 유량부족, 부영양화현상
원 주 제 2	85	8,500	'94-'96	섬강 오염심화 (황성 생활 오폐수 유입)
원 주 문 막	5.9	500	'94-'95	섬강(원주시, 원주공단, 오폐수 유입)
낙 동 강 12 개 소	3,147.6	316,580		
낙 동 강 제 1	310	30,400	'94-'95	낙동강 중류(상류에 구미, 김천 등 공단입지)
낙 동 강 제 2	800	67,200	'94-'97	낙동강 중류 (")
경 산 하 양	10	980	'92-'94	수질오염이 심화된 금호강 하류취수
마 산 칠 서	300	41,000	'94-'97	낙동강 하류
진 해 석 동	70	6,200	'94-'96	낙동강 하류
김 해 삼 계	60.6	5,800	'94-'96	낙동강 하류
양 산 범 어	25	5,000	'94-'96	낙동강 하류
울 산 회 야	120	42,000	'94-'98	회야댐 원수수질 악화, 상류 오염원 다양화
울 산 선 압	60	5,000	'94-'96	낙동강 하류 원동에서 취수
부 산 덕 산	1,055	89,500	'92-'94	낙동강 하류
부 산 명 장	277	19,300	'94-'96	회동 저수지(낙동강물 혼합) 수질악화
부 산 오 룬	60	4,200	'94-'96	회동 저수지 수질악화
금 강 2 개 소	60	7,160		
공 주 옥 룬	22	3,360	'94-'97	수질이 불량한 금강 중하류
군 산 제 2	38	3,800	'94-'97	수질이 불량한 금강 하류
영 산 강 1 개 소	120	11,200		
목 포 봉 탄	120	11,200	'94-'97	영산강 하류, 영산호 수질악화

표 3. 국내에 적합한 유형별 고도정수처리 시스템 (고도정수 처리기술 개발, 1993)

유형	고도정수처리 시스템
활성탄을 중심으로한 공정	1 원수, CWTS + AOP + AC (GAC, BAC)
	2 원수, CWTS + BF + O ₃ + GAC
	3 원수, CWTS + O ₃ + GAC (BAC)
	4 원수, CWTS + Ion Exchange + GAC
고급산화법을 중심으로한 공정	5 원수, CWTS + AOP + 막
	6 원수, CWTS + TiO ₂ /AOP + AC (GAC, BAC)
	7 원수, CWTS + DAF + TiO ₂ /AOP + BAC
막을 중심으로한 공정	8 원수, CWTS + 막
	9 원수, CWTS + BAC + 막
	10 원수, CWTS + PAC + 막

주) CWTS: 재래식 정수처리, AOP: 고급산화법, GAC: 입상활성탄

BAC: 생물활성탄, BF: Biofilm, DAF: 용존공기부상법, PAC: 분말활성탄

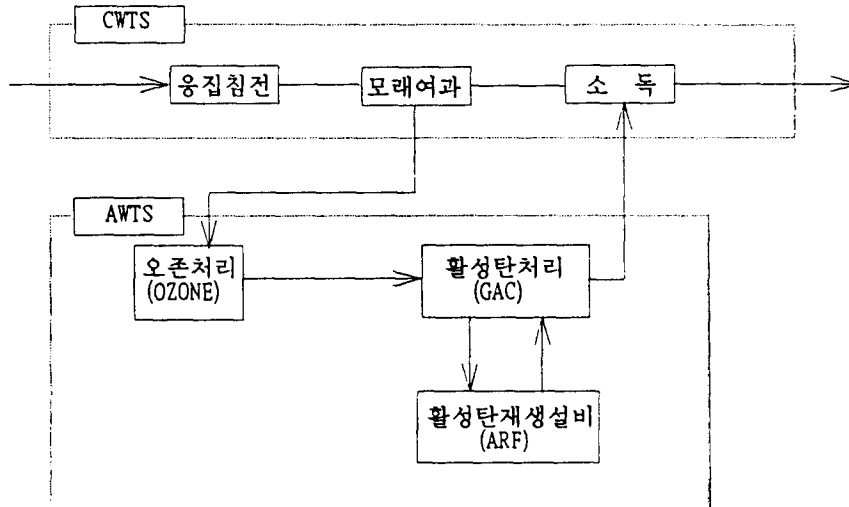


그림 1. 오존 및 활성탄처리 시스템 공정도

표 4. 설계조건

항목	오존설비	활성탄설비
시스템용량	100,000 톤/일	좌 동
경제수명	20년	좌 동
전력비	50원/KWh	좌 동
인건비	1,000,000원/월	좌 동
오존투입률	3g/ton	-
ECBT of GAC	-	15분
활성탄 수명	-	180일
연료비	-	200원/liter
Spent Rate	-	10%

표 5. 오존 및 활성탄 설비의 설비투자비와 유지보수비 (손성섭과 최광호, 1994)

		오존설비	활성탄설비
설비	처리설비	$C=1.242+0.4532(10*a*b)^{0.9266}$	$C=4.986+4.8646(6.94*b*d)^{0.6432}$
투자비	재생설비		$C=4.73+59.979(6.94*b*d/e)^{0.6432}$
유지 보수비 (/톤)	전력비	5.3원	8.7원
	인건비	1.0원	1.8원
	재료비	1.2원	6.3원
	Capital	2.0원	6.4원
	Recovery Spent Carbon	-	8.1원
	계	9.5원	31.3원

주) a: 오존투입률 (g/ton), b: 시스템 용량 (만톤/일), C: 설비투자비 (천만원),
d: Empty Bed Contact Time (EBCT) (min), e: 활성탄 수명 (days)

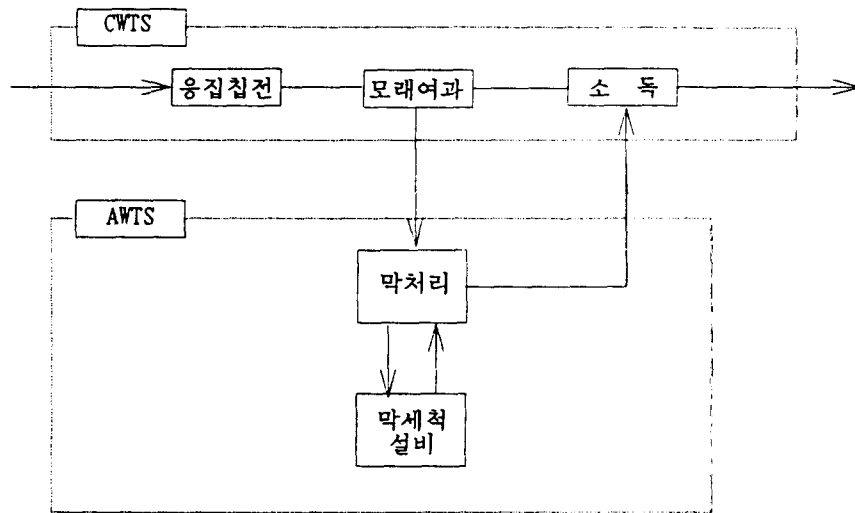


그림 2. 막처리 시스템 공정도

활성탄 설비의 설비투자비와 유지보수비는 표 5에 정리되어 있다.

3.2 막처리 설비 (표 3의 8번 시스템)

본 연구에서는 막처리 설비(그림 2)의 투자비를 산정하기 위하여 시판되는 여과장치의 가격을 종합물가정보(1994)로부터 도출하였다. 여기에 소요되는 설비는 프랑스에서의 정수처리장치 사양을 기준으로 하였으며, 일일 100,000톤 처리 규모의 물가

기준단가는 표 6에 나타낸 바와 같다.

표 6과 같이 계산된 100,000톤/일 규모의 막처리설비의 단위공정에 대한 시설 투자비에는 공사비와 지가가 포함되어 있지 않으나, 소요되는 부지의 면적이 앞서의 오존 및 활성탄 설비에 비해 적어 투자비용이 다소 적게 들 것으로 판단된다.

나) 유지 보수비

막처리 설비의 유지비용은 가압장치 등의 가동에 필요한 전력요금과 막의 교체에 따른 비용이 주를

표 6. 100,000톤/일 규모의 막처리 설비 투자비

설비	형식	수량	단가 (천원)	총액 (천원)
양수펌프	자급형 (양정 30m)	28대	1,208	33,824
원수조	500ton (FRP)	4조	9,200	36,800
원수펌프	line형(양정 25m) -원수 20만ton	18대	4,322	77,796
정밀여과막장치(MF)	폴리프로필렌 중공사 공경 0.2 μ m, flux:2.88m/d	65대	7,000	455,000
compressor	고정식(15,910 liter/min)	9대	20,350	183,150
처리수조	500ton (FRP)	4조	9,200	36,800
역세배수수조량기		65기	9,000	585,000
총계	-	-	-	1,408,370

이를 것으로 판단된다. 중공사막 방식의 경우 0.15KWh/m³의 전력이 소모되는 것으로 계상하고, 막세정빈도는 연 10회, 막교환은 4년마다 한번씩 이루어지는 것으로 가정하였을 때 (湯淺 晶, 1995), 정수 100,000톤/일 규모의 정수시설을 운영하는 데 있어서 전기료는 22,500,000원/월, 막비용은 9,479,166원/월로 산정되었으며, 따라서 1톤당 유지보수비용은 약 11원으로 계산되어, 오존 및 활성탄 설비를 병합한 시스템의 유지보수비용 40.8원(표 5 참조)의 약 1/4 수준인 것으로 나타났다.

3.3 상수고도처리 사업비 비교

가) 오존 및 활성탄 처리

상수고도처리용량 100,000톤/일의 경우 표 4의 조건에서 오존, 활성탄처리 및 활성탄 재생설비로 상수고도처리를 구성하였을 경우 시설투자비 및 유지보수비가 표 7에 나타나 있다. 처리용량 100,000톤/일의 규모는 향후 설치예정인 원주 제2(85,000톤/일), 울산 회야(120톤/일), 목포 몽탄(120톤/일) 정수장의 시설규모와 근사하므로 참고가 될 것으로 생각된다. 앞질의 비용분석에서 토지비용, 재래방식에 의한 수처리설비 비용 및 기타 간접비용이 고려되지 않은 점을 감안할 때, 환경부의 원주 제2나 목포 몽탄 정수장에 대한 사업비(각각 85억 및 112억원, 표 2 참조)는 상당한

현실성을 갖는 것으로 판단되었으나, 울산 회야의 경우(420억원) 매우 높은 투자비가 계상되어 있어 고도정수처리 시설의 경우 수질 및 지가 등에 따라 다소 큰 폭의 변동이 있을 수 있음을 시사하고 있다.

표 7. 오존과 활성탄처리를 이용한 고도정수처리 비용

설비비 (억)	오존설비	9
	활성탄설비	43
	활성탄재생설비	18
	계	70
유지보수비 (만원/일)	오존설비	95
	활성탄설비	62
	활성탄재생설비	313
	계	470

나) 막처리

정밀여과방식에 의한 막처리 공정만을 도입하는데 있어서 소요되는 시설 투자비는 앞 절 표 6에서 언급된 바와 같이 100,000톤/일의 처리 규모에 대해 순수 시설비 약 14억원이 소요될 것으로 계산되어, 오존 및 활성탄설비의 설비비 70억원의 약 1/5로 추산된다. 유지보수비는 약 110만원/일로 오존 및 활성탄설비의 470만원/일 보다 약 1/4에 달함을 보이고 있다.

3.4 시설용량을 고려한 투자비 산정

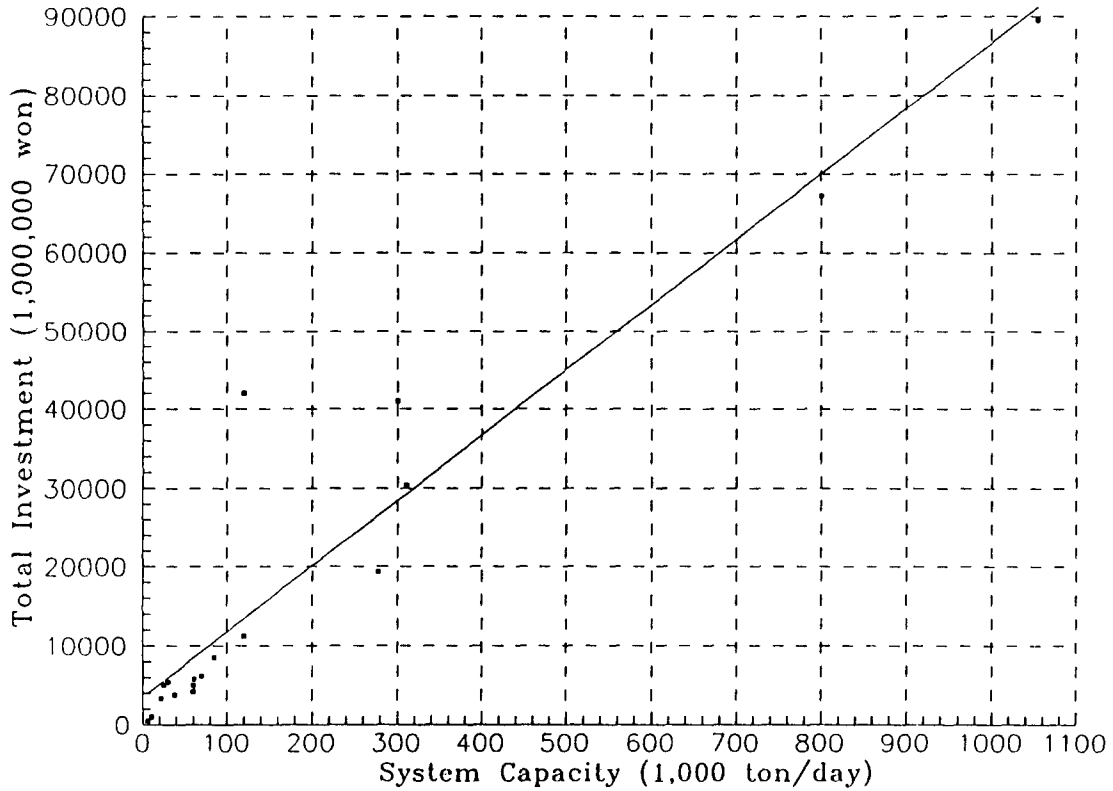


그림 3. 회기분석을 통한 시설용량 대 사업비 상관관계

앞서의 상수고도처리 시설에 대한 설비비 및 운전비는 100,000톤/일 규모에 대해 분석된 것이다. 그러나 실제의 경우는 상수 공급 구역의 급수인구 및 면적에 따라 매우 다양한 규모가 요구되고 있으며, 이 경우 단순히 처리 규모의 비율만을 곱하여 총투자비를 산정한다는 것은 현실적으로 옳지 않은 방법이다.

따라서 본 연구에서는 상수고도처리 규모에 따른 총 투자비를 산정할 수 있는 식을 도출하기 위하여 표 2에 제시된 계획 중 또는 기 설치된 고도정수처리 정수장을 대상으로 시설용량 대 총투자비의 상관관계를 유도하였다. 선형회귀분석을 통해 유도된 상관관계식은 식 (1)과 같다 (그림 3).

$$\text{총사업비 (백만원)} = 3477.05 + 83.15 * \text{시설용량 (천톤/일)} \quad (1)$$

식 (1)의 상관계수 r^2 은 0.896으로 나타나 매우 높은 상관성이 있는 것으로 분석되었다.

4. 급배수체계를 고려한 상수공급 대안

4.1 대안의 도출

고도처리공정을 거친 물을 각 가정으로 공급하는 대안으로는 (1) 전량 기존의 상수관로를 통해 공급하는 안, (2) 전량을 전체 상수관로를 개량하여 공급하는 안, (3) 상질수의 수요에 대해서만 고도 처리한 후 별도의 관로를 신설하여 이원 급수체제로 공급하는 안, 또는 (4) 상질수를 수요자에게 병물로 공급하는 안 등이 고려될 수 있다.

대안 1: 전량 고도정수처리하여 기존의 상수관로를 이용하는 안

1992년말 현재 매설되어 있는 수도관의 총연장은 98,681km로서 이 가운데 송수관은 4.1%인 4,018km, 배수관은 34.0%인 33,591km이며, 나머

지 61.9%는 급수관으로 연장은 61,072km이다. 이를 관종별로 구분해 보면 강관이 32,415km로서 32.9%, 주철관 28,720km로서 29.1%, 또 합성수지관은 17,797km로서 18.0%를 차지하고 있다. 총연장중 20년 이상된 낡은 관은 5.8%인 5,673km에 이르고 있다.

고가의 처리비용을 들여 만들어낸 물이 기존의 노후된 관을 통과하면서 수질이 저하된다면, 결과적으로는 처리비용의 낭비이며, 깨끗한 물을 소비자에게 안전하게 공급하고자 하는 목적은 이루어질 수 없는 것이다. 그러나 기존의 상수관로를 이용한다면 비용부담의 측면에서는 고도정수처리 시설비용만이 추가로 부담될 뿐이다.

대안 2: 전량 고도정수처리하여 신규 관로로 공급하는 안

고도정수처리된 물을 안정적으로 공급하기 위하여 신규관로를 매설하는 것은 가장 바람직한 방법이라 할 수 있지만, 전체 상수수요에 대해 고도정수처리를 하여 신규관로를 통해 공급한다면 이에 소요되는 비용이 기타 방법에 비해 대단히 클 뿐 아니라, 상수 관로를 통해 공급되는 물이 화장실 용수나 청소 용수 등 허드렛물로도 이용되는 점을 감안할 때 이 방법은 매우 비효율적인 것이 된다. 신규 관로에 소요되는 비용은 환경부에서 계획하고 있는 노후 수도관 교체계획이 참고가 된다. 즉, 노후관 20,434km에 대한 개량 및 교체비용은 1조 5,770억원으로부터 미터당 77,000원의 단가가 계산되며 (곽결호, 1994), 따라서 전체관로 98,681km를 고도정수처리수용으로 새로 매설하려면 약 7조 6천억원 상당의 예산이 필요하다고 볼 수 있다. 새로운 관로를 이용함으로써 관로의 오염에 의한 수질저하를 방지할 수 있고, 초기의 비용부담의 측면으로 고도정수처리시설비가 절감될 수 있으나, 각 가정에서는 상질수용 관로를 새로 설치하기 위한 비용을 부담하여야 할 것이다. 따라서, 설비비로 인한 수도요금의 인상이 불가피하고 경제적으로 막대한 부담을 초래할 수 있다.

대안 3: 음용수만을 고도정수처리하여 신규 관

로로 공급하는 안

이 방법은 상질수의 소요량에 대해서만 고도처리를 하므로 고도정수처리 설비 비용이 절감될 수 있다. 송수량이 기존의 상수도에 비해 적을 것이므로 소규모 관로가 기존과 동일한 연장으로 필요할 것이다. 그러나 이에 대한 관로매설비용은 관련 자료가 충분치 않아 대안 2에서와 같은 단가를 적용하기로 한다.

대안 4: 음용수만을 고도정수처리하여 병물로 공급하는 안

고도정수처리수 공급의 대안으로 병에 의한 공급을 고려 해볼 수 있다. 병에 의한 공급은 음용수의 목적으로밖에 이용될 수 없는 한계를 가지고 있지만, 수질저하의 위험없이 각 가정에 공급될 수 있다는 장점이 있다. 경제적인 측면으로 운반비용 등의 물류비용을 고려해야 하고, 사회적인 측면으로 병물을 공급받는 계층과 공급받지 못하는 계층의 위화감이 조성될 수도 있다. 또한 궁극적으로 국가와 개인생수공급업자간의 마찰이 발생할 소지도 없지 않다.

4.2 사례연구 지역 현황

본 연구에서는 고도정수처리 시스템을 도입하기 위한 사례 연구의 대상으로 부산시를 선택하였다. 부산시는 취수원이 낙동강 하류에 위치하고 있어 원수의 수질이 불량하여 기존의 시설만으로도 정수에 소요되는 비용이 고가이며(표 8), 상당 부분의 지역이 해안 매립지역에 위치하고 있어 매설되어 있는 수도관이 조기에 노후화될 뿐 아니라(표 9), 고지대 등 가압급수지역이 과도하게 많아 동력비가 많이 드는 등 유지관리비가 여타 도시에 비해 상대적으로 매우 높은 것으로 나타나 있다 (상수도행정, 1994).

한편 부산시의 급수현황을 보면 1992년 현재 총 급수인구는 3,793천명 (상시급수 86%, 시간제 급수 14%)으로 급수보급률이 98.1%로 우리나라 최대 도시인 서울 99.9%에는 미치지 못하였으나, 대

표 8. 주요도시별 상수도 생산원가 및 판매단가 비교

(단위: 원/톤, 92.12.31 기준)

구 분	부 산	서 울	대 구	인 천	광 주	대 전
생산원가	356.23	263.61	286.61	291.65	297.53	270.93
판매단가	274.34	185.81	238.19	254.66	285.56	228.12
차 액	-77.89	-77.93	-48.42	-36.99	-11.97	-42.81

표 9. 주요도시별 유수율 비교

(단위: %, 92.12.31 기준)

구 분	부 산	서 울	대 구	인 천	광 주	대 전
유수율	63.01	58.4	71.1	62.8	60.2	64.9
무수율	36.99	41.6	28.9	37.2	39.8	35.1
누수율	20.0	21.1	17.6	21.7	21.2	20.5

구의 98.0%, 인천의 97.2% 보다는 다소 높은 것으로 나타났다.

1일 급수량은 최대 1,766천톤, 평균 1,622천톤으로 1인 1일 급수량은 428리터로서, 역시 서울 457, 대구 407, 인천 410리터의 중간정도이며, 원수 의존률은 표 10에 나타난 바와 같다.

표 10. 부산시 상수도의 원수 의존률

원수원	정수장	수량 (천톤)
낙동강(92%)	덕산	1,055
	화명	600
	명장·오륜	180
수원지(8%)	회동	157
	법기	8

주) 1992년 기준

부산시의 급수구역 및 취·정수장의 위치는 그림 4에 나타내었다.

부산·경남권에 대한 수자원의 주공급원인 낙동강이 최근 몇 년간 심각한 오염 사고를 일으켜 시민들이 수돗물에 대한 신뢰를 상실하였으며, 갈수기에는 수량부족으로 인하여 취수가 중단되는 등의 음용수 공급에 많은 차질을 빚은 바 있다. 특히 부산의 경우 낙동강의 최남단에 위치하고 있는 관계로 물금 및 매리취수구 상류의 오염물질 배출에 완전히 노출되어 있는 실정이며, 주된 오염원은 상류지역의 공단하폐수, 축산폐수, 생활하수 등 다양한 양상을 보이고 있다.

이와 같이 열악한 상황으로 미루어 볼 때, 부산시는

고도정수처리를 도입하여야 할 필요성이 매우 높은 지역으로, 94년 이후 노후관개량에 1,430억원, 고도정수처리 시설에 1,396억원을 투자하여 1997년까지 맑은 물 공급대책을 수립하도록 계획하고 있다.

4.3 대안의 적용

4.2절에서 도출한 대안들을 부산지역에 적용하여 총사업비(시설비 + 급배수관 설치비)를 산정하여 비교하였다.

대안 1: 식 (1)을 이용하여 계산한 고도정수시설에 대한 설비투자비는 시설용량 200만톤/일에 대해 1,697억원이다. 여기에 기존의 노후관 개량에 소요되는 비용인 1,430억원을 가산할 경우 총 사업비는 3,127억원이 소요된다.

대안 2: 식 (1)을 이용한 고도정수시설에 대한 설비투자비는 대안 1과 같이 1,697억원이며, 관로 총 연장 9,249km에 대한 신규관로 설치 비용은 7,121억원이 소요되므로 총 사업비는 8,818억원이 된다.

대안 3: 음용수 및 조리용수 등에 국한되어 사용될 1일 필요 상질수의 양은 2ℓ/인/일로 추산하여 500만 인구 규모에 대해 이 기준을 적용하면 10,000톤/일이 되며, 이에 소요되는 고도처리시설 투자비는 식 (1)로부터 43억원이다. 또한 이의 공급을 위한 신규관망의 건설비용은 기존의 관망과 거의 같은 길이가 소요될 것으로 보이며, 따라서 그 비용은 대안 2에서 고려한 바

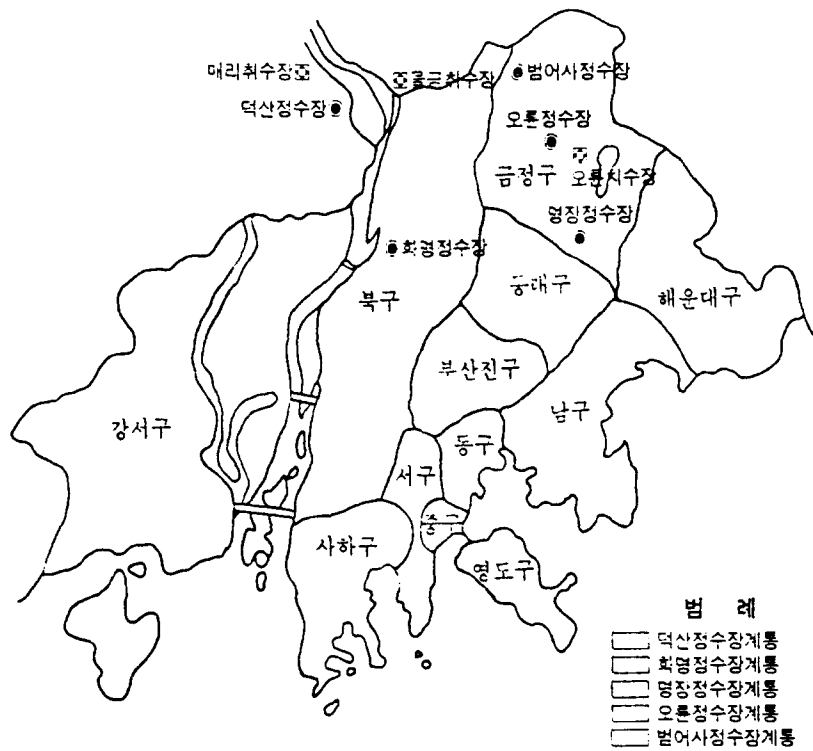


그림 4. 부산시의 급수구역 및 취/정수장

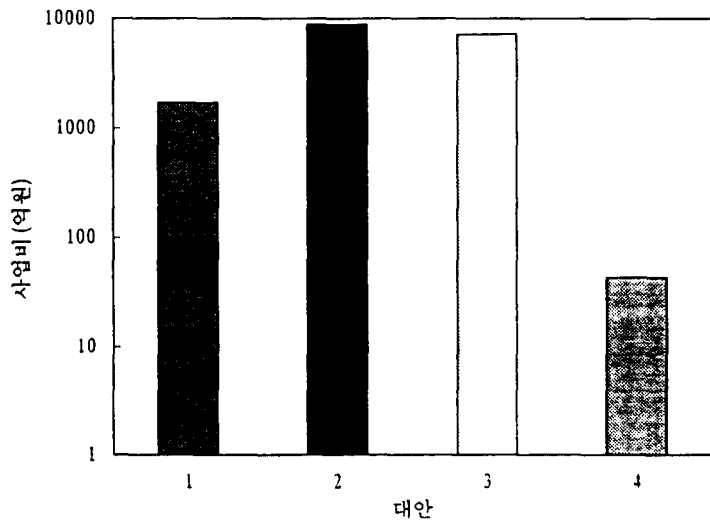


그림 5. 대안별 총투자비 비교

와 같이 약 7,121억원, 총사업비는 7,164억원이 소요된다.

대안 4: 고도정수처리비용은 대안 3의 경우와 마찬가지로 43억원이며, 병 배달을 위한 물류비용의 산정은 8톤 트럭이 1일 8시간 동안 4회 배달하는 것으로 가정하고, 병무게를 고려하여 8톤 트럭 1대에 6톤의 정수를 수송하는 것으로 가정하면, 1일 소요 트럭 수는 417대가 되며 1일 용차료를 77,380원으로 하면 총 수송비는 32,242천원/일이 되는 것으로 나타났다. 여기에 병입 설비의 가동과 인건비 등을 고려하면 1일 약 3,500-4,000만원의 비용이 소요될 것으로 예상된다.

부산시에서 맑은 물 공급을 위해 고도정수처리시설의 도입과 노후관 개량을 위해 기존에 수립한 예산과 위의 각종 대안에 대한 투자비를 비교하면 그림 5와 같이 나타낼 수 있다.

지금까지 살펴본 바와 같이 각 대안들은 투자비용과 효용에 있어서 장단점을 가지고 있음이 명백하다. 고도정수처리한 전량 혹은 일부를 위해 신규관로를 매설하는 것은 상당한 추가 비용이 요구되며, 기존의 관로를 이용하면 상수수질의 악화를 초래할 우려가 있다. 음용수만을 고도정수처리하여 병물로 공급하는 방안의 경우 시설투자는 다른 대안에 비해 약 0.4-2%만이 소요된다. 한편 수송비용을 포함한 유지비용이 다른 대안에 비해 약 10배에 달하나, 대안1-3에 소요되는 시설투자비 차액이 대안 4로 약 1,000년간 운용할 수 있는 금액임을 고려할 때 매우 경제성이 있다고 하겠다.

5. 결 론

고도정수처리에 의한 상수공급에 있어서 정수기술에 관한 연구에 비해 비용을 고려한 효율적 도입과 이용에 관한 연구는 활발하지 못한 형편이다. 본 연구에서는 오존 및 활성탄처리와 막처리 설비를 중심으로 설비 및 운전비용을 추산하는 방법을 제시하였다. 또한 정수처리된 상질의 물을 공급하는 네 가지 대안을 도출하고, 이를 부산지역을 대상으로 한 경제성 검토를 통해 비교분석하여 다음

과 같은 결론을 얻었다.

1. 오존 및 활성탄처리를 사용하는 상수고도처리시스템의 설비비 및 유지보수비를 추산하여 유사한 규모로 국내에 계획 중인 정수장의 사업비와 비교한 결과 현실성이 있는 것으로 나타났다.
2. 그러나 원수수질 및 토지비용에 따라 다소 큰 폭의 투자비 변동이 있을 수 있다.
3. 타당성이 확인된 계획투자비 자료를 이용하여 선형회기분석으로 상관계수 0.896을 갖는 총사업비와 시설용량의 상관관계식 (1)을 유도하였다.
4. 동일한 규모의 시설용량인 경우 막처리 시스템은 오존 및 활성탄처리 시스템에 비해 시설투자는 약 1/5, 유지보수비는 약 1/4 수준을 나타냈다.
5. 고도정수처리한 물을 공급하기 위한 급배수체계에 관한 네 가지 대안을 도출하여 부산지역에 적용한 결과, 기존 혹은 신규관로를 통한 방법보다 음용수만을 고도정수처리하여 병물로 공급하는 안이 가장 경제성이 있는 것으로 나타났다.

감사의 글

본 연구를 수행함에 있어 도움을 아끼지 않은 고덕구 박사와 오천석씨께 깊은 감사를 드린다.

참 고 문 헌

- 고도정수 처리기술 개발: 고도정수처리 시스템개발. (1993). 환경처, 과학기술처.
- 곽결호 (1994). "한국의 상수도 정책의 방향과 과제." 대한환경공학회지, 제16권, 제5호, pp. 577-588.
- 대청용수내 고도정수처리 적용방안 연구 (2차년도). (1994). 한국수자원공사.
- 상수도행정. (1994). 부산직할시 상수도사업본부.
- 손성섭, 최광호 (1994). "활성탄여과에 의한 상수고도처리기술." '94 제2차 한일 공동 환경 심포지움. pp. 159-181.
- 종합물가정보. (1994). 한국물가정보, 통권 281.

한국환경연감. (1992). 환경처, 제5호.

Dyksen, J.E. (1988). "SDWA amendments: Effects on the water industry." *J. of Am. Water Works Assoc.*, Vol. 80, No. 1, pp. 30-35.

茂庭 竹生 (1994). "일본의 고도정수처리 현황." 대한 환경공학회지, 제16권, 제6호, pp. 711-715.

湯淺 晶 (1995). "막여과형 정수처리의 현상." 상하수도학회지, 제9권, 제4호, pp. 39-45.

〈접수: 1995년 8월 8일〉