

하수처리수를 활용한 중수도의 도입방안 연구 A study on the device introduction of wastewater reclamation system a treated sewage

박 노 삼* · 박 상 현**
Rho-Sam Park*, Sang-Hyun Park**

<Abstract>

After studying several methods of the application a device of a treated sewage in anticipation of the future shortage of the duty of water, we could have some conclusion as the following : Advanced treatment systems are essential prerequisites in reusing a treated sewage. And in a short term, the application of reusing a treated sewage should go first to new building areas near the sewage but for the long run, it should cover the whole area of Taegu, it is desirable that the pipe line networks which include dual water systems as well as water supply should be spread throughout the whole city. The city authorities have to make every effort to step up publicity activities on this plan to all the citizens and building owners to steadily carry out this project and encourage private constructors to participate with the help of SOC. And for the long run, it is desirable that the application of reusing a treated sewage should be obligatory.

Key Words : Treatment, Sewage, SOC, Network, Wastewater reclamation

1. 서 론

최근 도시화가 현저하게 진행되면서 도시의 물순환은 매우 황폐화 되었다. 이러한 원인으로서는 무계획적인 개발에 의한 도시지역의 확대, 도로포장 등의 보급, 빗물 보수기능 및 침투기능을 하는 Open Space 등의 감소에 의한 고유유량의 감소를 들 수 있을 것이다. 더욱이 도시화 진행과 함께 도시용수의 필요성이 증대되어¹⁾ 이에 대처하기 위하여 그동안 다목적 댐을

건설하여 수자원의 합리적인 사용을 위해 노력하고 있으나 장래에도 꾸준히 증대될 수요에 대해서 댐건설적지의 감소, 막대한 예산, 주민의 이주 및 보상, 환경에 대한 영향²⁾으로 심각한 문제점이 대두되고 있다. 그러나 장래의 물수요는 생활용수에서는 상하수도의 보급확대, 생활수준의 향상, 핵가족화의 진행, 사회 및 경제활동의 고도화 등으로 인하여 단계적으로 증가할 것이 예상되고, 공업용수에서도 자원절약화 회수율의 향상 등으로 인하여 그 증가율은

* 정회원, 경일대학교 토목공학과 교수

** 대구대학교 토목공학과 박사과정

다소 둔화될지라도 전반적인 산업발전이 지속될 것이므로 수요량의 증대는 확실하다. 이같은 수자원 현안을 해결하기 위해서는 기존의 일반적인 수자원 관리 이외에도 새로운 수자원의 개발의 중요성에 입각하여 하수처리수 등을 이용한 중수도에 대한 관심을 가져야 할 때이다.

외국에서는 이런 점을 감안하여 도시의 기반시설인 하수도의 중점사업을 풍요롭고 쾌적한 생활환경을 제공하는 것 이외에 도시에 잠재하는 에너지로서 하수도 자원을 효율적으로 이용하는 방안이 다각적으로 연구되고 있다. 새로운 수자원의 일환인 하수처리수는 세정용수, 공업용수, 유지용수 등 이용범위가 매우 광범위하며, 그 중 일부는 경제적, 기술적 문제로 인하여 당장 활용하기에는 현실적으로 어려운 부문도 있으나 용도별 원수로의 하수처리수는 연중 상당한 수량을 안정적으로 확보할 수 있어 이를 적절하게 재이용하면 큰 효과를 얻을 수 있을 것으로 사료된다. 따라서 본 연구에서는 T시에 입지하고 있는 하수처리장을 중심으로 하수처리수의 이용형태와 문제점을 고찰하고, 하수처리수 뿐만 아니라 일반 잡용수를 적절하게 재이용하고 있는 선진사례를 통해 T시에서의 적용가능성을 제시하고자 한다.

2. 처리수 재이용 실태 및 제반조건

2.1 중수도의 이용 가능성 검토

중수도의 이용 수원으로서의 하수처리수, 하천수, 일반 건물에서 배출되는 잡용수 등을 들 수 있으며, 본 연구에서는 T시에서 발생하는 하수처리수를 중심으로 이의 활용방안을 중점적으로 검토하였다. 1999년 현재 T시의 하수처리시설 용량은 177만톤/일로서 타 시도에 비하여 상대적으로 많은 시설을 갖고 있다. 또한, 처리되는 하수량도 '93년 1일 60만톤이었으나, '99년 현재 155만톤으로서 2배 이상의 처리량을 보이고 있다. 그러나 지금까지 많은 량의 처리수가 다양한 용도로 재 이용되지 못해 유효자원의 손실을 가져오고 있으며, 그나마 최근 부분적이거나 갈수기에 하천수량 부족으로 오염이 심각한 신천의 유지용수(1일 10만톤)로 이용되고 있어 다행한 일이나 총 하수처리량과 비

교할 때 활용율이 극히 미약한 수준(0.16%)이다.

따라서 귀중한 수자원이면서도 방치되어온 하수처리수를 다용도로 활용할 수 있는 방안이 모색되어야 할 것으로 보이는 데, 이를 위해서는 하수처리 공정에 있어서 고도처리가 무엇보다 선행되어야 하겠다. 이러한 측면에서 최근 T시의 하수정책을 보면, 단계적으로나마 각 처리장별 고도정수처리를 계획하고 있어 처리수의 고급화가 전망되며, 처리수의 재활용 가능성을 더욱 높게 하고 있다.

2.2 대상 하수처리장 현황

T시의 하수처리장은 D처리장 2개(생활계·공단계)와 S, B, SB처리장이 운영 중에 있으나, 본 연구에서 분석을 시도한 하수처리장은 D하수처리장 2개 생활계(Dd), 공단계(Df) 및 1993년부터 가동중인 S하수처리장을 대상으로 처리유량, BOD, COD, SS, T-N, T-P 등의 수질항목을 분석하여 하수처리수의 재활용 가능성을 판단하는 데 참고로 하였다.

1) D하수처리장

D하수처리장은 생활하수를 처리하는 생활계(Dd) 및 공단폐수를 처리하는 공단계(Df)의 2개 처리장으로서 처리구역은 3공단, 달서, 비산, 이현 등을 포함하고 있으며, 3공단 분구내에는 공단천의 통수능력, 지형을 감안 3공단을 분할, 침산배수구를 별도로 구성, 우수는 금호강으로 직접 방류하고 있으며, 발생하수는 D하수처리장의 한정된 시설부지와 오수이송의 어려움으로 금호강변에 차집관로를 부설 신천차집관로를 통해($\phi 800\text{mm}$, L=410.0m) S하수처리장에서 처리하고 있다. 전술한 바와 같이 본 연구대상 처리장인 D하수처리장은 2개(Dd, Df)로서 지형, 하·폐수 발생현황에 의하여 <Table 1>에서와 같이 처리분구를 결정하고 있다. 전체 용도지역 중 주거지역이 54.5%를 구성하고 있으나, 하수의 질적인 측면으로 보면 가장 악영향을 미치는 공업지역이 26.9%나 구성되어 있어 하수의 질적악화를 가져오고 있다. 자료³⁾를 참고하면, 이러한 현상은 S하수처리장의 방류수에 의한 BOD 배출부하가 5,570kg/day인데 반하여,

<Table 3> The inlet sewage volume on the respectively treatment plant(m³/day)

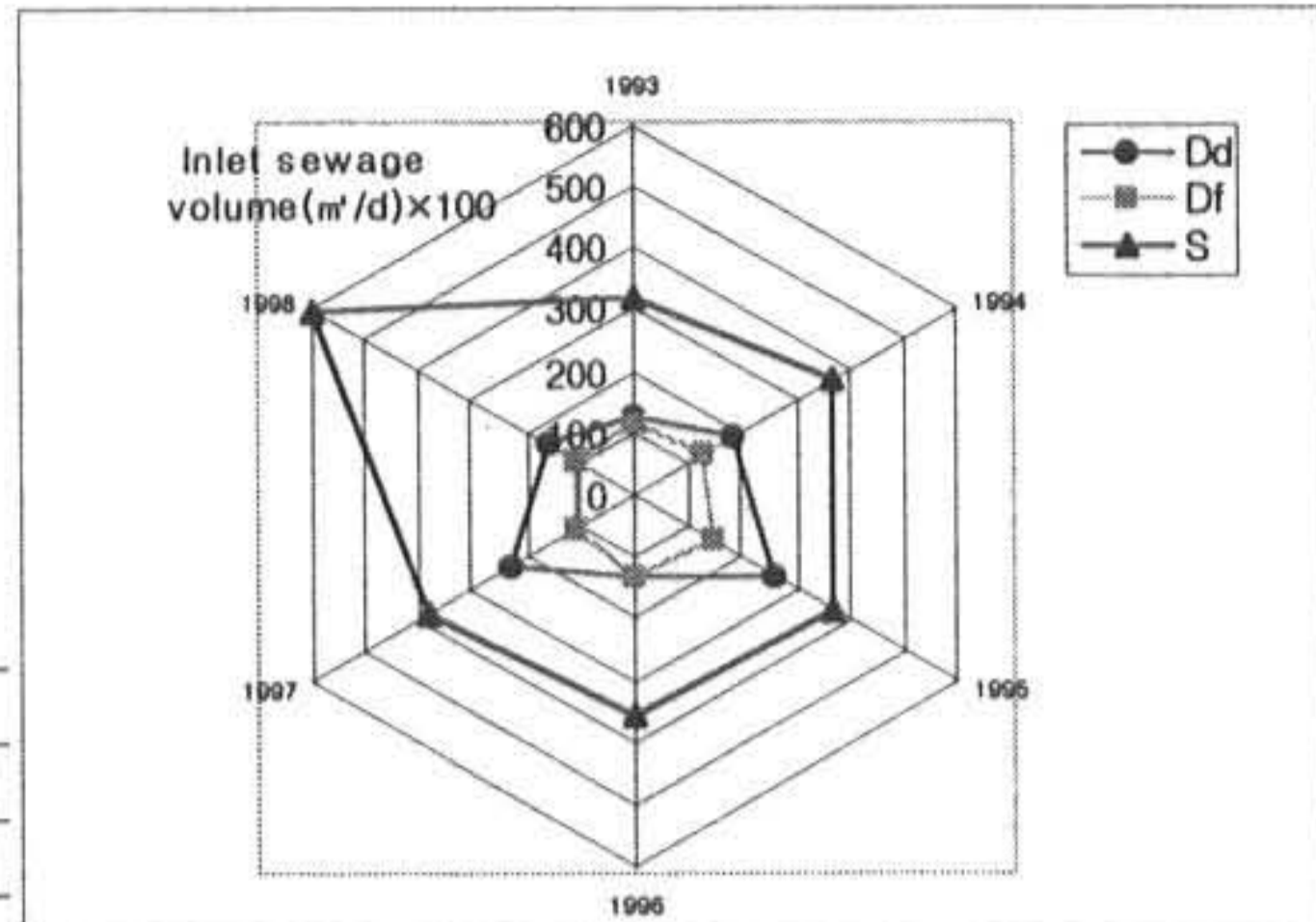
Division of treatment	Area for use region (ha)				Total
	Residing	Commerce	Industry	Plantation	
Total	1,094	314	540	61	2,009
3-Industrial Zone	50	47	378	41	516
Dalser	627	234	-	17	878
Bisan	37	15	-	-	52
Eahyun	380	18	162	3	563

D하수처리장의 BOD배출부하가 6,406kg/day를 나타내 이를 입증하고 있으며, 이들 처리수가 유입되기 전의 지점인 팔달교 지점에서의 부하량과 농도도 각각 5,614kg/day와 7.8mg/l로서 상당히 높은 수준을 유지하고 있는 것으로 나타나고 있다.

<Table 1> Area of treatment region for D sewage plant

Division of treatment	Area for use region (ha)				Total
	Residing	Commerce	Industry	Plantation	
Total	4,396	818	525	9,870	15,609
Ahansim	338	41	103	-	482
Dongchon	412	54	-	25	491
Bulo	80	7	-	34	121
Bongmu	15	-	-	166	181
Kongsan	473	-	-	6,357	6,830
Shinchun (Right bank)	1,436	198	-	729	2,363
Shinchun (Left bank)	624	201	-	1,555	2,380
Hyomok	443	133	-	180	756
Sangyek	345	114	207	37	703
Chimsan	36	65	153	46	300
Choya	17	-	-	-	17
Chisan	151	5	-	549	705

<Table 2> Area of treatment region for S sewage plant



<Fig. 1> The inlet sewage volume on the respectively treatment plant

2) S하수처리장

1993년 6월부터 정상가동중인 S하수처리장은 1984년 하수도정비기본계획 당시 신천처리구와 동촌처리구로 분할 계획하였으나, S처리장 계획과정에서 금호강의 수질개선효과, 유지관리, 토지이용, 주변환경, 공사비 등을 종합적으로 재검토하여 동촌처리구를 신천처리구에 통합함으로써 처리구역을 조정하였다.

동촌, 안심구역은 금호강을 따라 동촌차집관거를 부설, S처리장에서 처리하고 있으며, 신천

처리구역은 신천좌·우안을 따라 오수를 차집, S 처리장에서 처리하고 있다. S처리장의 처리분구별 면적은 1/500 하수관로 대장과 1/2,500계획 평면도를 기준으로 조사되었으며, 그 결과는

Division	Dd	Df	S
1993	124,176	115,427	318,103
1994	182,143	124,870	364,440
1995	257,803	141,964	365,783
1996	129,849	133,439	353,139
1997	225,909	111,269	378,110
1998	159,461	106,746	588,355

<Table 2>와 같다.

2.3 유·출입 하수의 성상분석

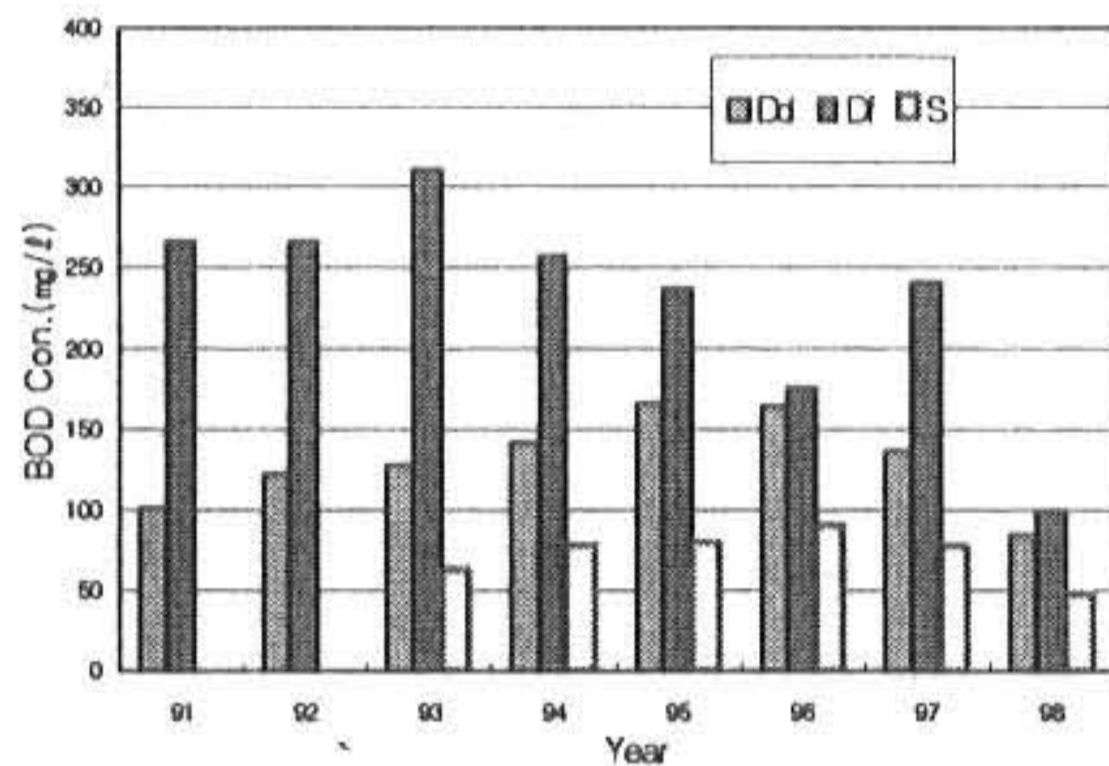
본 연구에서 이용된 수질 등 제반사항에 대한 분석은 T시에서 제공된 1993년부터 1998년까지의 자료를 이용하였으나, S하수처리장의 경우 정상가동되기 시작한 1993년 6월 이후의 자료를 이용하였으며, 일부 자료의 경우 1999년

현재의 자료를 활용하였다. <Table 3> 및 <Fig. 1>은 조사대상 처리장의 연도별 하수유입량 추이를 나타내고 있다.

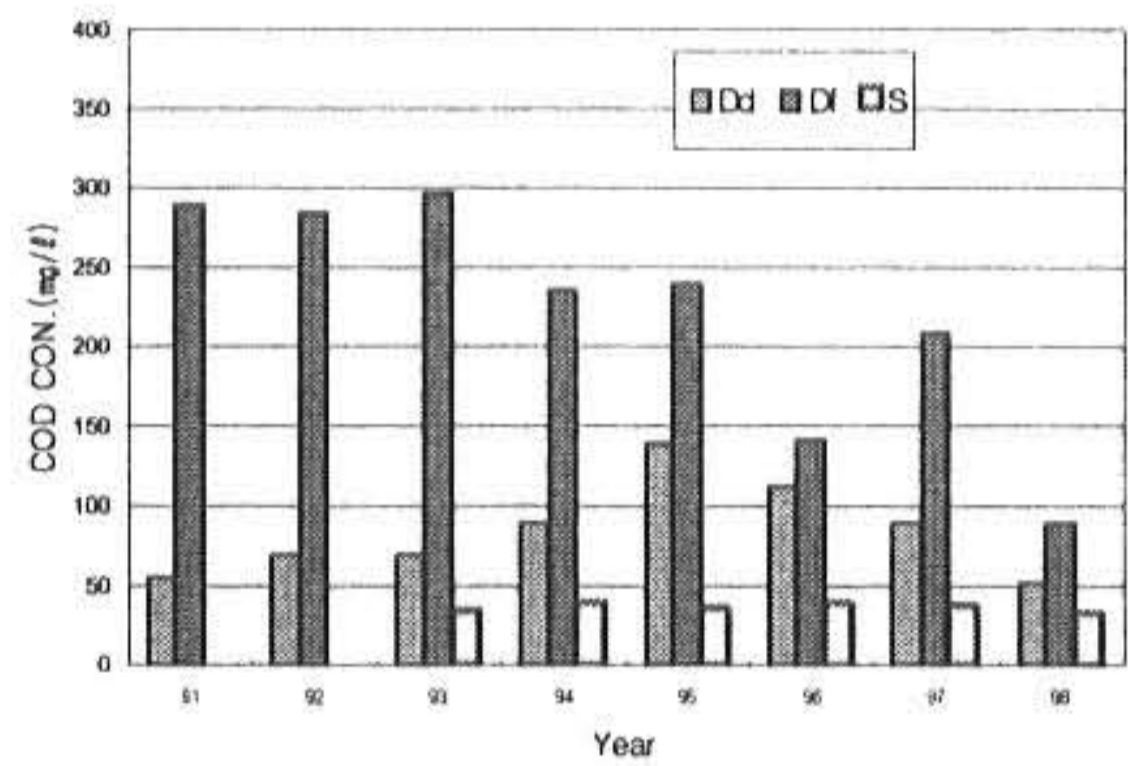
각 처리장별 유입하수량을 보면 <Table 3>에서 나타낸 바와 같이 1998년을 기준으로 처리구역이 가장 넓은(15,609ha) S처리장이 588,355m³/day로서 폭발적인 증가를 나타내고 있으며, 다음으로 D처리구역(2,009ha)의 Dd계통이 159,461m³/day, Df계통이 106,746m³/day순으로 나타났다.

한편, <Fig. 2>~<Fig. 4>는 조사대상 처리장에 대한 BOD, COD, SS의 유입수질 분석결과를 나타내고 있다.

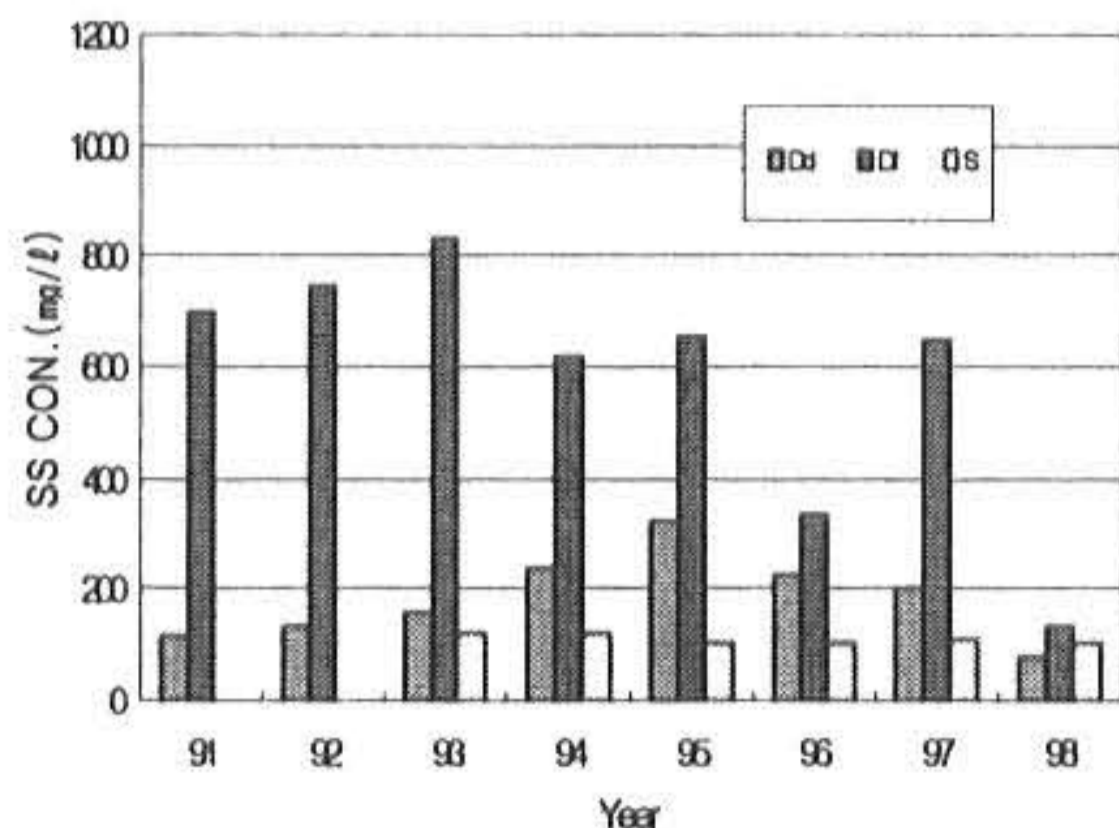
그림에서 나타난 바와 같이 전체적으로 D처리장의 생활계 및 S처리장의 경우 유입수질의 농도가 일정한 경향을 나타내고 있으나 공단의 경우 큰 폭의 농도변화를 나타내고 있음을 알 수 있다. 이는 생활하수의 경우 배출수의 농도를 어느 정도 일정하게 유지하고 있으나, 공단 폐수의 경우는 각 공장별로 유출수의 농도 변



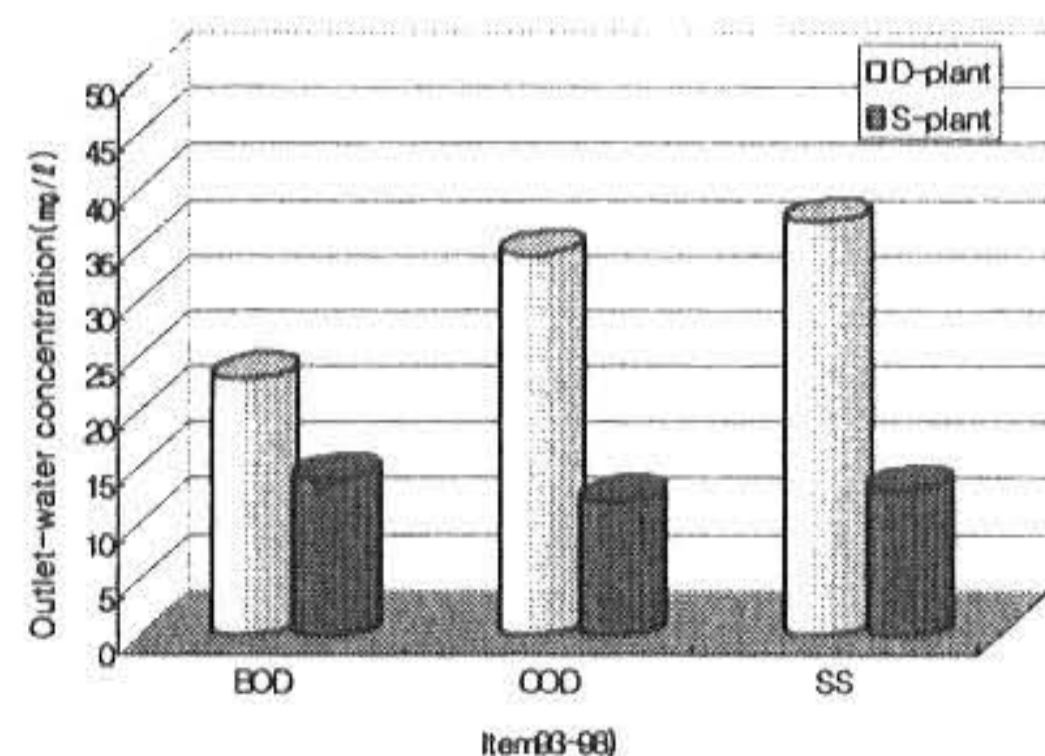
<Fig.2> The inlet BOD concentration on the respectively



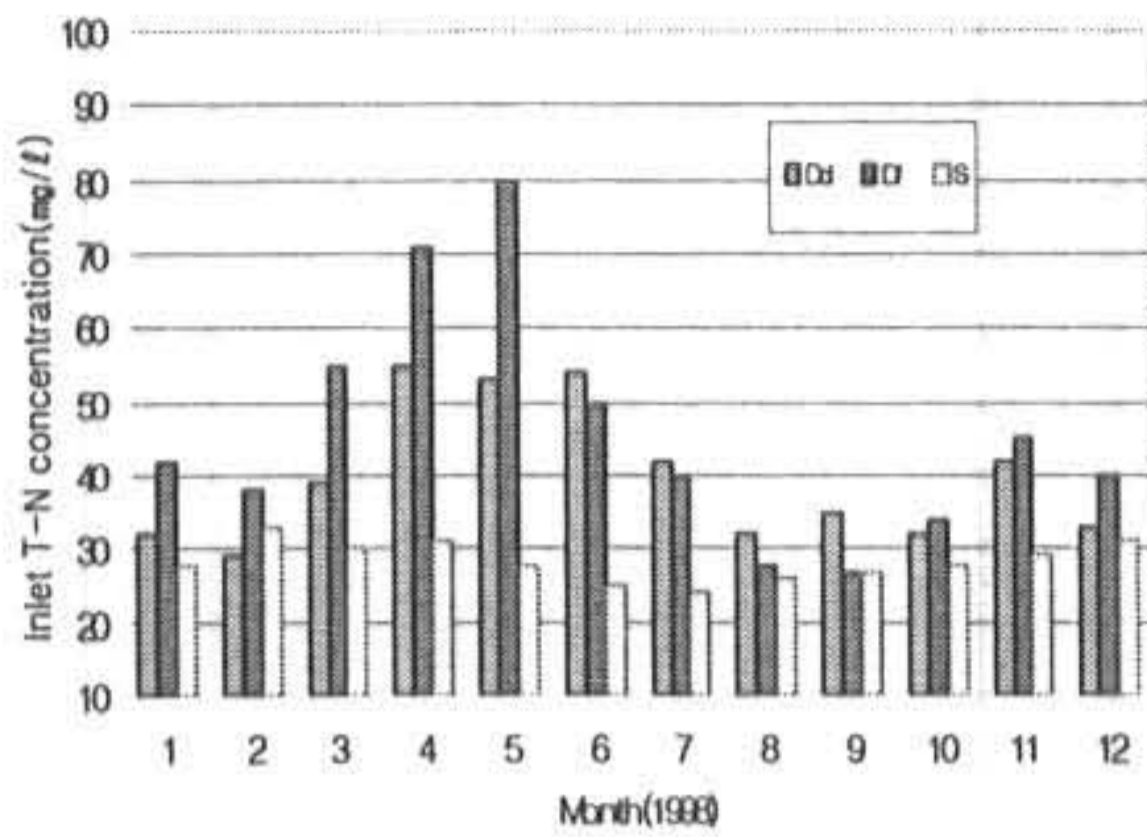
<Fig.3> The inlet COD concentration on the respectively



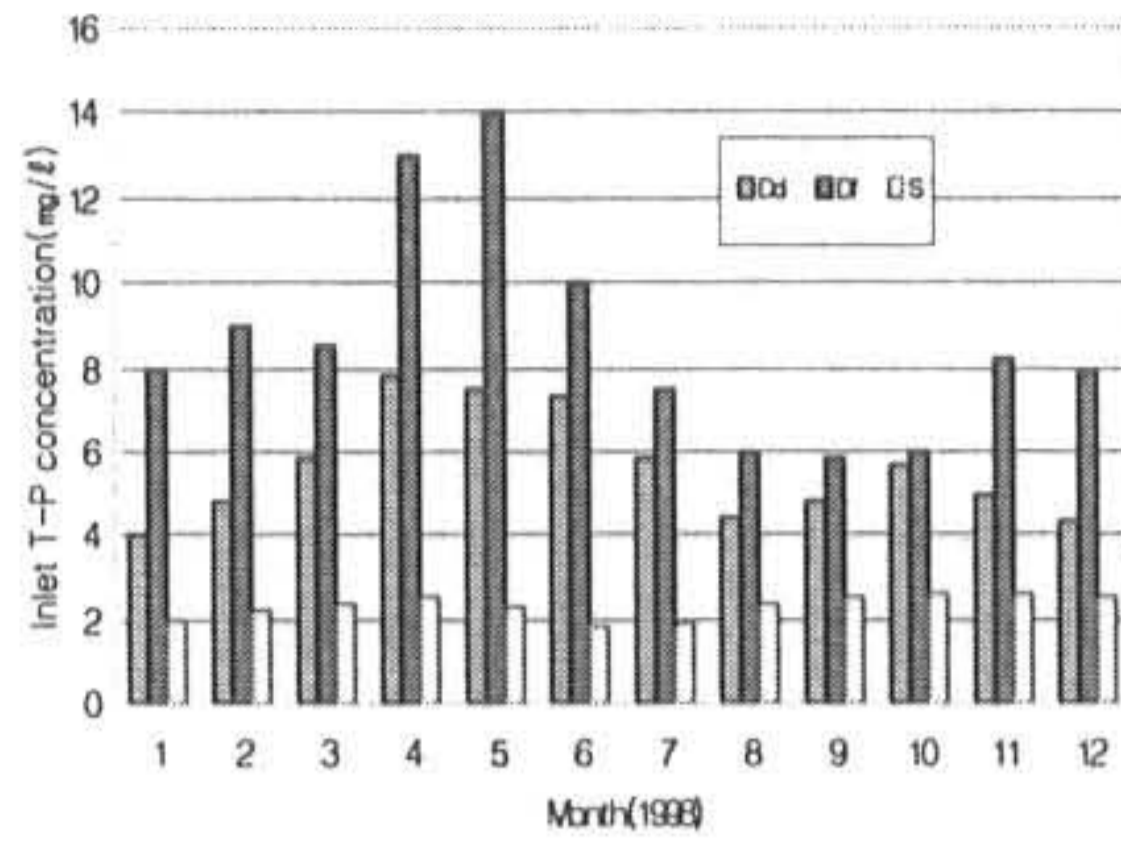
<Fig.4> The inlet SS concentration on the respectively



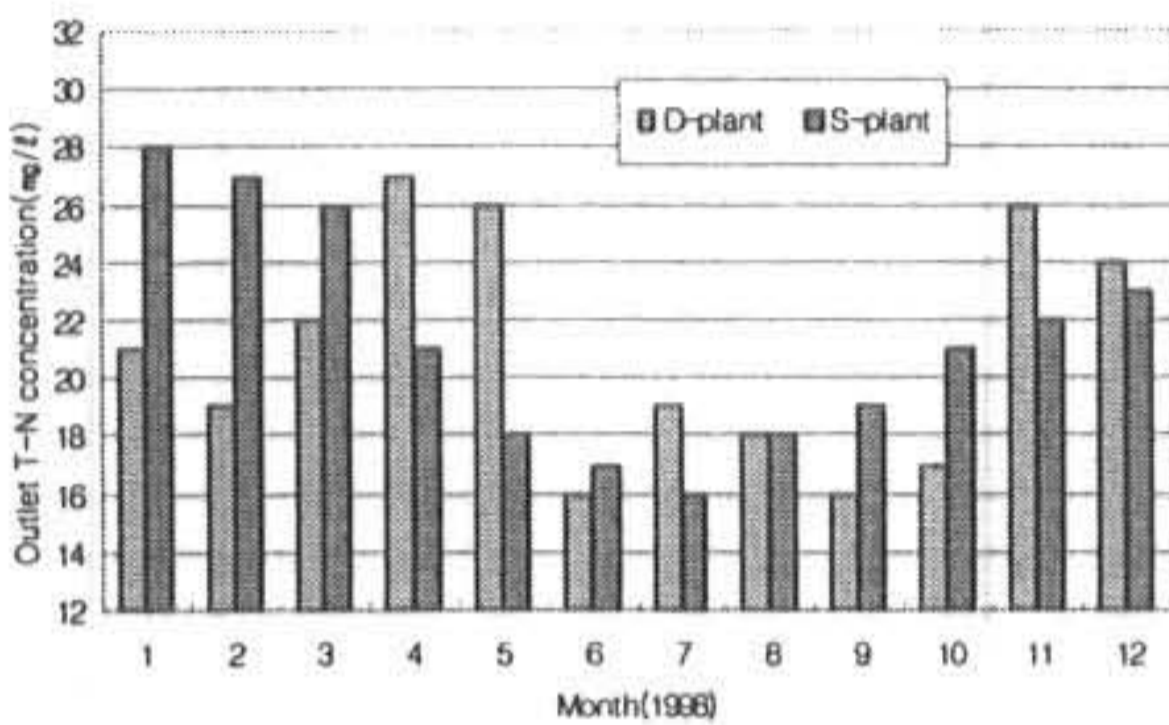
<Fig.5> The outlet-water concentration on the respectively treatment plant



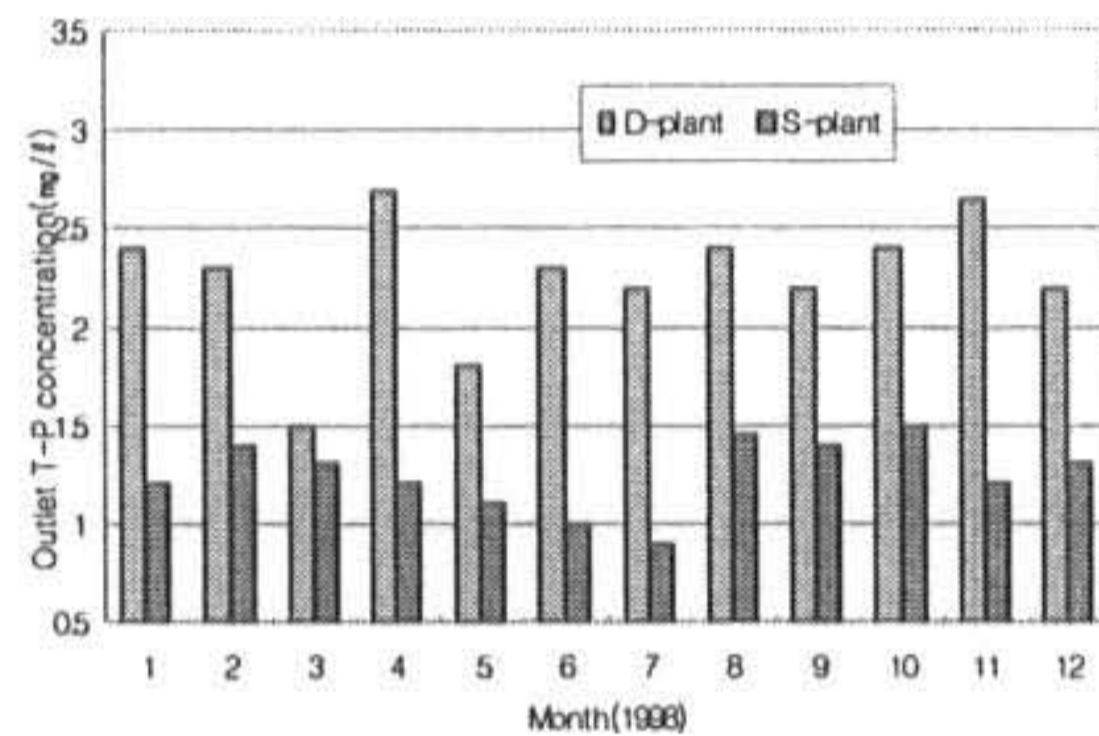
<Table 6> The inlet T-N concentration on the respectively treatment plant



<Table 7> inlet T-P concentration on the respectively treatment plant



<Table 8> The outlet T-N concentration on the respectively treatment plant



<Table 9> The outlet T-P concentration on the respectively treatment plant

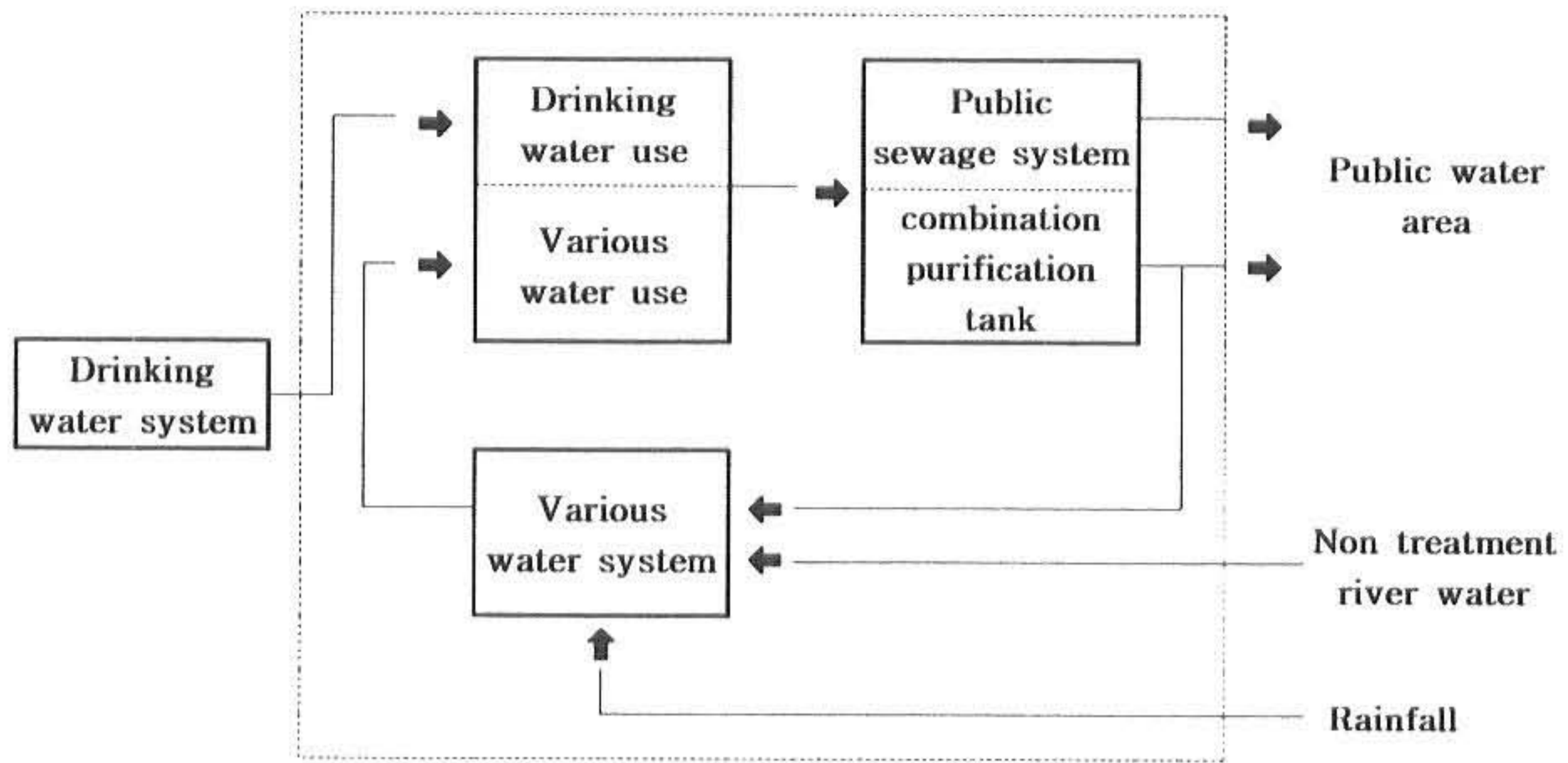
화폭이 큰 것임을 알 수 있다.

Df처리장의 경우 1993년을 기준으로 평균 BOD가 313.0mg/l, COD 296.8mg/l, SS 834mg/l로서 상당한 수준을 나타내어 최악의 상태를 보였으나, 1998년의 경우 BOD, COD, SS가 각각 98.7mg/l, 89.65mg/l, 136mg/l을 나타내 타 처리장과 유사한 경향을 나타내고 있는데, 이는 각 공단별 개별 처리시설이 개선되었다기보다는 IMF체제하에서의 공단가동이 극히 저조했음에 기인하고 있다.

한편, 생활하수만 처리하고 있는 Dd와 S하수 처리장을 비교하면, Dd계통이 S처리장보다 전반적으로 높은 농도를 유지하고 있는 것으로 나타났는데, 각각의 농도를 보면, BOD의 경우 Dd처리장이 123.2mg/l, S처리장이 76.1mg/l를 나타내 Dd가 평균 40%이상 높았고, COD의 경우도 Dd계통이 평균 60%정도 높게 나타나고 있다. 두 처리장이 동일하게 생활하수를 처리하고 있으나 유입농도에 있어서 큰 차이를 나타

내고 있는 것은 처리대상지역의 생활방식이나 하수의 차집관로 매설형태에 따라 영향을 받을 수 있으나, 무엇보다 1988년부터 D하수처리장에 투입되기 시작한 분뇨의 영향이라 사료된다. 분뇨의 경우 고농도의 유기물을 함유하고 있을 뿐만 아니라 부영양화의 원인 물질인 질소나 인을 상대적으로 많이 함유하고 있는 것으로 알려져 있다. Ida⁴⁾에 의하면, 분뇨를 혐기성소화시킬 경우 pH가 7.7~8.5이며, Alkalinity가 상당히 높기 때문에 산성으로 강하하지 않는 것으로 발표하고 있으며 또한, Sludge에는 3~4%의 질소화합물이 존재하는데 비하여 분뇨에는 약 12~20%의 질소화합물이 존재하고, 이러한 질소화합물이 분해할 때 많은 량의 (NH₄)₂CO₃ 및 (NH₄)HCO₃이 형성되는 것으로 알려져 있다⁵⁾.

이러한 현상은 Dd계통의 경우 일반 생활하수와 분뇨를 혼합 처리함으로써 분뇨에 함유된 고농도의 유기물이 전체 유입하수 농도에 크게



<Fig. 10> A model picture of separately rotation system

기여하고 있음을 알 수 있다. 이에 따라 방류수의 농도도 S처리장보다 높아지고 있음을 알 수 있는데, 1999년 5월 현재를 기준으로 Dd계통 및 Df계통의 병합방류수질이 BOD 8.8mg/l, COD 21.8mg/l, SS 8.2mg/l로서 S처리장의 BOD 2.6mg/l, COD 6.3mg/l, SS 5.05mg/l 보다 훨씬 높게 나타나고 있음을 볼 때, 유입수의 농도가 방류수에도 지대한 영향을 미치고 있음을 알 수 있다. 그러나 무엇보다 큰 문제는 D처리장의 경우 고농도의 분뇨를 생활하수 및 공단폐수와 병합 처리함으로써 유입수의 농도 증가뿐만 아니라 유출수의 부영양화 원인물질인 질소 및 인 등을 제거하기 위한 고도정수처리시설이 갖추어져 있지 않기 때문에 향후 하수처리수를 중수도에 이용하기 위해서는 상당한 장애요인으로 작용할 수 있다.

<Fig. 5>는 1993~1998년까지의 처리장별 방류수의 농도를 나타내고 있으며, 각 항목별로 D 하수처리장의 방류수질이 S하수처리장 보다 평균 50%이상의 높은 수준을 나타내고 있다.

한편, 하수처리수를 중수도용으로 이용할 경우 이용수질에 가장 큰 영향을 미치게 될 각 처리장의 유·출입 영양염류에 대해서 살펴보면, <Fig. 6>~<Fig. 9>에서도 나타난 바와 같이 D하수처리장의 유입 T-N, T-P농도가 S처리장 보다 훨씬 높은 경향을 보이고 있으며, 유출 농도에 있어서도 T-N의 경우는 각 처리장별로 유사한 경향을 나타내고 있으나, T-P의

경우에는 여전히 S처리장보다 현저한 차이를 보이고 있다.

질소, 인 등의 영양염류는 기존의 2차 처리인 활성오니 공정만으로는 제거율이 낮은 것이 사실이다. 따라서 질소, 인 등의 제거를 통한 양질의 처리수 확보를 위해서는 기존 처리공정의 효율적인 운영과 보다 개선된 처리시설의 도입이 필요하다. 물론 하수처리수의 중수도화를 위한 전제는 아니지만, T시에서도 각 처리장별로 단계적인 민간위탁과 고도처리계획을 갖고 있으나, 하수의 중수도화를 위한 구체적인 계획은 전무하며, 향후 물이용율의 증가에 반하여 상수원의 확보는 이에 미치지 못할 것으로 판단되므로 때늦은 감은 있으나 지금부터라도 이에 대한 종합적인 계획수립이 필요하리라 사료된다.

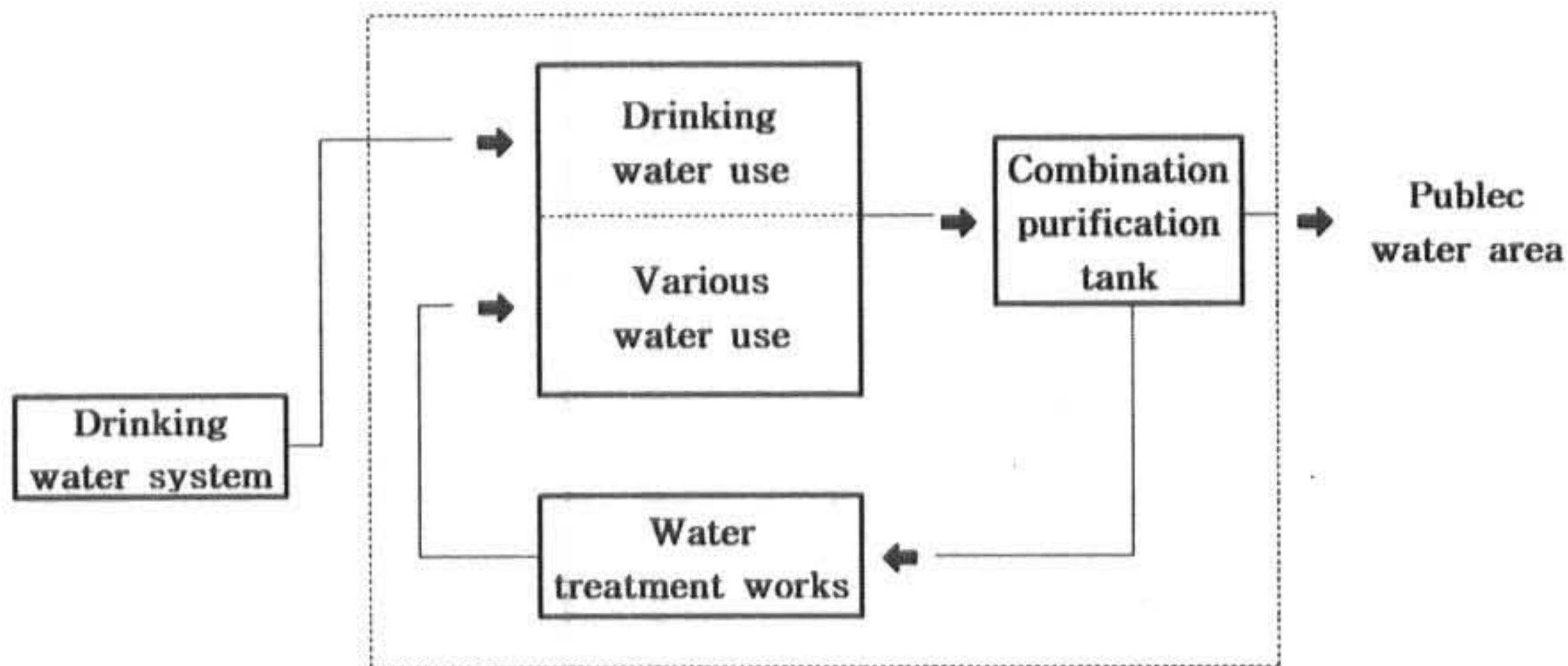
한편, 하수처리수를 중수도로 이용할 경우 다음과 같은 사항을 고려하여야 한다⁶⁾.

첫째, 하수고도처리를 할 경우, 소요되는 비용부담이 크기 때문에 수원에 되도록 적은 오염부하가 걸리도록 해야 처리경비의 절감을 기할 수 있다.

둘째, 물수급 균형이 잘 이루어지도록 수자원 개발상의 공급체계와 연계하여 계획을 수립해야 한다.

셋째, 용수공급, 환경보전, 공해대책 등을 각 계획과 연계시켜 계획을 수립해야 한다.

넷째, 처리과정에서 발생할 수 있는 부차적인



<Fig. 11> A model picture of region rotation system

공해발생을 최대한 억제할 수 있는 방안이 검토되어야 한다.

다섯째, 경제적이고 효율적인 처리공정과 2차 공해방지 기술을 위한 제도적 장치를 마련해야 한다.

3. 재이용 용도와 형태분류

하수처리수를 재이용할 수 있는 용도는 수세변소용, 세정용수, 공업용수, 냉·난방용수, 농업용수, 하천유지용수 등 이용 가능한 범위가 매우 다양하다고 할 수 있으며, 이 중 수세변소용수, 수경용수, 공업용수로의 재이용은 이미 외국 여러 도시에서 실용화되어 큰 효과를 얻고 있으며, 대구에서도 일부 하천유지용수로 이용하고 있다. 재생된 용수의 공급방식은 개방순환방식과 폐쇄순환방식을 이용할 수 있는데, 개방순환방식은 하수처리수를 하천 등 공공수역에 방류한 후, 하천유량을 확보하면서 하류에서 생활용수, 공업용수, 농업용수 등으로 취수·이용하는 방식이며, 폐쇄순환방식은 하수처리수를 하천 등의 공공수역을 거치지 않고 직접적으로 순환 이용하는 방식으로 이용방식에 따라 개별순환방식, 지역순환방식, 광역순환방식으로 분류된다. 공급방식의 선정은 지리적, 환경적 특수성을 감안, 그 지역에 가장 적합한 방식을 도입해야 한다¹⁾.

3.1 개별순환방식

<Fig. 10>은 사무실, 빌딩 등에 있어 그 건물에서 발생하는 배수를 자가 처리하여 빌딩내에서 재이용하는 방법의 모식도를 나타내고 있다.

일본의 경우 이미 1990년도에 1일 126,838m³의 용수를 840개 빌딩에 개별순환방식을 이용, 공급되었으며, 우리나라에서는 서울 잠실 롯데월드를 비롯한 일부 빌딩에서 제한적이거나 실용화된 바 있다.

3.2 지역순환방식

지역순환방식은 아파트단지, 신시가지의 주거지 등 비교적 한곳에 집중되어 있는 좁은 지구에 있어 사업자와 건축물 소유주가 공동으로 중수도를 운영하고 해당 건축물의 수요에 따라 용수를 적절하게 급수하는 방식이다. 또한, 해당 지역내의 빌딩과 주택 등의 물수요에 따라 광역적, 대규모 하수처리장 유출수와 공단폐수처리장 처리수를 용수의 원수로 이용할 수 있는 장점이 있다.

일본에서는 127개 지역에 1일 56,476톤의 재이용수를 공급하기 위해 지구순환방식을 채택하고 있다.

4. 적용사례분석

귀중한 수자원인 하수처리수의 재이용은 가용수자원 확보와 배출되는 오염물질을 저감할 수 있는 효과적인 방법이라 할 수 있는 바, 이에 대한 다각적인 이용방안이 모색되어야 할 것으로 본다. 따라서 본 장에서는 하수처리수를 세정용수, 냉난방용수, 하천유지수 등 다용도로 이용하고 있는 외국의 사례를 통해 성공할 수 있었던 요인을 분석해보고자 한다⁷⁾.

4.1 일본

일본에서의 중수도 도입사례는 업무용빌딩, 점포빌딩, 학교, 연구소, 사무소 등 약 80건 정도로 볼 수 있으며, 보편적으로 중수도에 대한 인식이 널리 홍보되어 있는 실정이며, 중수도에 대한 연구도 활발히 진행되고 있다.

일본에서의 중수도 도입시기는 1965년경이며, 1970년대부터 급격히 증가하기 시작하였다.

원수로서는 잡배수, 수세변소배수 등이 많고 냉각배수, 하수처리수 등도 이용되고 있다. 잡배수의 이용용도로서는 수세변소용수가 많고 기타 세정수, 냉각용수, 살수용수 등으로 이용되고 있다. 도입형태는 개별순환방식이 대부분이지만, 주택단지, 시가지 재개발지구를 중심으로 일부지역에서는 지구순환방식으로 실시되고 있다. 이용수량은 10~5,000m³/일의 경우가 많다.

4.2 미국

미국 Los Angeles시에서는 1962년부터 지하저류형 재이용을 상당한 규모로 실시하고 있다. 이곳에서는 염소살균후의 생물처리수(활성슬러지법)을 살수지를 통하여 지하에 주입시킨다. 살수지(함양지)는 LA(로스엔젤레스)를 관통하여 흐르는 San Gabriel강, Rio Hond강의 2개 하천근처에 설치되어 있는데, 3개소처리장의 처리수를 홍수조절수로 흘러보내서 상수용 수원으로 하는 지하수층에 침투시킨다. 침투량은 1일 약 3,000m³정도이고, 합계 약 280ha의 살수지를 2~8ha정도의 Block으로 나누어 6일간의

관수, 6일간의 침투, 6일간의 건조기간을 도합해 18일간을 1Cycle로 하여 계획적으로 주입을 행하고 있다.

지하주입시 수질적으로 문제가 되는 것은 질소농도인데 질산성질소의 농도가 지중에서 10mg/l 이하가 되도록 처리수를 개수로의 수입수(輸入水)로 3배 희석하고 있다.

물 양수량은 연간 약 2.2억m³정도인데 이중에서 7,400만m³(전체의 1/3)은 표류수, 천층수 및 용출수 등의 지역수이고, 나머지 1.5억m³가 하수 재이용과 수입수이다. 하수처리수의 지하환원량은 연간 약 3,300만m³정도 되는데 전 주입량의 약 15%정도이다. 이 밖에 미국 Orange County에서도 하수처리장 근처에 재이용처리장이 건설(6만km³/일)되어 그 처리수는 23개소의 정호(井戶)를 정하여 지하에 주입되고 있다.

4.3 싱가포르

싱가포르시는 면적이 225km²이고 인구가 2.25백만인 도시로 인구밀도가 매우 높은 실정이다. 따라서 이러한 도시에서 부족한 용수를 확보하기 위한 방안으로 물의 재이용에 대해 일찍이 연구하게 되었다. 1915년에 이미 처리수를 수세용 및 화초재배, 정원용으로 사용하게 되었으며, 1960년대 중반 제지 및 섬유공장에서 냉각수나 세척수로서 재생수를 5.4MGD규모 사용하는 Jurong공업단지가 건설되기도 하였다. 이 때는 하수처리장 유출수를 전염소처리→복층여과→폭포식포기→후염소처리 공정을 거쳐 재이용하도록 하였다. 1971년 6월 6층 높이의 아파트 지구를 대상으로 이중배관 시스템을 도입하고 중수를 수세변소용수로 사용하도록 계획하였다. 이 계획은 모형조사를 거쳐 4,000동의 아파트에 확산 적용된 바 있다.

5. 중수도 도입방안

5.1 문제점

T시의 1인 1일 상수사용량은 449ℓ로서 4인가족을 기준으로 1,796ℓ이며, 이 중 취사 및 음료용은 360ℓ(20%)에 불과하고 나머지 1,436

ℓ는 세탁, 세면, 세수, 수세식변소용수, 청소용수 등으로 사용되고 있어 고급수의 낭비 및 상수생산비용의 상승요인으로 작용하고 있다.

한편, T시의 각 처리장별 1인당 하수처리수 발생량은 119만톤으로써 S하천의 유지용수(1997. 3월 통수)로 1일 10만톤을 재이용하고, 나머지 109만톤은 K강에 그대로 방류함으로써 이들의 적절한 이용방안이 시급한 실정이다. 현재의 S하천의 유지수는 친수공간 확보라는 측면으로서는 시민들의 공감대 형성이 지대하나, 장기적으로 지속가능한 친수공간 확보라는 측면에서 질소, 인 등에 의한 부영양화 요인의 제거가 없는 한 수질오탁에 따른 문제점이 상존하고 있다. 또한, T시의 공업용수 생산은 대부분 하천수에만 의존하고 있어, 향후 물수요의 폭발적인 증가에 따른 다각적인 수원의 개발이 필요하며, 하수처리수의 재이용방안이 시급한 실정이다.

우리 나라의 경우 하수처리수의 재이용이 이루어지지 않는 원인으로서는 아직 까지 하수처리수의 재이용을 위한 비용보다 상수의 생산비용이 비교적 싼 것이 가장 큰 요인으로 작용하고 있는 것이 사실이다. 그러나 향후 2000년대 접어들면 우리 나라도 수자원 빈국으로 분류되며, 어떠한 형태로든 수자원을 보호하려는 지방자치단체의 사전 준비가 이루어져야 한다.

이미 중수도를 도입하고 있는 일본의 예를 보면, 비용측면에서 일본 동경도의 경우⁸⁾ 공업용수 이용의 광역순환은 상수보다 싸기 때문에 특별히 문제가 없는 것으로 보고가 되고 있으나, 동경도의 상수 요금은 250¥/m³, 하수 145¥/m³이지만, 사기업에서 실시중인 예를 보면, 모두다 초기비용을 뺀 운전비용으로 동경도의 A사는 133¥/m³, B사 230¥/m³, C사 360¥/m³으로 나타나고 있다(1979년 기준). 그러나 상수생산 비용이 계속 상승일로에 있고, 하수처리기술의 개선으로 처리비용은 상당히 낮아지는 경향이 있기 때문에 장기적으로는 도입할 만한 가치가 있는 시설이 될 것으로 전망하고 있다.

또한, 지역 특성상 매년 수자원의 고갈을 맞고 있는 일본 후쿠오카시의 경우를 보면⁹⁾, 공급자와 수요자간의 계약을 맺어 상수도 요금에 준한 중수도 요금을 징수하고 있지만, 1989년을

시점으로 처리비용이 사용요금을 약간 상회하였지만, 점차적으로 중수도의 사용자가 증가했던 1990년대 말에는 3,000m³/일까지 증가하여 1991~1992년부터는 상수사용료 비용이 재생처리비용을 크게 앞지르고 있는 것으로 보고되고 있다.

따라서 하수처리수의 재활용을 통한 중수도망을 도입하고, 이의 이용자를 확산할 경우 수자원의 효율적인 이용 및 비용측면으로도 상당한 경쟁력이 있을 것으로 사료된다.

5.2 중수도 관련 법적 근거

처리수에 대한 재이용의 합리적인 사용을 위한 우리 나라의 법적 근거로서는 “중수도 시설 기본 및 유지관리지침”을 적용할 수 있다. 수도법(1993. 12. 27 법률 제4627호) 제11조(중수도) 제 1항에서 국가 또는 지방자치단체는 물을 다량으로 사용하는 자로서 대통령령이 정하는 자에게 중수도를 설치 관리하도록 권장할 수 있다. 라고 하여 중수도를 국가적으로 장려할 수 있는 법적 근거를 마련하고 있다. 또한, 수도법 시행령 제15조(물의 다량사용자 범위)에서도 중수도를 설치 관리하도록 권장할 수 있는 자의 범위를 다음과 같이 정하고 있다.

◇ 공업배치 및 공장설립에 관한 법률 제2조의 규정에 의하여 설립된 공장으로서 1일 물사용량이 1,000m³이상인 공장의 소유자

◇ 공중위생법 제2조 제1항 제1호“가”목 및 “나”목의 규정에 의한 숙박업 또는 수영장업에 사용되는 시설로서 1일 물사용량이 500m³이상인 시설의 소유자

◇ 주택건설촉진법 제33조 제1항의 규정에 의한 사업계획의 승인을 얻은 300세대 이상의 공동주택의 사업주체 또는 관리주체

◇ 공중위생법 제19조 제1호, 제3호에서 제5호 및 제7호의 규정에 의한 공중위생시설로서 1일 물사용량이 500m³이상인 시설의 소유자

◇ 건설기술관리법 제5조의 규정에 의한 중앙건설심사위원회, 건축법 제4조의 규정에 의한 중앙건축위원회 또는 수도권 정비계획법 제17조에 의한 수도권정비심사위원회의 심사 대상인 시설로서 1일 물사용량이 500m³이상인 시설

의 소유자

◇ 기타 물의 효과적인 이용을 위하여 특히 필요하다고 인정하여 지방자치단체의 조례로 정하는 건축물의 소유자 또는 관리자 등으로 정하고 있다.

따라서 대구에서도 이상의 법적인 근거로 각종 조례를 통해 시민들의 개별시설에 대하여 중수시설의 설치를 유도할 수 있을 것으로 사료된다.

5.3 도입방안

우선 관련기관과 학계전문가 등으로 구성된 「재이용수의 유효이용대책 협의회」를 통해 관공서 및 신규시설에 대한 재이용수의 솔선이용 및 다양한 재이용수의 수원개발, 규정에 적합한 재이용수 처리시설 설치 및 유지보수에 관한 기술지도체계 확립 등의 합의사항 도출이 필요하다. 또한, 기존 및 신규하수처리장에 대한 질소·인 등의 제거를 위한 고도처리시설의 도입이 시급한 과제이다. 이를 위해서는 다음과 같은 사항이 필요하다.

① 기존 하수처리장에 대한 고도처리시설 설치 타당성 검토, ② 신규 하수처리장의 설계시 고도처리시설 설치 의무화, ③ 다양한 처리시설 검토, ④ 처리수의 공급처 파악 및 수량검토 등이다.

이를 추진하기 위해서는 개별건물주 및 시민을 대상으로 한 홍보활동에 주력하고, 이의 개발을 위해서는 SOC를 통한 민간개발자의 적극 도입을 추진해야 한다. 다음으로 대형업무시설 및 공공시설에서의 도입을 의무화하는 쪽으로 방향을 전환하는 것이 바람직하다. 이를 장·단기별로 나누면 다음과 같다.

① 대형업무시설 및 공공시설에서의 도입의 무화

단기적으로는 하수처리장에서 비교적 가까운 건물에 적용함이 타당하며, 비교적 장거리인 경우에는 개별순환방식(건축물 등의 소유자가 잡용수를 이용함)을 채택하도록 하며, 장기적으로는 T시 전체의 상수 및 중수관망체계가 이루어질 경우 이의 계획여부에 따라 도시전역의 대형건물로 확대 실시하도록 한다.

② 대규모 택지개발시 도입

단기적으로는 처리장에서 비교적 가까운 택지개발지역에 대한 상수 및 중수의 2원화된 관망시설의 설계 및 시범실시하고, 이의 결과에 따라 T시 전역으로 확대실시하며, 처리장에서 장거리인 경우 자체 공급이 가능한 지구순환방식을 도입하도록 한다. 역시 장기적으로는 T시 전체의 상수 및 중수관망체계가 이루어질 경우 이의 계획여부에 따라 도시전역의 택지개발지역에 대한 시설설치 의무화를 시행한다. 이 밖에 종합유통단지 및 무역센터, 업무단지, 역세권 등의 조성시 이들의 시설을 도입할 수 있을 것이다. 또한 염색공단 및 S공단에서의 공업용수를 위한 2원화된 관망의 설계가 필요하다.

6. 결 론

지금까지 우리 나라에서는 물공급을 주로 댐 개발에 의존하여 왔으나 이 같은 방식은 앞으로 댐적지의 감소, 건설비의 양등, 환경영향 등의 제요인으로 인하여 계속하여 개발하기 어려운 상황에 있다. 이러한 측면에서 새로운 수자원의 개발은 시급한 과제가 아닐 수 없으며, 하수처리수의 재이용도 한가지 방안이 될 수 있다. 따라서 본 연구에서는 하수처리수를 재활용하기 위하여 연구한 결과 결론은 다음과 같다.

첫째, 하천정화 용수로 하수처리수를 재이용해야 한다. 이는 T시에서도 S하수처리장 처리수 10만톤/일을 S하천의 유지용수로 이용하고 있으나, 이의 적극적인 추진이 필요하다. 그러나 하천유지용수로 이용할 경우 가장 선행되어야 하는 것이 하수처리수질의 질적향상이라 생각되는 바, 영양염류 등의 농도를 줄일 수 있는 기존 처리공정의 보완에 투자가 이루어져야 한다.

둘째, 하수처리수질의 청정함을 알릴 수 있는 대시민 홍보가 적극적으로 이루어져야 한다. 일례로 하수처리수를 이용한 수경시설 및 휴식공간(물놀이 공간)을 하수처리장 부근이나 하천상류부에 설치한다면 시민들이 직접 물과 접촉할 수 있어 긍정적인 효과를 거둘 수 있으리 사료된다.

셋째, 재이용수와 관련된 관공서 및 학계전문가 등으로 구성된 『재이용수의 유효이용대책협의회』를 통해 관공서 및 신규시설에 대한 재이용수의 슬선이용 및 다양한 재이용수의 수원개발, 규정에 적합한 재이용수 처리시설 설치 및 유지보수에 관한 기술지도체계 확립 등의 합의사항 도출이 필요하다.

이상과 같이 처리수 재이용 방향에 관해 살펴해보았는 바, 무엇보다 중요한 것은 처리수 재이용의 필요성을 인식하여 시민들에 대한 수자원의 중요성을 고취시키는 것이 필요하다.

참고문헌

1. 堂堂 功, 하수처리수의 재이용에 관한 기술적 검토. 첨단환경기술 (1996. 3)
2. 박중현, 중수도 개발방안 연구, 대한상하수도 학회지. 1987. 2
3. 대구광역시, 대구지역 수질개선 중기계획. 1995. 2
4. Cookson, J.J., "Bacteria in Digester". WPCF. 6. 882~841
5. 이찬기, 분뇨의 혐기성소화에 의한 Methane생성. 강원대학교 논문 14 (1980)
6. 건설기술정보, 수자원확보를 위한 방안. (1991)
7. 안규호, 중수도의 신기술 및 외국의 적용 사례. 첨단환경기술 (1993)
8. 다카스 카스오, 東京都의 中水道 役割. 첨단환경기술 (1995. 5)
9. 阿部靜父, 下水の都市施設への再利用. 日本下水道協會誌, Vol. 30 NO 354 (1993. 4)

(1999년 5월20일 접수, 1999년 10월10일 채택)