

[논문]

탄천하수처리장 유입수의 농도 증가 원인과 대책

The Causes and Control Method for Increasing the Inflow Concentration of the Tan-cheon Sewage Treatment Plant

김 갑 수* · 김 영 근**

목 차

- | | |
|-------------------|-------------------|
| I. 서론 | IV. 유입수 농도 증가의 원인 |
| II. 탄천하수처리장의 현황 | V. 대책 |
| III. 주요 관거별 수질 분석 | VI. 결론 |

ABSTRACT

Kap-Soo Kim · Young Keun Kim

While Inflows into the Tan-cheon(River) Sewage Treatment Plant(STP) in 2001 were similar to those in 1999 and 2000, BOD concentration of the Tan-cheon STP in 2001 was increased from 103mg/L to 153mg/L and BOD loading to the plant in 2001 was enlarged from 90.1 t/day to 136.1 t/d. Both Weekly average and Sunday average were increased. Inflow during the first quarter of the 2001 was greater than those during 1999 and 2000. Possible reasons of the increase in BOD concentration in Tan-cheon STP can be represented as following aspects. First, recycling plant of food waste in Kangdong-Gu could cause a increase of BOD concentrations and loading rates. Because leachate from the recycling plant into Tan-cheon Interceptor sewer pipe cannot be collected, assessment was conducted on leachate into Nan-ji STP. As a results of assessment during April in 2001 and October in 2002, BOD concentration of the leachate was about 160,000mg/L. Because left bank of the Koduck-cheon(River) were suspected to discharge leachate of food waste, measurement of BOD concentration on the place was conducted. As a result of continuing measurement of BOD concentration for 24 hours on upward and downward 200m at left bank of Koduck-cheon BOD loading rate at those area in 2000. 6.28, 9.27, 12.20 were 3.2t/d, 6.2t/d, 8.4t/d, respectively. On the other side, BOD loading rate at the same place in 2001. 3.7, 6.8, 9.25, 12.12 were ranged from 21.9t/d to 49.8t/d. Second reason was separated sewer system of Daechi and Yangjae areas. population of these area were 84,527 and 50,894, respectively. calculated BOD loadings from those areas was 5.9t/d and it was 4.3% of the total BOD loading rate of the Tan-cheon STP, 136.1t/d. This result was determined by multiplying daily average municipal wastewater of 39,716m³/d by continually measured BOD concentration for 24 hours of 149.1mg/L.

* 서울시정개발연구원 도시환경연구부 선임연구위원

** 서울시정개발연구원 도시환경연구부 연구원

Third, leachate from food waste reserve area was increased from 3.4t/d in 1999 to 15.1t/d in 2001. Forth reason was supposed that usage of dehydrator and food wastes vessel was increased. Finally, decrease of unknown influent by sewerage pipe repair works, interceptor of valley water and repair works on underground water discharge from subway station and interceptor sewer structures may be other reasons for the BOD loading increase.

키워드(Key Words): 하수, 하수처리장, 차집관거, 음식물 쓰레기,

Sewage Treatment Plant, BOD, food waste, Interceptor sewer pipe, municipal wastewater

I. 서론

서울시는 1976년 국내 처음으로 하루에 15만톤의 하수를 처리할 수 있는 청계천하수처리장(현 중랑하수처리사업소 제1처리장)을 건설한 데 이어 1979년에 21만톤 규모의 중랑하수처리장을 건설하여 가동에 들어갔으며 계속하여 탄천, 가양(현 서남하수처리장), 난지하수처리장을 건설하여 1987년에는 하루 371만톤의 하수를 처리할 수 있는 처리장을 완공하여 서울올림픽이 열린 1988년부터는 본격적인 하수처리 시대를 맞게 되었다. 이후 서울시에서는 제반도시여건 변화에 따라 늘어나는 발생하수를 처리하기 위하여 1992년부터 4개 하수처리장에 210만톤/일 규모의 처리장 증설공사를 시작하여 총 581만톤/일의 시설용량을 확보하였다.

그러나, 현재 운영중인 서울시의 4개 하수처리장 중에서 서남, 탄천, 난지하수처리장의 유입수 농도 상승으로 인한 에너지비 상승, 슬러지 처리비 등의 문제가 새롭게 대두되고 있다. 특히 탄천하수처리장은 2000년에 비해 2001년 BOD 농도가 50mg/L 이상 상승한 153mg/L의 유입수를 처리하고 있는 실정이다.

이에 본 연구에서는 탄천하수처리장에 대한 1997년부터 2002년까지의 6년간 수질농도 및 오염부하

량 변화 등의 경향을 검토하고 오염원 조사 등의 다각적인 원인 규명과 대책을 모색하고자 하였다.

분석방법으로는 먼저, 간선 및 지선관거 등에 대한 하수관거종합정비사업에 의한 유입수 농도와 유량의 변화 및 처리현황을 조사하였으며, 상수사용량과 유입하수량관계 검토 및 2001년 탄천하수처리장 주요 차집관거의 24시간 수질농도를 분석하였다. 또한 2002년에는 2001년의 자료를 바탕으로 주요 하수관거에 대한 수질 샘플링 및 측정을 실시하여 보다 직접적인 원인분석에 초점을 맞추었다. 그리고 하수관거의 수질농도측정을 바탕으로 탄천하수처리장 운영에 크게 영향을 미치는 요인으로 여겨지는 강동구 음식물 쓰레기 재활용센터 처리시설의 일반개요 및 재활용센터 오수(침출수)의 농도 및 부하량, 위탁도시(하남시, 과천시)의 하·폐수에 대한 농도 및 부하량 등을 조사하였다. 이와 병행하여 생활의 변화 및 서울시의 정책변화에 따른 음식물 전용용기의 사용현황을 분석하였다.

II. 탄천하수처리장의 현황

1. 시설 개요

현재 서울시의 지역으로부터 발생하수가 하수

〈표 1〉 하수처리장 주변지역의 처리방안

도시별	현황	기존계획	검토대상선정
광명시 (전역)	• 발생하수량 전량을 서남하수처리장에 유입처리	• 기존 위탁처리량 10만m ³ /일 이외에 추가로 8만m ³ /일 추가의뢰	• 총 위탁처리량 18만m ³ /일에 대하여 검토대상으로 함
하남시 (전역)	• 발생하수량 전량을 탄천처리장에 유입처리	• 탄천하수처리장에 위탁처리기로 협약 (5.1만m ³ /일)	• 하남시 전체 하수량에 대해서 검토대상으로 함
고양시 (창릉천 및 향동천수계)	• 서울시 구과발, 진관배수분구와 함께 차집하여 난지하수처리장에 유입처리	• 난지하수처리장에 위탁처리기로 협약 (23,830m ³ /일)	• 창릉천 및 향동천수계하수량에 대해 검토대상으로 함
과천시 (주암동)	• 주암동 발생하수량을 탄천하수처리장에 유입처리	• 탄천하수처리장에 위탁처리기로 협약 (1,830m ³ /일)	• 주암동지역 하수량을 검토대상으로 함

〈표 2〉 4개 하수처리장의 일반적인 현황

구 분	계	중랑	탄천	서남	난지
위치	4개소	성동구 송정동 73	강남구 일원2동 580	강서구 마곡동 91	경기도 고양시
부지면적	3,162,550m ²	794,493	392,671	1,052,423	922,963
처리구역면적(ha)	35,764	11,175	7,053	11,795	5,741
시설용량(만m ³ /일)	581	171	110	200	100
처리방법	-	활성슬러지법	활성슬러지법	활성슬러지법	활성슬러지법
부지면적/시설용량 (m ² /m ³)	0.54	0.46	0.36	0.53	0.92

처리 또는 미처리 상태로 서울시계 내로 유입되는 도시는 의정부시, 구리시, 남양주시, 성남시, 부천시, 광명시, 안양시, 하남시, 과천시 및 고양시 일부지역으로 이중 이미 자체 하수처리시설을 가동 중인 도시는 의정부시, 구리시, 성남시, 부천시, 안양시, 과천시, 고양시 등 7개 도시이다.

한편 서울시의 하수처리장에서 통합처리하고 있는 도시는 서남하수처리장으로 유입되는 광명시와 탄천하수처리장에 유입되는 하남시, 과천시 주암동일대, 난지하수처리장으로 유입되는 고양시 창릉천수계지역과 향동천수계지역이 있다. 한편 1998년 수립된 하수도 기본계획 재정비에서는 하남시, 고양시, 광명시 지역에서 발생하는 하수의 전체 또는 일부를 서울시에서 합병처리하기로

한 바 있으며 자세한 내역은 <표 1>과 같다.

<표 2>는 서울시 4개 하수처리장에 대한 부지면적, 처리구역, 시설용량 등의 일반적인 현황을 나타낸 것이다.

4개 하수처리장의 총 부지면적은 3,162,550m²이며, 처리방법은 4개 하수처리장 모두 활성슬러지법을 활용하고 있으며 시설용량에 대한 부지면적(m²/m³)은 난지하수처리장이 가장 높은 0.92로 검토되었으며 탄천하수처리장은 가장 낮은 0.36으로 나타났다.

<표 3>에서 보듯이 탄천하수처리장 처리시설의 경우 60만m³/일의 1처리장과 50만m³/일의 2처리장으로 구성되어 있으며 슬러지처리시설은 가압부상농축조, 혐기성소화조, 소화슬러지농축조

〈표 3〉 탄천하수처리장 수처리시설 및 슬러지 처리시설

제1처리장			제2처리장			슬러지 처리시설		
시설용량 : 60만 ³ /일			시설용량 : 50만 ³ /일					
침사지	4m×25m×3m	6	침사지	4m×25m×3m	6	가압부상농축조	5m×20m×3m	8
최초침전지	9m×50m×3m	32	최초침전지	12m×65m×3.5m	5	혐기성소화조	ø27m×15m	10
포기조	9m×78m×5.5m	32	포기조	12m×45m×12m	5	소화슬러지농축조	ø24m×3m	4
최종침전지	9m×70m×3.5m	32	최종침전지	11.5m×46m×4m	10	탈수기	3.0m×150kg/m · hr	14
염소소독	3m×105m×3.4m	5						

및 탈수기로 이루어져 있다.

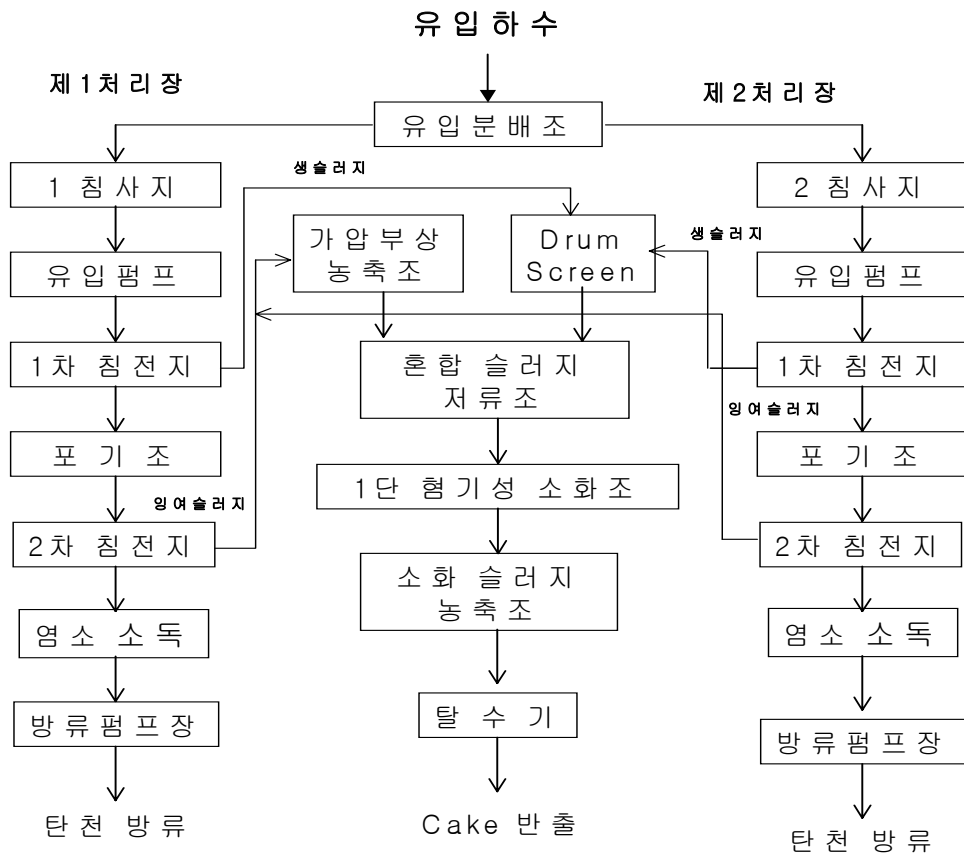
유입수 처리시설과 슬러지 처리시설의 운영 프로세스는 <그림 1>과 같다.

탄천하수처리장 차집관거의 관리이관은 서울특

별시도로 등 주요시설물 관리에 관한 조례 제4조

와 서울특별시하수도사용조례 제2조의2(공공하수도 관리범위)에 따라 1999년 5월 1일을 기준으로

하수처리장에 이관되었으며 한강분류 차집관거와



〈그림 1〉 탄천하수처리장의 처리계통도

〈표 4〉 탄천하수처리장의 한강본류 차집관거 현황

하천명	규격	구간	관거연장(km)	맨홀	환기구	우수토실	수문
계			28.188	283	35	16	16
한 강	□1.5×1.5외 7종, D1,200×2열, D2,300 ,D1,500, 1,000	동호대교~ 고덕천	22.884	190	29	12	12
탄천	□1.8×1.8, 2□1.8×1.8, 2□2.5×2.0 2□3.0×3.0, 3□2.0×2.5,3□2.5×2.5	청담교 ~ 유입수문	5.304	93	6	4	4

(주) □ : Box형 차집관거

〈표 5〉 탄천하수처리장의 지천 차집관거 현황

하천명	규격	구간(위치)	관거연장(km)	맨홀	환기구	우수토실	차집시설	수문
계			48.999	756	27	91	6	14
탄천 (장지천)	D500~D1,650		17.057	256	9	11	1	3
성내천(감천)	D600~D1,200 □1.2×1.2외 3종	한강합류지점~성내1교	8.353	139	2	27	3	5
고덕천	D500~D1,100	한강합류지점~하남시 경계	4.835	107	3	9	2	6
양재천	D500~D1,500		12.960	173	11	21		
여의천 (신원·세원천)	D500~D800	양재천합류지점~청룡마을	5.794	81	2	23		

(주) □ : Box형 차집관거

지천차집관거의 현황은 <표 4> 및 <표 5>와 같다.

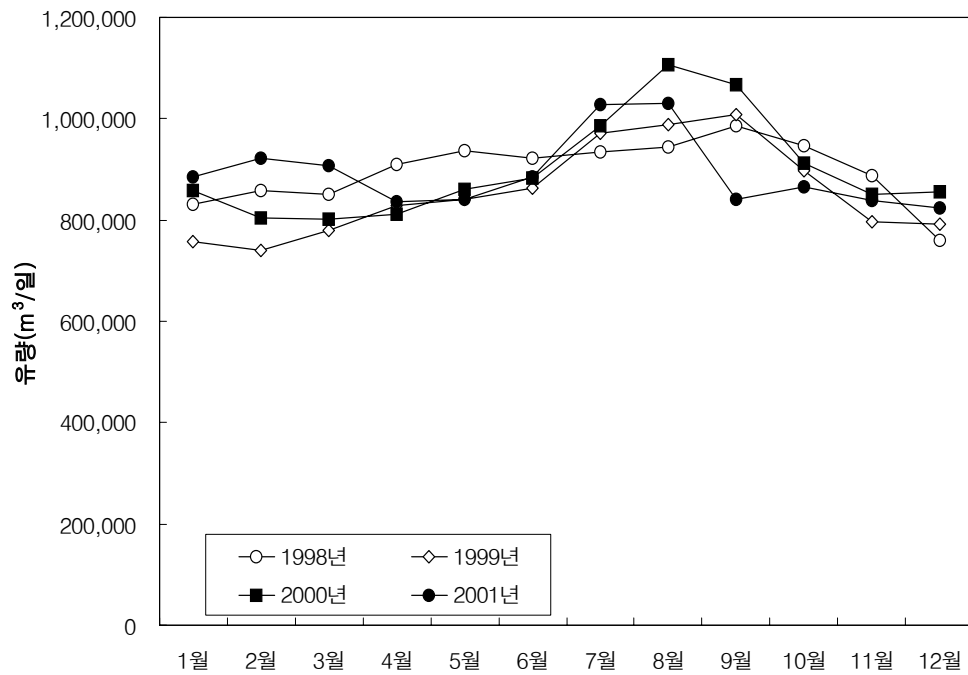
2. 운영 현황

<그림 2>는 탄천하수처리장의 유입하수량을 나타낸 것으로, 월별 변화와 연도별 차이가 적은 것을 알 수 있다. 전체적으로 강수량과 상관되어 여름의 유입량이 높게 나타나고 겨울철이 낮게 나타났으며, 2001년의 하수유입량 특성은 1사분기가 다른 연도에 비해 상대적으로 높다는 것을 알 수 있다.

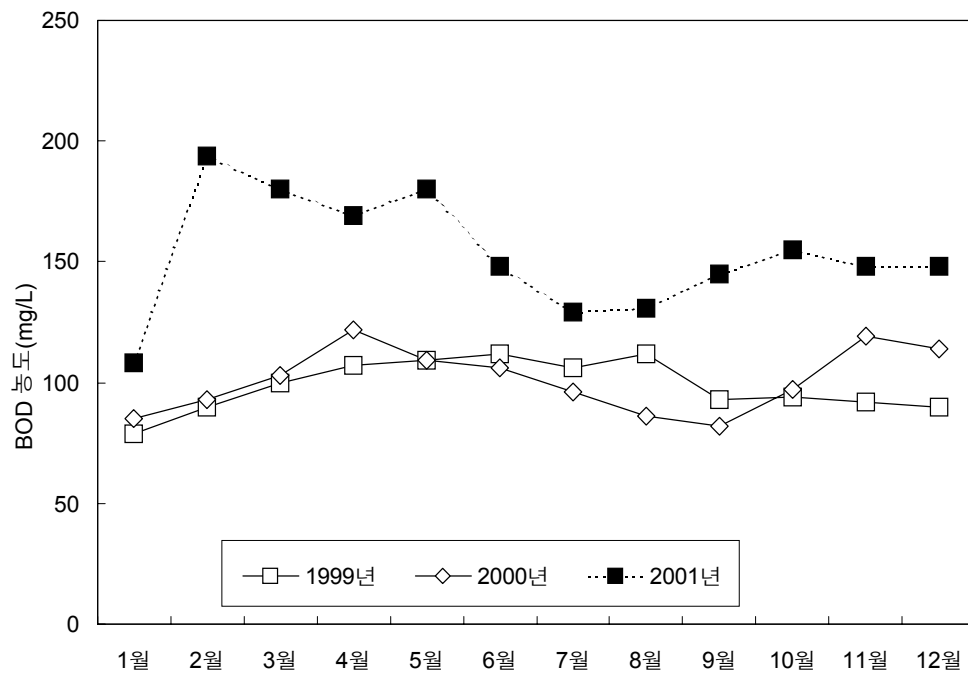
<그림 3>은 탄천하수처리장의 BOD농도 변화를 나타낸 것이다. 다른 연도에 비해 상대적으로 2001년의 값이 크게 증가한 것을 알 수 있다.

BOD농도의 경우 1999년과 2000년에는 일일 평균 98.5mg/L와 100.9mg/L로 나타났으나 2001년에는 50mg/L 이상 증가한 153mg/L로 나타났다.

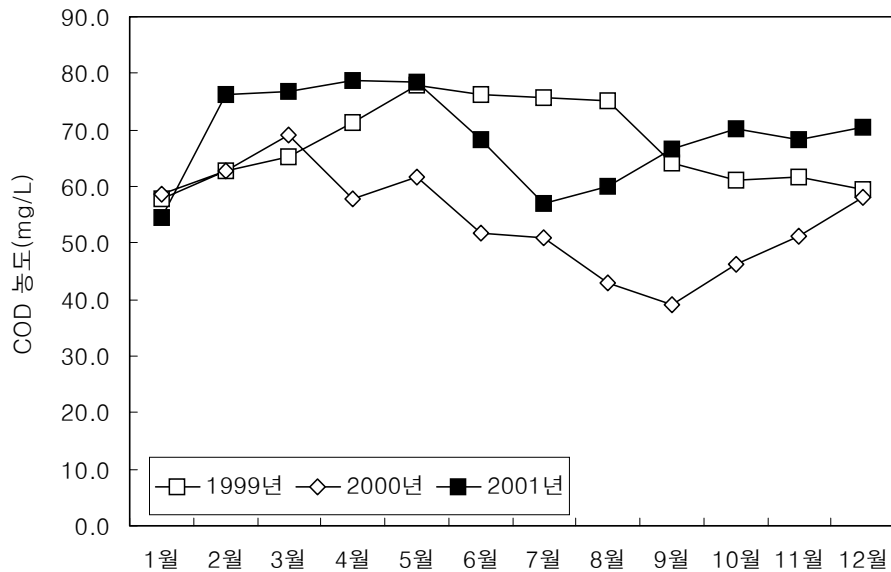
<그림 4>는 탄천하수처리장에서의 COD농도를 나타낸 것이다. COD농도의 경우 BOD농도와 달리 증가와 감소를 반복하는 것을 확인할 수 있다. 유입수의 COD농도가 1999년, 2000년, 2001년이 각각 67, 54, 68mg/L였으며 부하량은 57.8, 48.2, 60.8t/d로 나타났다. BOD농도 및 부하량의 변화와 COD 농도와 부하량 변화의 범위를 비교해 보면 2001년부터 같은 유입수량에 대해 COD 농도보다는 BOD농도에 상대적으로 큰 영향을 줄 수 있는 새로운 오염원이 생긴 것으로 판단된다.



〈그림 2〉 탄천하수처리장의 연도별 유량변화



〈그림 3〉 탄천하수처리장의 연도별 BOD농도 변화



〈그림 4〉 탄천하수처리장의 연도별 COD농도 변화

탄천하수처리장의 SS농도의 경우 COD농도 경향과는 달리 1999년에 85mg/L였던 것이 2001년에 124mg/L까지 증가하였으며 부하량 역시 73.2t/d에서 112.1t/d까지 증가한 경향을 나타내었다.

탄천하수처리장에서 T-N농도와 부하량은 COD 농도와 부하량과 비슷하게 감소와 증가를 반복하는 경향을 나타내었으며, 농도는 32.1~32.3mg/L에서 변동을 보이고 있다.

T-P농도는 T-N과는 달리 계속적으로 증가하여 농도는 1.8mg/L에서 4.5mg/L로 증가하였다.

탄천하수처리장의 경우 2001년에 이전 연도와

는 달리 유입량 변화없이 유입수의 농도가 급격히 증가하였기 때문에 BOD제거효율에도 확실한 증가가 나타나고 있다.

탄천하수처리장의 유입수의 BOD농도는 1999년과 2000년은 비슷한 값인 98.5mg/L와 100.9mg/L를 나타냈지만 2001년의 경우 153.0mg/L로 증가한 유입수의 농도가 증가함에 따라 BOD제거율 역시 <표 6>에서 알 수 있듯이 1999년과 2000년은 89%, 90% 정도였으나 2001년에는 94%까지 증가한 것을 확인할 수 있다.

COD의 평균농도와 제거율은 <표 7>과 같이

〈표 6〉 탄천하수처리장의 BOD농도와 제거율

연도	유입수의 평균 BOD농도(mg/L)	제거율(%)		
		Min.	Max.	Avg.
1999년	98.5	81	96	89
2000년	100.9	81	97	90
2001년	153.0	84	98	94

〈표 7〉 탄천하수처리장의 COD농도와 제거율

연도	유입수의 평균COD농도(mg/L)	제거율(%)		
		Min.	Max.	Avg.
1999년	67.3	69	93	80
2000년	54.2	64	92	78
2001년	68.8	68	94	83

농도변화와 비슷한 경향을 나타내고 있다. 농도가 67.3, 54.2, 68.8mg/L로 변화함에 따라 제거율 역시 80, 78, 83%로 감소와 증가를 반복하는 것으로 나타났다.

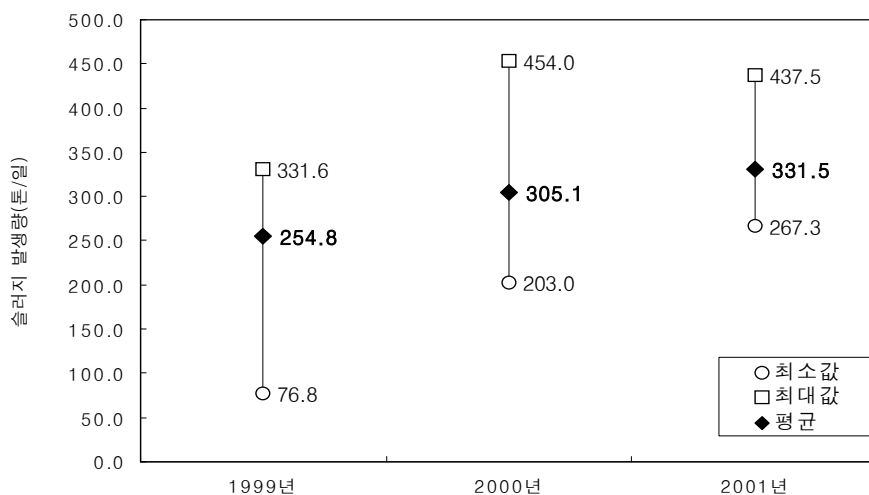
SS농도의 제거율은 1999년과 2001년에 감소와 증가가 거의 나타나지 않은 모습이다. 93~94%의 높은 효율을 나타내는 것으로 보아 현재 탄천하수처리장은 생물학적 2차처리 공법인 표준활성슬러지법에 의하여 운영되고 있어 정상적인 기능을 충분히 발휘하고 있는 것으로 판단된다.

〈그림 5〉를 바탕으로 슬러지 발생량을 검토하였을 경우, 1999년부터 2001년까지의 연평균은 각각 254.8, 305.1, 331.5톤/일의 발생량을 나타내었으며

이와 같은 추세를 바탕으로 판단해 보면 2002년의 슬러지 발생량의 증가폭은 더욱 클 것으로 판단된다.

한편 〈표 8〉에서 알 수 있는 것처럼 탄천하수처리장 슬러지 처리계통의 운영현황을 검토해 본 결과 실시설계치보다 실제 운영현황이 TS를 제외하고는 크게 높아져 있는 것을 알 수 있다.

탄천하수처리장의 경우 VS농도가 45~65% 정도로 높아진 결과 TS농도가 낮아져 현재 설계기준보다 낮게 운영(TS: 2.3%)되고 있어 슬러지발생량의 증가로 이어져 슬러지 처리시설의 용량부족이 초래되었다. 따라서 슬러지 처리과정에서 충분히 제거하지 못하고 처리장 내로 반송됨에 따라 이송펌프 등 각종 기기의 가동시간 증가에 따른



〈그림 5〉 탄천하수처리사업소의 연도별 슬러지 발생량

〈표 8〉 탄천하수처리장의 슬러지 처리계통의 운영현황

처리시설과 측정항목		단위	설비설계자료	운영자료(2000. 4~2001. 12)
농 축 조	고형물부하	kg/m ² /일	87.5	89.78
	유입슬러지 유입량	m ³ /일	8,751	9,541
	농축슬러지 발생량	m ³ /일	1,575	2,099
소 화 조	소화온도	℃	35	38
	유입슬러지 유입량	m ³ /일	3,875	4,593
	소화슬러지 발생량	m ³ /일	3,875	4,528
탈 수 기	유입슬러지 유입량	m ³ /일	2,680	3,114
	유입슬러지 농도	TS(%)	5	2.30
	탈수 Cake 함수율	%	75	79.0

동력비 증가 및 슬러지 발생량 증가를 초래하고 있다. 즉 슬러지 처리시설을 증설하여 소화슬러지 농축조의 고형물 회수율이 낮고 월류수에는 다량의 용해성유기물과 질소, 인 등의 영양염류, 난분해성물질 등이 최초침전지 앞으로 반송되므로 제거되지 않고 방류되어 하수처리효율을 저감시키는 원인이 되기 때문에 반송수의 오염부하량을 감

소시킬 수 있도록 하여야 한다.

단, 곧 운영될 100톤/일의 슬러지 건조시설의 효율적인 운영이 필요하며, 탈수 Cake의 함수율을 75% 정도까지 낮출 수 있는 탈수기 교체, 수처리시설에 비교해 발생하는 슬러지량의 전량 처리를 위한 원심농축기 또는 GBT(중력벨트농축기), 원심탈수기 등의 도입이 시급히 요구된다.

〈표 9〉 탄천하수처리장의 유량, 농도 및 부하량 변화

월	유량(m ³ /일)			농도(mg/L)			부하량(t/d)		
	1999	2000	2001	1999	2000	2001	1999	2000	2001
1월	756,828	858,731	884,037	78.6	85.1	107.5	59.5	73.0	94.5
2월	739,432	802,892	921,648	89.4	92.5	194.4	66.1	74.2	182.8
3월	778,634	801,095	906,988	99.6	103.3	180.1	77.9	82.7	164.2
4월	828,077	812,068	837,087	107.2	121.6	168.8	88.3	100.3	141.5
5월	840,759	859,991	840,494	109.1	108.9	180.2	92.	93.4	151.8
6월	863,466	881,893	886,251	111.8	106.0	147.6	96.9	93.0	130.3
7월	972,259	987,112	1,026,649	105.9	95.5	129.1	102.5	94.2	130.7
8월	989,096	1,105,700	1,030,938	111.9	86.3	131.4	110.5	95.5	134.8
9월	1,007,335	1,067,831	841,734	92.9	82.0	145.5	93.1	87.3	122.3
10월	896,981	911,135	864,615	93.9	97.1	155.3	83.7	88.4	134.0
11월	795,922	850,150	839,379	91.8	119.3	148.3	73.1	101.9	124.3
12월	792,443	856,458	824,629	89.7	113.6	148.0	71.2	97.3	122.1
평균	855,100	899,588	892,037	98.5	100.9	153.0	84.6	90.1	136.1

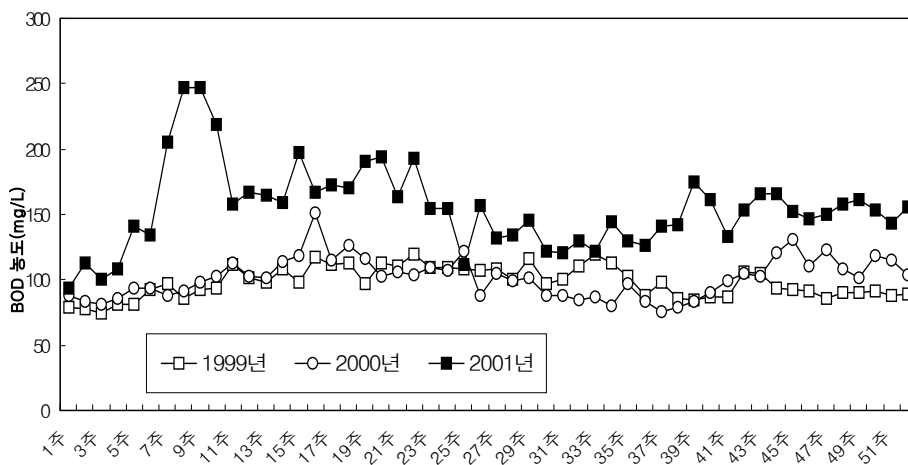
(참고 : t/d=1000kg/d)

1999년부터 2001년의 탄천하수처리장으로 유입되고 있는 유입수의 특이한 양상을 <표 9>에 나타내었다. 유량의 변화는 85만 m^3 ~89만 m^3 으로 변화의 폭이 적지만, 2000년에 비해 2001년 BOD농도의 경우 100.9mg/L에서 153.0mg/L로 50mg/L 이상 증가하였으며 부하량 역시 90.1t/d에서 136.1t/d로 약 50t/d 정도 증가하여 1년 사이

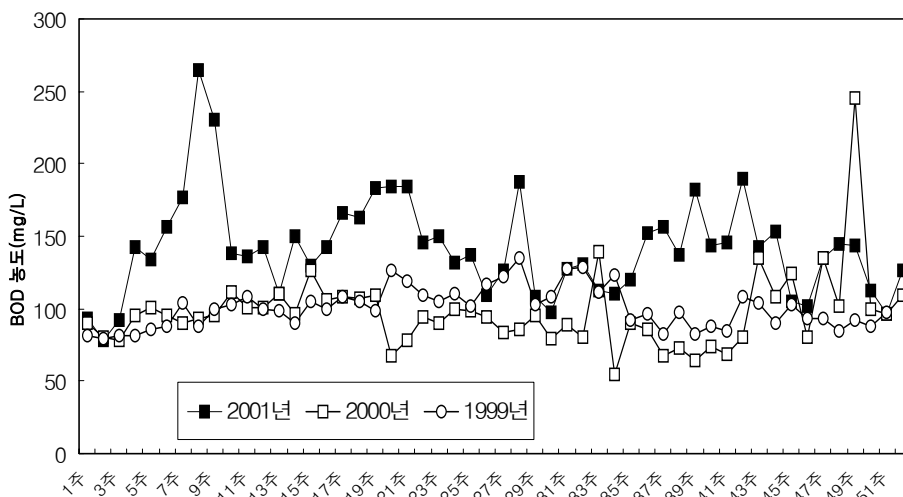
에 유입수의 농도와 부하의 상승이 두드러지게 나타남을 알 수 있다.

<그림 6>은 탄천하수처리장의 일요일을 제외한 주간의 평균 BOD농도를 나타내고 있으며 <그림 7>은 일요일 평균 BOD농도를 나타낸 것이다.

일요일을 제외한 일주일간의 BOD 평균농도 값의 경우 1999년에서 2000년 사이에는 평균



<그림 6> 탄천하수처리장 1999~2001년의 주간 평균농도비교



<그림 7> 탄천하수처리장 1999~2001년의 일요일 농도비교

98.3mg/L, 101.5mg/L로 나타나 비슷한 값과 경향을 나타내지만 2001년에는 154.6mg/L로 나타나 50mg/L 이상 증가하였으며 일요일 평균 역시 1999년과 2001년 사이에 평균 100.5mg/L, 97.3mg/L, 141.5mg/L로 나타났다. 따라서 발생오염원은 주간에만 가동되는 것이 아니라 일요일에도 운전이 되는 것으로 판단되었다.

일요일의 경우 평일과 다른 활동시간대, 생활패턴 등이 있기 때문에 일요일의 유량이 농도에 영향을 주는지를 알아보기 위하여 1999년~2001년의 유량차이 여부를 확인해 본 결과 1999년, 2000년, 2001년의 유량은 연평균 각각 840,687m³/d~873,327m³/d로 유량차이가 거의 존재하지 않는 것으로 보아 유량의 변화가 없는 조건에서 농도만이 증가한 것을 확인할 수 있다.

일요일에 운전이 이루어진다는 점에 기초해 연휴가 되는 명절과 전·후 15일을 바탕으로 한달간의 수질농도비교를 해보았다. 명절의 경우 1999년, 2000년, 2001년 및 2002년의 설날을 비교·분석하였다.

<표 10>에서 보듯이 월평균 유량은 설날을 지방에서 보내기 위해 내려가는 가정이 많아 유량은

감소하는 것으로 나타났으나 1999년을 제외한 설날의 월평균 유량은 비슷하게 나타났다.

그러나 2001년, 2002년의 설날은 BOD농도가 특이한 경향을 나타내고 있다. 즉, 2001년의 경우 설날 전·후에 비슷한 농도를 나타내는 것은 아직까지 새로운 고농도의 오염원이 들어오고 있지 않다는 것을 의미하고 있다. 이것은 설날 전 15일의 유입수 BOD농도평균은 100.8mg/L로 2000년과 비슷하였으나 이후 15일은 30mg/L가 증가한 130mg/L로 2001년 2월을 전후로 새로운 고농도 오염원이 유입되었다는 것을 예측하게 해주는 자료로 판단된다. 일요일날의 운전은 가능하지만 설날이 포함되어 있는 연휴의 마지막날은 운전이 거의 이루어지지 않아 연도와 상관없이 100mg/L 정도의 농도가 유입되는 것으로 판단된다. 2001년 1월 주단위로 BOD농도를 확인한 결과 93.2, 107.4, 99.2mg/L로 나타났지만 마지막 주에는 113.2mg/L로 약간의 상승을 나타내고 있으며 1월 마지막 3일과 2월초의 4일의 주간평균을 했을 경우 140.0mg/L로 나타나, 2001년 1월 마지막 주 약간의 농도상승이 나타났으며 2월을 기준으로 현재와 같은 농도로 이어진 것으로 판단된다.

<표 10> 1999년, 2000년 및 2001년의 설날에 대한 유량, 농도 비교

연도	유량(m ³ /일)				BOD농도(mg/L)			
	월평균	설날 전	설날	설날 후	월평균	설날 전	설날	설날 후
1999년	742,144	730,901	618,994	714,537	88.9	92.0	89.0	92.0
2000년	812,913	832,986	720,512	823,885	86.0	99.0	101.0	95.0
2001년	839,623	832,815	774,638	872,209	115.4	95.5	108.4	78.8
2002년	820,308	786,744	676,940	770,438	155.6	142.2	100.0	108.3

• 월평균 : 설날 전·후 각 15일 합계 31일간의 평균

※ 2001년의 설날 전 15일 평균: 100.8mg/L, 설날 후 15일 평균: 130mg/L

Ⅲ. 주요 관거별 수질 분석

1. 2001년의 주요차집관거에 대한 수질 농도

탄천하수처리장의 각 차집관거를 세분하여 2000년의 수질자료를 분석하여 농도 증가에 대한 원인접근을 시도해 보았다. 여러 관점에서의 농도를 비교해보기 전에 처리구역도 내의 채수지점에 대한 설명을 <그림 8>과 <표 11>에 나타내었으며 고덕천 하류에 위치한 검은 점(●)이 고덕동에 위치한 음식물 쓰레기 재활용센터를 나타낸 것이다.

수질측정 및 분석지점의 경우 탄천하수처리장 처리구역의 하천을 중심으로 크게 3개의 구역으로 나누었으며, 각 구역의 세부지점은 이전의 수질측정지점과 수질상승의 원인으로 의심되는 지점을 포함한 것이다.

탄천하수처리장의 분기별 주요 차집관거의 농도 분석은 처음으로 농도가 급격히 증가하기 시작한 2001년 1분기에 초점을 맞추어 분석해 보았다. 2001년의 1분기는 당시의 유입수 수질상승의 원인을 파악하여 처리장운영에 참고하고자 하였으

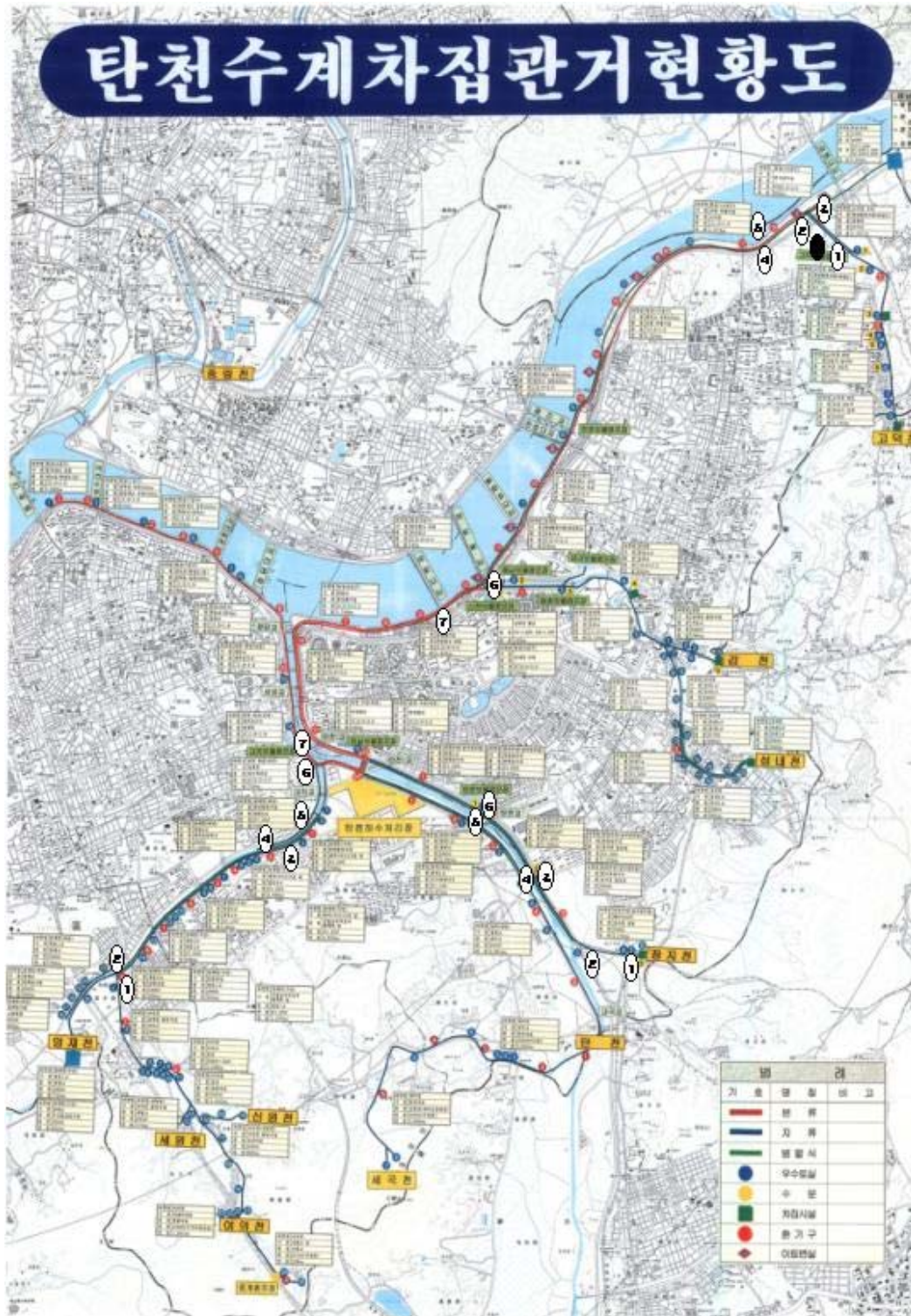
며 측정지점은 한강본류상류 및 하류 9개 지점, 양재천 5개 지점, 탄천좌·우안 4개 지점 등 총 18개 지점의 하수였으며 일시는 2001년 3월~4월에 걸쳐 실시하였다. 실험항목은 BOD, COD, SS, T-N, T-P, 경도, 염소이온, 알카리도, pH 등의 수질항목을 실시하였다. 주요 차집관거별 평균수질 농도는 <표 12>~<표 15>와 같다.

수질자료를 바탕으로 유입하수량과 비교·분석을 한 경우 탄천하수처리량의 약 70%를 차지하고 있는 성내천과 고덕천의 유량의 수질이 상대적으로 높은 것을 알 수 있으며 이외 지역의 경우 농도가 낮거나 농도가 높은 경우 적은 유량에 유입되는 가락시장, 음식물 적환장 및 청소 차고지 등의 침출수에 의한 지역적인 현상에서 오는 일시적인 오차로 판단된다.

위의 자료를 바탕으로 탄천하수처리장의 수질상승을 고찰해 보면, 순수한 생활하수만 유입된다고 가정할 때 유입수의 BOD농도가 140mg/L~150mg/L 정도로 될 것으로 추정되고 이는 전반적으로 2000년에 비해 40~50mg/L 상승한 것으로 판단되며 탄천우안의 영향으로 5~10mg/L 정도

<표 11> 탄천하수처리장 수질측정 및 분석지점

구역구분 구역번호	고덕천 및 성내천 구역	장지천과 탄천구역	여의천·세원천·신원천 구역
1	고덕천 좌안상류	장지천 상류지점	여의천·세원천·신원천 상류지점
2	고덕천 좌안하류	장지천 구관 시작점	양재천 상류지점
3	고덕천 우안하류	장지천 구관 중류지점	여의천·세원천·신원천 하류지점
4	고덕천 좌안과 우안 합류점	장지천 신관 시작지점	양재천 하류지점
5	하남시 위탁하수 유입지점	장지천 시관의 하류지점	양재천 좌안지점
6	성내천 지점	장지천 구관의 하류지점	대치동(본류하류 1)
7	고덕천, 하남시 위탁하수 및 성내천의 합류점		본류하류 2



〈그림 8〉 탄천하수처리장의 차집관거 채수지점

〈표 12〉 차집관거별 수질 측정 결과 (2001년 3월 13일, 단위 : mg/L)

채수지점		BOD	COD	SS	Cl ⁻	pH
하수처리장 유입수	평균	188.8	96.9	165.6	77.3	6.88
	최대	284.4	149.6	390	91.9	7.07
	최소	116.4	68.6	96	57.3	6.04
양재천	평균	129	66.5	69	65.6	7.05
	최대	211.4	92	100	83.5	7.22
	최소	37.5	33.6	40	52.2	6.89
한강본류 하류	평균	150.3	76.3	85.8	65.5	6.91
	최대	241.2	108.8	120	82.6	7.06
	최소	81.9	36.3	40	57.3	6.7
한강본류 상류	평균	200	95.6	156.2	70	6.93
	최대	326.4	157.2	390	80.6	7.21
	최소	89.9	51.4	70	59.3	6.52
탄천 우안	평균	217.2	106.7	179.1	159.4	7.05
	최대	530	201.3	810	183.8	7.24
	최소	106.9	66.4	179.1	105.5	6.88

〈표 13〉 탄천우안 차집관거별 수질 측정 결과 (2001년 4월 6일, 단위 : mg/L)

채수지점		BOD	COD	SS	Cl ⁻	pH
하수처리장 유입수	평균	186.4	88.1	132.0	97.8	6.72
	최대	246.6	116.6	355.0	117.2	6.92
	최소	115.8	58.8	80.0	78.1	6.53
가락 아파트	평균	209.0	106.3	66.3	241.4	6.73
	최대	259.7	149.1	120.0	823.7	7.02
	최소	171.1	78.6	45.0	95.9	6.56
가락시장	평균	161.3	98.2	114.7	341.6	7.04
	최대	206.4	152.0	245.0	582.2	7.20
	최소	115.1	54.0	55.0	145.6	6.92
구관(합류 전)	평균	183.3	123.3	256.0	124.7	7.00
	최대	297.7	198.0	1780.0	170.4	7.34
	최소	77.8	55.7	30.0	60.4	6.80
신관 (웨미리 Apt. 후매설)	평균	281.8	182.1	225.8	114.9	6.86
	최대	724.6	661.0	875.0	149.1	7.05
	최소	131.2	79.6	72.5	71.0	6.49
구관(합류 후)	평균	195.7	118.8	148.2	193.2	7.01
	최대	251.7	179.6	410.0	308.9	7.23
	최소	140.8	78.0	85.0	106.5	6.86

〈표 14〉 한강 본류 상류 차집관거별 수질 측정 결과 (2001년 4월 13일, 단위 : mg/L)

채수지점		BOD	COD	SS	Cl ⁻	pH
하수처리장 유입수	평균	186.8	97.3	209.8	93	6.82
	최대	289.2	164	530	117.2	7.54
	최소	139.3	74	92	67.5	6.43
하남시 유입	평균	144.2	90.3	257.4	56.9	6.79
	최대	266.3	168	1025	78.8	7.25
	최소	46.8	40	44	40.8	6.61
고덕천	평균	526.2	2921.5	421.7	119.7	6.54
	최대	956.2	486.7	1290	181.2	7.58
	최소	137.1	66.7	80	95.9	6.15
고덕천 하류	평균	323.8	166.6	287	89.3	6.47
	최대	573.8	300	1266.7	113.6	6.75
	최소	106.5	88	95	71.8	6.29
성내천	평균	146.9	80.5	184.5	90.5	6.75
	최대	302.8	152	890	149.1	6.93
	최소	68	44	60	47.2	6.59
신천	평균	142.1	74.7	135.2	71.6	6.92
	최대	256	180	746.7	113.6	8.05
	최소	65.9	36	42	36.2	6.66
합류	평균	215.3	112	222.3	76.6	6.64
	최대	332.2	240	563.3	97.6	6.8
	최소	123.7	70	93.3	56.4	6.45

〈표 15〉 고덕천 차집관거별 수질 측정 결과 (2001년 4월 27일, 단위 : mg/L)

채수지점		BOD	COD	SS	Cl ⁻	pH
하수처리장 유입수	평균	180.9	81.8	156.4	104	6.8
	최대	240.4	115.6	350	124.3	6.97
	최소	120.8	52.5	74	82	6.65
탄천 좌안 상	평균	150.5	68.4	108.1	78.7	6.89
	최대	214.4	103.7	394	124.3	7.08
	최소	78	33.8	48	63.9	6.66
탄천 좌안 하	평균	824	423.1	395	115.2	6.44
	최대	2174.5	1130	970	256	6.99
	최소	86.9	64.5	80	60.4	5.86
탄천 우안 상	평균	91.2	53.6	102.3	293.1	7.06
	최대	463.1	190.8	250	372.8	6.26
	최소	31.7	32.5	42	186.4	7.28
탄천 우안 하	평균	145.2	104.3	628.1	383.4	6.95
	최대	498.3	306	4480	289.2	7.26
	최소	48	26.3	50	177.5	6.21

의 상승이 동시에 예상된다.

2. 2002년 고덕천과 성내천 부근의 차집관거 수질농도분석

2001년 3월~4월에 걸친 수질농도를 분석한 결과, 고덕천 좌안에 연결되어진 모든 차집관거에서의 수질측정을 바탕으로 좀더 구체적인 수질농도 증가원인 지역 접근을 시도할 수 있을 것으로 판단되어 고덕천을 시작으로 하여 성내천 합류지점까지의 수질농도를 중점으로 하여 장지천 및 양재천에 대한 24시간 수질농도분석을 실시하였다.

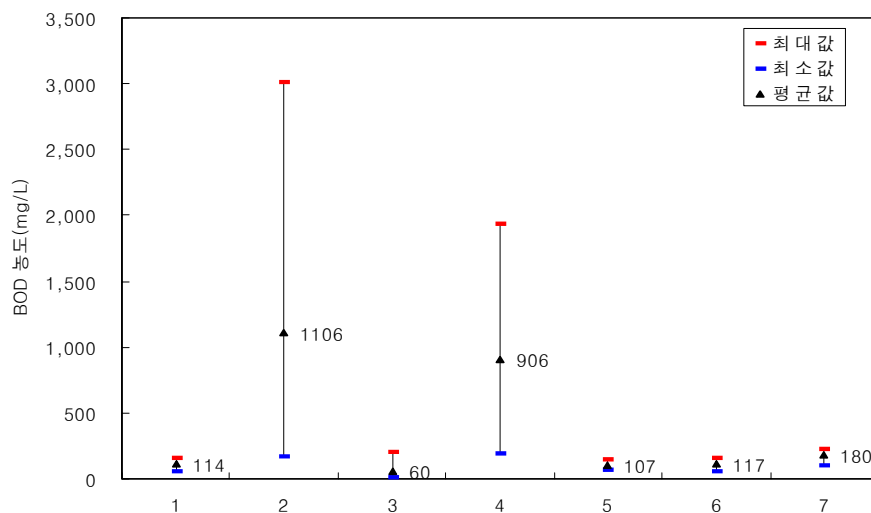
<그림 9>에서의 X축은 고덕천 및 성내천 차집관거를 중심으로 고덕천 좌안 상·하류(1, 2), 고덕천 우안(3), 고덕천 합류지점(4), 하남시 유입지점(5), 성내천지점(6) 및 위 지점들의 합류지점(7)을 의미한다.

고덕천 좌안 하류지점(2)과 고덕천 좌안 하류와 우안이 만나는 지점(4) 그리고 고덕천, 성내천과

하남시 유입하수가 만나는 지점(7)이 다른 지점에 비해 상대적으로 높은 농도를 나타내고 있다. 그 이유는 고덕동 부근의 강동구 음식물 쓰레기 재활용센터 오수(침출수)가 유입되었기 때문인 것으로 판단된다.

구체적인 지점농도의 경우, 고덕천 좌안상류의 농도가 114mg/L이고 고덕천 좌안 하류의 평균 농도가 1,106mg/L이기 때문에 고덕천의 약 200m 정도의 두 측정지점인 좌안 상·하류에서 유입되는 농도는 최소한 1,106mg/L보다 높은 고농도의 폐수가 유입되어야 가능하다. 즉, 음식물 쓰레기 사료화 시설과 같은 평균 160,000mg/L 정도의 고농도의 폐수배출업소의 운전에 의한 영향으로 판단된다.

<그림 9>의 경우 평일날 24시간 시설가동에 따른 강동구 음식물쓰레기 재활용센터 침출수에 의한 농도상승을 조사하였기 때문에 주말에 조사를 할 경우 음식물 처리시설의 주말 가동여부에 대한 유입수 수질 농도변화를 파악할 수 있어,



<그림 9> 고덕천 차집관거의 24시간 BOD농도 분포 경향

〈표 16〉 고덕천 부근 주말의 BOD농도변화 및 탄천하수처리장 유입하수농도(2002년 9월 7일~8일, 단위 : mg/L)

채수지점	14:00	16:00	18:00	20:00	22:00	24:00	2:00	4:00	6:00	8:00	10:00	12:00
고덕천 좌안 상	86.4	85.9	76.2	89.8	72.4	39.1	46.3	39.1	28.8	55.9	94.3	93.8
고덕천 좌안 하	460.6	594.0	505.9	585.2	1077.0	71.8	362.4	71.8	71.8	71.8	93.0	75.9
고덕천 우안 하	98.2	39.1	25.8	13.2	23.0	12.9	14.5	28.4	35.3	15.7	23.0	14.5
탄천유입하수	164.7	211.8	153.8	161.2	132.8	172.0	123.0	162.4	88.7	64.8	100.6	112.9

2002년 9월 7일(토)~8일(일)에 고덕천 부근중심으로 차집관거 수질농도조사를 실시하였다.

〈표 16〉에서 알 수 있듯이 고덕천 좌안 하류만이 7일 22시까지 농도가 높게 나타나고 있는 것을 확인할 수 있으며 24시 이후에는 농도가 다른 지류와 비슷하게 나타났다. 고덕천 좌안 하류의 농도가 감소한 뒤 네 번째 샘플링만에 탄천하수처리장 유입수의 농도가 감소하는 것으로 나타났다. 이것은 주말조업이 이루어지고 있는 토요일의 경우 차집관거의 농도가 높은 반면 일요일은 음식물쓰레기 처리량에 따른 시설가동 중지때 따른 것으로 판단된다.

탄천하수처리장으로 유입되는 하수의 차집관거를 샘플링하여 측정된 BOD농도와 유량을 바탕으로 2001년 2월부터 증가한 BOD부하량에 대한 측

정지점별 영향정도를 검토하였다.

그러나 유량의 경우 차집관거의 개폐에 따른 시간과 연구수행기간 및 위험성 등 현실적인 문제로 인해 1998년 서울시에서 조사한 보고서를 바탕으로 하였다.

차집관거지점은 크게 고덕천 우안과 좌안, 하남시에서 유입되는 하수와 성내천에서 유입되는 하수의 농도를 바탕으로 부하량을 구분하여 고덕천 부근으로 하였으며, 다음으로는 장지천과 탄천에서 시작되는 탄천우안과 좌안을 탄천 부근으로 나누어지고 마지막으로 양재천 좌안과 우안을 구분하여 양재천 부근으로 구분하였다.

각 지점의 구분에 따른 유량, BOD농도 및 부하량은 〈표 17〉과 같다.

〈표 17〉에서 보듯이 유량은 각 지점을 종합

〈표 17〉 탄천하수처리장의 차집관거별 유량, BOD농도 및 부하량

검토지점		유량(m³/sec)	농도(mg/L)	유량(m³/d)	부하량(t/d)	부하량(t/d)*
고덕천 부근	고덕천 지류	0.04	60.4	3,546.0	0.21	0.17
	고덕천 좌안	0.46	1106	39,744.0	43.94	39.95
	성내천	8.23	117.2	711,072.0	83.34	68.19
	하남시 하수	0.58	106.7	50,112.0	5.35	4.37
탄천 부근	탄천 좌안	0.26	100.0	22,464.0	2.25	1.84
	탄천 우안	0.93	315	80,352.0	25.31	20.71
양재천 부근	양재천 좌안	0.29	146.0	25,056.0	3.66	2.99
	양재천 우안	1.99	92.9	171,936.0	15.97	13.07
계		-	-	1,104,192	180.02	147.3

(유량자료: 하수도정비기본계획 보고서 (변경).1998, ※보정계수 : 9/11)

하였을 경우 2001년의 실제 유입량 평균인 892,037m³/d보다 높은 1,104,192m³/d로, 부하량은 2001년의 일일 평균 부하량 136.1t/d보다 높은 180t/d로 나타났다.

위와 같이 계산된 식에서 유량이 실제보다 9/11 정도 많기 때문에 예측에 의해 나온 부하량에 보정계수로 9/11을 곱하였다.

결과적으로 부하량은 2001년 유입수 BOD부하량인 136.1t/d보다 11.2t/d높은 147.3t/d로 나타났다. 부하량 147.3t/d를 유량 892,037m³/d로 나눈 결과 BOD농도는 2001년 일일 평균 유입수 BOD농도 153mg/L보다 10mg/L정도 높은 163mg/L로 나타났다.

실제값과 측정값이 약간의 차이가 있는 것은 농도 측정시간이 차집관거지점마다 다른 점과 농도측정횟수가 적어 농도의 대표성 문제가 있기 때문인 것으로 보인다. 부하량 계산을 검토한 결과 고덕천 좌안 하류의 경우, 탄천하수처리장으로 유입되는 유량에 비해 BOD부하량이 큰 것을 알 수 있으며 이러한 결과를 바탕으로 고덕천 좌안 하류의 연도별 부하량을 검토해 보았다.

<표 18>에서 보듯이 고덕천 좌안 하류의 2000

년 부하량은 3.2t/d~8.4t/d로 탄천하수처리장의 부하량 90.1t/d에 10% 미만의 영향을 주었지만 2001년 경우 21.9t/d~49.8t/d로 나타나 전체 부하량 136.1t/d에 16.1%~36.6%의 영향을 주는 것으로 판단된다.

또한 2000년과 2001년의 실제 BOD부하 증가량인 46t/d와 비교했을 경우 고덕천 좌안에서의 증가비율은 전체 BOD부하증가량 47.6~108.0%를 차지하는 정도로서 대부분 고덕천 좌안에 의해 BOD부하량이 상승한 것으로 판단된다.

3. 분류식관거지역의 BOD 수질농도

탄천하수처리장인 서초구, 강남구, 송파구, 강동구의 26.5%에 해당되는 총 237.3km가 분류식관거 지역으로 정비되어 있으며, 분류식하수관거 정비 구역면적은 탄천, 중랑, 서남, 난지하수처리장별로 각각 2,237.2ha, 1,308.7ha, 697.0ha, 160.2ha로 검토되었다. 이에 분류식하수관거의 수질농도변화가 탄천하수처리장 유입수 수질 농도상승에 미칠 영향여부를 알아보기 위하여 분류식관거지역인 성내천과 고덕천 및 양재, 대치동의 생활하수가 흐

<표 18> 연도에 따른 고덕천 좌안 하류에서의 BOD 농도 및 부하량 변화

측정날짜		BOD 농도(mg/L)	유량(m ³ /d)	BOD 부하량(t/d)
2000년	6월 28일	81	39,744	3.2
	9월 27일	156	39,744	6.2
	12월 20일	213	39,744	8.4
2001년	3월 7일	1205	39,744	47.9
	6월 28일	1252	39,744	49.8
	9월 25일	550	39,744	21.9
	12월 12일	664	39,744	26.4
2002년	3월 6일	1642	39,744	65.3
	7월 10일	906	39,744	36.0

〈표 19〉 탄천하수처리장 분류식관거지역의 24시간 농도 (성내천, 2002년 7월 10일~11일)

(단위 : mg/L, 단 pH 제외)

시간	수온(℃)	pH	BOD	COD	SS	T-N	T-P
11:00	21.0	7.0	144.3	54.2	105.8	20.6	4.57
13:00	21.5	7.1	149.7	66.1	86.7		
15:00	21.0	7.1	146.5	56.2	81.0		
17:00	21.0	7.0	138.9	56.1	93.0		
19:00	20.0	7.0	113.3	47.4	99.0	26.5	2.41
21:00	19.8	7.1	120.8	58.9	97.0		
23:00	18.0	6.9	155.6	47.1	80.0		
01:00	18.0	7.0	110.9	44.1	67.0		
03:00	17.0	7.0	74.5	36.2	42.0	24.0	1.00
05:00	17.6	7.1	71.4	30.2	35.0		
07:00	19.0	7.3	60.4	38.0	61.0		
09:00	20.5	7.3	120.3	47.4	123.0		
최대값	21.5	7.3	155.6	66.1	123.0	26.5	4.57
최소값	17.0	6.9	60.4	30.2	35.0	20.6	1.00
평균	19.5	7.0	117.2	48.5	80.9	23.7	2.66

르는 분류하류지점에 대하여 조사해 보았다. 또한 양재동과 대치동의 생활하수가 유입되는 분류하류는 다른 지점의 농도유입과 불명수의 침투가 거의 없으며 탄천하수처리장으로 유입되기 위한 차집관거가 짧아 24시간 농도측정과 동시에 부하량을 검토해 보았다.

24시간 농도를 측정해본 결과 2002년 7월 성내천은 탄천하수처리구역도의 고덕천 하류지역 ⑥번지점이며, BOD농도는 117.2mg/L, 고덕천의 채수 및 농도측정은 탄천하수처리구역도의 ①번지점이며 BOD농도측정결과 2002년 7월과 9월의 경우 114.1mg/L와 67.3mg/L로 나타났기 때문에 분류식하수관거에 대한 유입수 수질에 미치는 영향은 극히 미미한 것으로 판단된다. 한편 고덕천 2002년 7월 10일~11일(수요일~목요일)과 9월 7일~8일(토요일~일요일)의 경우 약간의 농도차이가 발생한 것은 측정일의 차이에 의한 생활패턴

변화에 의한 것으로 판단된다.

그러나 성내천의 경우 오전 11:00시부터 23:00시까지는 농도가 높다. 즉, 생활활동이 많은 시간대에서는 평균 농도값이 138.4mg/L로서 상당히 높은 것을 알 수 있다. 즉 성내천 및 감천발생원으로부터 한강분류차집관거 합류지점전의 성내천 하류지점인 ⑥번지점의 차집관거 하수농도가 생활활동 시간대에는 높은 값으로서 탄천하수처리장의 유입하수 농도상승에 영향을 미칠 것으로 판단된다.

반면 양재동과 대치동의 생활하수가 유입되는 분류하류는 평균 BOD농도가 149.2mg/L로 나타났다. 또한 지속적으로 BOD 등의 농도가 높기 때문에 탄천하수처리장에 미치는 부하량을 검토한 결과 2001년 대치동과 양재동 인구는 84,527명과 50,894명이며 일일 평균 상수사용량 390L/일·인과 유수율 75.3%를 곱한 순수 생활

〈표 20〉 탄천하수처리장 분류식관거지역의 24시간 농도 (고덕천)

(단위 : mg/L, 단 pH 제외)

시간	고덕천, 2002년 7월 10일							2002년 9월 7일						
	수온 (℃)	pH	BOD	COD	SS	T-N	T-P	수온 (℃)	pH	BOD	COD	SS	T-N	T-P
11:00	25.8	7.2	118.4	44.4	74.0	22.0	3.09	25.5	6.6	86.4	39.7	65.0	18.2	2.51
13:00	26.7	6.9	102.3	44.0	63.0			25.1	6.7	85.9	45.7	59.0		
15:00	26.1	6.9	117.9	46.2	63.0			24.2	6.8	76.2	41.8	54.0		
17:00	26.0	6.8	162.7	61.6	69.0			23.1	7.0	89.8	42.8	59.0		
19:00	25.1	6.9	133.0	46.4	90.0	23.2	3.46	22.3	7.1	72.4	41.7	47.0	15.7	1.80
21:00	24.6	7.1	132.1	53.8	113.0			21.9	6.9	39.1	47.5	44.0		
23:00	23.8	7.0	152.1	51.0	74.0			20.8	7.1	46.3	28.7	22.0		
01:00	23.0	7.0	114.7	42.2	62.0			20.3	7.1	39.1	24.7	17.0		
03:00	22.2	7.1	81.6	35.1	41.0	28.9	3.20	20.0	7.2	28.8	23.1	18.0	21.0	2.26
05:00	22.0	7.2	53.4	26.6	29.0			20.9	7.1	55.9	34.0	43.0		
07:00	23.0	7.4	58.4	33.0	97.0			22.7	7.1	94.3	52.8	96.0		
09:00	24.8	7.3	142.0	68.0	118.3			24.2	7.1	93.8	50.2	68.0		
최대값	26.7	7.4	162.7	68.0	118.3	28.9	3.46	25.5	7.2	94.3	52.8	96.0	21.0	2.51
최소값	22.0	6.8	53.4	26.6	29.0	22.0	3.09	20.0	6.6	28.8	23.1	17.0	15.7	1.80
평균	24.4	7.0	114.1	46.0	74.4	24.7	3.25	22.6	7.0	67.3	39.4	49.3	18.3	2.19

〈표 21〉 탄천하수처리장 분류하류 대치동 및 본류하류의 24시간 농도 (2002년 7월 31일)

(단위 : mg/L, 단 pH 제외)

시간	대치동 24시간 농도(2002년 7월 31일)							본류하류의 24시간 농도(2002년 7월 31일)						
	수온 (℃)	pH	BOD	COD	SS	T-N	T-P	수온 (℃)	pH	BOD	COD	SS	T-N	T-P
12:00	21.0	7.0	136.0	67.6	127.5	53.6	3.89	21.0	7.0	130.4	57.6	125.0	24.8	10.61
14:00	22.0	6.7	193.5	81.2	274.0			22.0	6.8	139.5	72.8	114.0		
16:00	21.0	6.8	214.6	74.0	160.0			21.1	6.8	244.6	69.2	127.0		
18:00	26.1	7.0	134.0	66.4	117.0			26.5	7.0	130.9	61.8	101.0		
20:00	26.0	6.9	164.9	67.4	110.0	24.7	3.67	26.2	6.9	159.2	71.4	101.0	25.7	3.66
22:00	25.9	6.9	210.4	81.6	178.0			25.9	6.9	164.3	76.8	107.0		
00:00	25.5	6.8	195.5	76.6	134.0			25.5	6.8	128.7	72.2	124.0		
02:00	25.0	6.9	237.9	67.4	147.0			25.0	6.9	186.9	74.2	75.0		
04:00	24.8	7.1	130.3	50.4	71.0	21.8	4.14	24.0	7.1	132.2	48.8	66.0	20.2	4.56
06:00	25.0	7.3	63.7	40.5	38.0			25.0	7.1	82.8	45.9	46.0		
08:00	24.5	7.2	86.1	44.5	54.0			25.0	7.2	94.9	45.1	68.0		
10:00	24.3	7.3	115.8	47.5	100.0			24.0	7.2	103.2	46.0	88.0		
최대값	26.1	7.3	237.9	81.6	274.0	53.6	4.14	26.5	7.2	244.6	76.8	127.0	25.7	10.61
최소값	21.0	6.7	63.7	40.5	38.0	21.8	3.67	21.0	6.8	82.8	45.1	46.0	20.2	3.66
평균	24.2	7.0	156.9	63.8	125.9	33.4	3.90	24.2	7.0	141.5	61.8	95.2	23.6	6.27

하수량은 39,716m³/d로 나타났다. 생활하수량 39,716m³/d와 <표 21>의 24시간 연속 측정된 평균 BOD농도 156.9mg/L와 141.5mg/L의 평균인 149.2mg/L를 곱한 BOD부하량은 5.9t/d로서 탄천하수처리장 2001년 전체 BOD부하량 136.1t/d의 4.3%를 차지하는 것으로 나타났다. 이에 양재동과 대치동에 대한 지속적인 BOD 등의 수질모니터링화 작업이 필요한 것으로 판단된다. 특히 발생원으로부터 2~4시간 이내에 유입되는 양재동, 대치동 지점들은 낮 12:00시부터 새벽 02:00시까지 최저 134mg/L, 최고 238mg/L로서 상당히 높은 것을 알 수 있다. 따라서 대치동과 양재동은 분류식관거정비지역으로서 생활수준이 대체적으로 높은 편이면서도 하수처리장과 가까이 있는 지역으로서 탄천하수처리장 유입수 수질 농도상승에 영향을 미치는 것으로 판단된다.

4. 장지천 및 여의천 부근의 수질농도

<표 22>와 같이 2001년 1사분기의 정기 수질 농도측정시 유입수 수질농도에 비해 장지천부근의 관거농도가 높았기 때문에 2002년 24시간 샘플링한 BOD농도를 나타낸 값이다. <표 23>에서 보듯이 장지천을 제외한 모든 지점이 150mg/L 이상의 농도를 나타내고 있는 것을 확인할 수 있었다.

여의천, 세원천, 신원천, 양재천 및 본류하류(대치동)에 대한 24시간 연속 차집관거조사 결과는 <표 24>와 같다. 농도측정결과 10:00시와 14:00시에 몇 개의 차집관거에서 높은 BOD농도가 나타났다으며 이것은 일일 생활패턴에 의한 취사, 세탁, 목욕 등의 오염물질의 배출이 많은 활동시간대와 상관되는 것으로 보인다. 또한 일부는 서초구 원지동에서 가동중인 청소종합센터의 음식물쓰레기 수거차 차량청소 등에 의한 일시적인 영향과 유입수량의 부족으로 인한 농도상승 등으로 판단된다.

<표 22> 장지천부근의 2001년 1사분기 지점별 BOD 농도경향 (단위 : mg/L)

농 도	가락아파트	가락시장	구관시점(합류 전)	구관(합류 후)	신관시점 (혜밀리Apt. 후매설)
Min.	171.1	115.1	77.8	140.8	131.2
Max.	259.7	206.4	297.7	251.7	724.6
Avg.	209.0	161.3	183.3	195.7	281.8

<표 23> 장지천부근의 2002년 24시간에 따른 지점별 BOD 농도경향 (단위 : mg/L)

농 도	장지천	구관시점	구관중류	신관시점	신관하류	구관하류
Min.	14.5	66.7	107.9	72.4	138.1	152.8
Max.	98.2	427.9	1600.7	207.1	785.2	533.6
Avg.	54.7	207.9	341.0	156.0	311.4	317.9

〈표 24〉 여의천, 세원천, 신원천, 양재천 및 본류하류의 차집관거별 BOD 농도경향 (단위 : mg/L)

시간	여의·세원· 신원천 상류	양재천 상류	여의·세원· 신원천 하류	양재천 하류	양재천 좌안	본류하류1 (대치동)	본류하류
12:00	144.3	106.0	110.7	144.3	143.1	136.0	130.4
14:00	531.5	263.4	116.7	255.5	163.5	193.5	139.5
16:00	80.3	92.1	153.4	159.2	137.8	214.6	244.6
18:00	75.9	49.6	65.2	154.2	238.1	134.0	130.9
20:00	81.1	73.1	112.3	130.3	343.5	164.9	159.2
22:00	79.0	83.4	79.3	150.4	121.4	210.4	164.3
24:00	56.4	89.4	101.4	133.4	117.1	195.5	128.7
02:00	34.4	55.4	77.0	104.2	108.9	237.9	186.9
04:00	30.2	38.1	70.8	74.0	88.7	130.3	132.2
06:00	11.3	22.1	37.8	36.9	43.9	63.7	82.8
08:00	27.3	57.9	102.7	69.5	112.0	86.1	94.9
10:00	453.0	247.7	87.4	119.0	133.8	115.8	103.2
평균	133.7	98.1	92.9	127.6	146.0	159.6	141.5
						149.2	

IV. 유입수 농도 증가의 원인

1. 상수원 사용량에 대한 원인분석

탄천하수처리장의 처리구역은 강동구와 송파구 전역과 압구정동, 청담동, 삼성동, 도곡동, 대치동, 개포동, 일원동, 수서동 및 세곡동을 포함한 강남구, 양재동 및 내곡동이 포함되는 서초구를 포함하고 있다. 위탁도시의 경우 하남시와 과천시를 포함하고 있다.

〈표 25〉에서 보듯이 송파구의 경우 1999년에서 2001년의 인구가 668,421명에서 658,242명으로 감소한 것을 확인할 수 있다. 연도별 평균급수량과 연도별 유수량은 상수도통계연보의 자료에 의하여 1999년부터 2001년의 평균급수량은 각각 421L/일·인, 402L/일·인, 390L/일·일이며, 유수율은 68.2, 72.0, 75.3%를 인구에 곱하여 연도별 평균급수량과 실제하수량을 계산하였다. 연도별 인구에 일인 평균급수량을 곱한 결과 송파구의 급수량은 1999년 281,405m³/일에서 2001년

〈표 25〉 탄천하수처리장 처리구역의 연도별 인구 및 급수량 변화

구역	인 구 변 화			구 청 별 급 수 량			실 제 하 수 발 생 량		
	1999년	2000년	2001년	1999년	2000년	2001년	1999년	2000년	2001년
송 파 구	668,421	665,644	658,242	281,405	267,589	256,714	191,918	192,664	192,536
강 동 구	491,502	497,698	490,530	206,922	200,075	191,307	141,121	144,054	143,480
강 남 구	420,864	417,559	413,262	177,184	167,859	161,172	120,839	120,858	120,879
서 초 구	59,269	59,127	59,418	24,952	23,769	23,173	17,017	17,114	17,380
합 계	1,640,056	1,640,028	1,621,452	690,463	659,291	632,366	470,896	474,690	474,275

〈표 26〉 퇴비화 시설과 사료화 시설 비교

	퇴비화시설	사료화시설
위치	강동구 고덕동 360번지	강동구 고덕동 360번지
처리방법	호기성 발효/숙성방식 (25일)	간접가열 건식사료화 (수분함량 13% 미만)
시설용량	30톤/일 (퇴비생산량 8톤/일)	150톤/일
부재료	수분조절제로 톱밥사용 (음식물 투입량의 15%)	사용하지 않음
감량률	75%	88%
사업기간	97. 12. 31 ~ 99. 6. 10	2000. 1. 22 ~ 2000. 5. 31

256,714m³/일로 24,691m³/일 정도 감소하였으나 연도별 유수량을 곱한 결과는 1999년 191,918m³/일이며 2001년 192,536m³/일로 약 618m³/일 정도 증가한 값을 나타내었다. 이러한 계산방법을 바탕으로 강동구, 강남구, 서초구의 변화를 살펴보았다.

<표 25>에서 탄천하수처리장의 전체 개념으로 보았을 경우 인구와 구청별 급수량은 크게 감소하는 반면 유수율을 곱한 실제 하수발생량은 거의 변화가 나타나지 않은 것을 확인할 수 있다.

즉, 유입하수량의 변화에 의한 유입수질 및 부하량의 변화는 거의 없는 것으로 판단된다.

2. 강동구 음식물쓰레기 재활용센터에 대한 조사

강동구는 음식물쓰레기를 효율적으로 처리하기 위하여 1일 30톤 처리 규모의 퇴비화 시설을 갖추어 환경오염을 방지하고 음식물 쓰레기 자원을 재활용할 수 있도록 하였다. 이를 발판으로 강동구에서는 음식물 쓰레기 100% 재활용을 목표로 1일 150톤의 음식물쓰레기를 처리할 수 있는 사료화 시설을 가동하게 되었다.

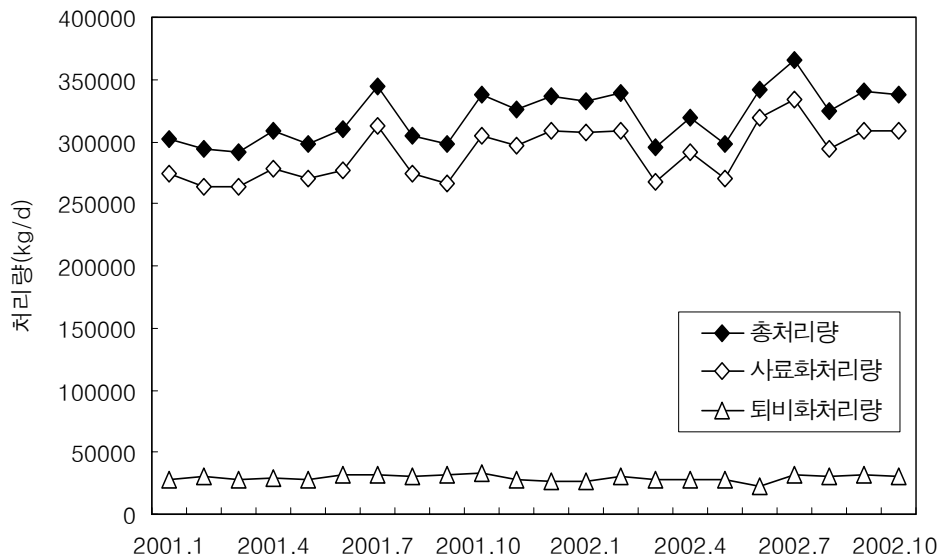
강동구에서의 음식물을 이용한 퇴비화와 사료화 재활용의 경우 각 과정마다 배출되는 오수(침

출수)의 양과 농도가 달라 각각의 과정에 대한 세밀한 부분을 검토해보았다. <표 26>은 강동구 음식물 재활용센터의 재원을 나타낸 것이다.

음식물쓰레기 사료화 시설과 퇴비화 시설은 강동구의 음식물쓰레기와 종로구, 용산구, 성동구, 광진구, 중랑구, 동대문구, 서초구 및 강남구 등 주변지역의 음식물쓰레기를 처리하고 있다. 환경관리공단에서 작성한 2001년 탄천하수처리장 기술진단보고서에서 강동구 음식물쓰레기 재활용센터에서 발생하는 침출수를 2000년 12월부터 2001년 3월까지 본 처리장 차집관거로 유입처리하는 것을 유입수 수질농도 증가원인으로 보고 있기 때문에 본 연구에서는 더욱 집중적으로 분석하였다. 이러한 정보를 바탕으로 우선 음식물쓰레기 처리용량을 처리공정에 따라 살펴보았다.

<그림 10>에서 보듯이 강동구 음식물 재활용센터에서의 총 음식물쓰레기 처리량은 일일 평균 291톤/일에서 366톤/일로 분포되어 있으며 평균적으로는 312톤/일 정도가 처리되고 있다.

음식물쓰레기 처리량을 세분하여 재활용 목적에 따라 구분해보면 퇴비화 재활용시설의 경우 평균적으로 일일 29,413kg으로 처리되었으며 최소처리량과 최대처리량은 각각 22,833kg/d



〈그림 10〉 강동구 음식물 재활용센터의 음식물처리량 비교

(자료 : 강동구청 내부자료)

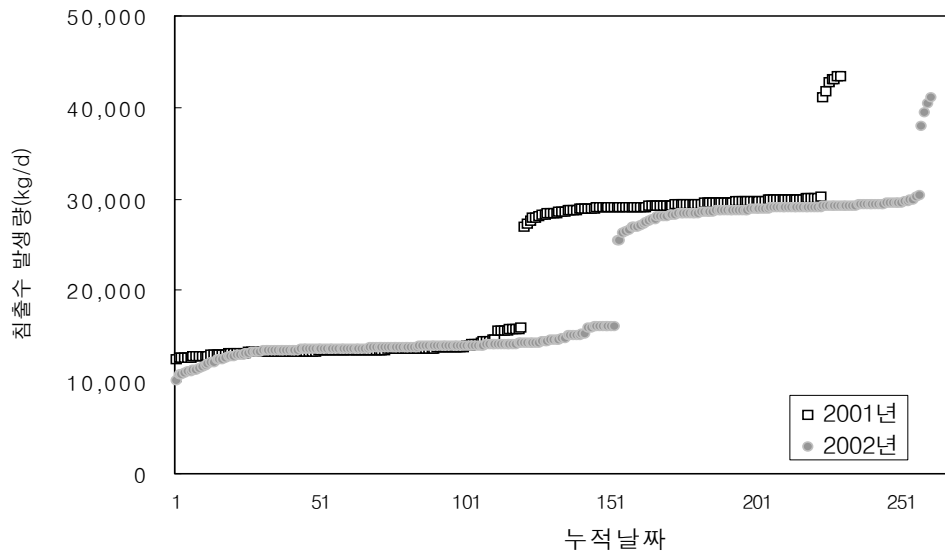
와 33,575kg/d로 나타났다.

퇴비화의 경우 처리량이 거의 없는 달을 제외하고는 대부분 월평균과 비슷한 값을 나타내고 있으며 표준편차 역시 2,512로서 평균 10% 이내에 분포하는 것을 확인할 수 있었다. 반면 강동구청으로부터 받은 자료에 의하면 사료화의 경우 평균 처리량이 일일 평균 290,765kg이 처리되었으며 최소처리량과 최대처리량은 각각 263,035kg과 333,861kg으로 나타났다.

강동구 음식물 재활용센터의 사료화 시설의 경우 일일 150톤을 처리할 수 있도록 설계되었음에도 불구하고 실제적으로는 평균 2배 정도 많게 운영되고 있었다. 당연히 발생하는 침출수의 양도 자연히 많아질 것으로 판단되지만 실질적으로 난지하수처리장으로 위탁되는 양의 변화는 거의 없었다.

〈그림 11〉은 2001년과 2002년 강동구 음식물 재활용센터로부터 난지하수처리장으로 위탁처리되는 오수(침출수) 반입량을 누적분포율로 나타낸 것이다. 음식물 쓰레기를 퇴비화과 사료화 처리 후 오수(침출수)를 저류탱크에 저류한 후 난지하수처리장으로 위탁처리하기 때문에 날짜에 대한 일정한 규칙을 나타내지 않지만, 반입량 분포를 확인한 결과 2001년과 2002년이 비슷한 12,000kg/d와 30,000kg/d, 40,000kg/d로 나누어질 수 있다.

〈표 27〉에서 알 수 있듯이 BOD 농도의 경우 최소농도는 2001년과 2002년 각각 30,438mg/L와 88,500mg/L이며 최대농도는 203,100mg/L, 211,200mg/L, 표준편차가 31,437과 29,289로 나타났다. 결과적으로 2002년 값이 2001년에 비해 대체적으로 높은 값을 나타내며 표준편차는 비슷한 것



〈그림 11〉 2001년의 오수(침출수) 발생량 누적분포

〈표 27〉 음식물쓰레기 오수(침출수)의 BOD, COD, SS농도 분포

농도	BOD 농도(mg/L)		COD 농도(mg/L)		SS 농도(mg/L)	
	2001년	2002년	2001년	2002년	2001년	2002년
Min.	30,438	88,500	41,000	11,000	41,600	52,000
Max.	203,100	211,200	99,000	98,000	115,000	103,200
S.D.	31,437	29,289	10,511	7,064	11,285	9,343
Avg.	157,940	171,653	79,204	76,065	77,389	78,892

으로 판단된다. 또한 오수(침출수)의 최소농도와 최고농도의 차이가 3배 정도로 나타나 쓰레기 성상 및 공정에 따라 오수(침출수) 농도가 심하게 변화하는 것으로 나타났다. 그러나 COD와 SS농도의 경우, 농도의 표준편차가 심하지 않고 대부분의 농도가 평균 값 근처에 존재함을 확인할 수 있었다.

음식물 쓰레기 오수의 농도 및 탄천하수처리장의 운영현황을 바탕으로 오수발생량을 검토해 보았다. 강동구 음식물 재활용센터가 가동되기 이전의 탄천하수처리장 유입하수량과 유입수질농도를 각각 Q1과 C1으로 정하고, 음식물재활용센터에서 배출되는 오수(침출수)의 유량과 농도를 각각 Q2와

C2로 정하였으며, 탄천하수처리장의 유입하수량과 음식물 오수(침출수)의 혼합이 이루어지는 2001년 2월 이후의 유입하수량과 유입농도를 각각 Q3과 C3으로 정하여 음식물 오수(침출수) 발생량을 예측해 보았다. 우선 1999년과 2000년 2월의 BOD 농도 경향은 <표 28>과 같다.

〈표 27〉 탄천하수처리장 1999년과 2000년 2월 BOD 농도와 유량변화 경향

BOD농도	1999년	2000년	유량	1999년	2000년
Min.	75mg/L	83.0mg/L	Min.	720,512	762,720
Max.	108mg/L	101.1mg/L	Max.	860,136	1,167,600
Avg.	98.5mg/L	100.9mg/L	Avg.	802,892	884,037

음식물 오수(침출수)의 배출 이전에 탄천하수처리장 유입하수의 수질농도의 최대값이 108mg/L 정도였으며 1999년과 2000년 평균 BOD농도값 역시 98.5mg/L, 100.9mg/L였기 때문에 2001년 2월 이전에 유입된 탄천하수처리장의 유입수 농도를 100mg/L로 정하였다. 탄천하수처리장으로 유입되는 하수량의 경우, 집중호우가 발생하는 여름을 제외하고는 대부분이 일일 평균 80만m³/d~95만m³/d였기 때문에 유량의 범위를 이와 같이 정하였으며, 음식물 오수(침출수) 농도는 난지하수처리장에 위탁되는 침출수 농도의 최소값, 평균값, 최대값에 대한 오수(침출수)의 양을 예측하였다. 2000년 12월에는 강동구 음식물 침출수 처리는 탄천하수처리장으로 직접 유입되었기 때문에 탄천하수처리장의 2001년 2월 이후 유입수 농도증가 원인의 중요한 요인으로 가정하였으며, 오수의 발생량을 예측하기 위해 탄천하수처리장으로 유입되는 음식물 쓰레기 침출수의 평균농도는 난지하수처리장에 위탁처리되는 침출수의 월평균 농도를 이용하였고 68,250mg/L와 203,100mg/L는 일일농도의 최소, 최대값 분포를 활용하였다.

2001년 유입수 농도는 <식 1>과 같이 표현될 수 있다.

유입수 농도=

$$\frac{(\text{유입량} \times 2000\text{년 유입수질농도} + \text{오수(침출수)량} \times \text{오수(침출수) 농도})}{(\text{유입량} + \text{오수(침출수)량})}$$

..... <식 1>

<식 1>을 음식물 침출수량으로 정리할 경우, 침출수량은 <식 2>와 같다.

침출수량=

$$\frac{(\text{유입량} \times 2001\text{년도농도} - \text{유입량} \times 2000\text{년유입수농도})}{(2001\text{년 오수(침출수)농도} - 2001\text{년도유입수농도})}$$

..... <식 2>

<식 1>과 <식 2>를 바탕으로 계산할 경우 음식물 오수(침출수)의 발생량은 <표 29>와 같다.

<표 29>를 기준으로 판단할 경우 일일 68,250mg/L의 오수(침출수) 697.5m³/d가 950,000m³/일의 하수에 유입된다면 그 하수의 농도는 150mg/L로 상승됨을 의미한다. 즉 오수의 양은 697.5m³/일이 무단 방류된다고 판단할 수 있다. <표 29>에서 구체적으로 검토되어야 하는 사항은 다음과 같다.

첫째는 유입수 농도가 100mg/L에서 125mg/L로 상승하기 위해서는, 유량이 80만m³/일 경우, 98.5m³/일의 음식물 오수(침출수)가 발생하면 가능한 양이며 오수(침출수)의 양은 유입수의 양에 비해 상대적으로 작기 때문에 유입하수량에는 변화를 거의 주지 못하는 것으로 예측되어진다.

<표 29> 강동구 음식물 재활용 센터에서의 오수 발생량(단위 : m³/일)

유입수질농도(mg/L)		125			135			150		
음식물 오수 BOD 농도(mg/L)		68,250	165,157	203,100	68,250	165,157	203,100	68,250	165,157	203,100
하수처리장 하수량 (m ³ /일)	800,000 (m ³ /일)	293.6	121.2	98.5	411.1	169.7	138.0	587.4	242.4	197.1
	850,000 (m ³ /일)	311.9	128.8	104.7	436.8	180.3	146.6	624.1	257.6	209.4
	900,000 (m ³ /일)	330.3	136.3	110.9	462.5	190.9	155.2	660.8	272.7	221.7
	950,000 (m ³ /일)	348.6	143.9	117.0	488.1	201.5	163.8	697.5	287.9	234.0

다음은 오수의 위탁처리시점을 기준으로 오수(침출수)가 탄천하수처리장으로 유입될 가능성이 있는 시기인 2월의 농도와 유입하수량을 연도별로 검토해 보았다.

<표 30>에서 보듯이 2000년에서 2001년의 농도 변화를 살펴보면, 92.5mg/L에서 194.5mg/L로 변화하였으나 2001년의 농도는 3월 180mg/L값을 사용하였고, 유량을 90만³/일로 판단할 경우, 오수의 농도 변화에 따라 발생되어지는 오수의 양은 315.4만³/일~940.2만³/일로 나타났다. 그러나 이 양은 음식물 일일 평균처리량을 기준으로 한 312톤/일보다 많은 양이다. 이러한 결과가 나온 것은 두 가지 측면에서 판단할 수 있을 것이다.

<표 30> 1999~2001년의 평균 BOD농도와 유량 변화

항 목	1999년	2000년	2001년
평균 BOD농도(mg/L)	89.4	92.5	194.5
일일 평균유량(만 ³ /일)	739,432	802,892	921,648

첫째는 강우에 의해 2001년 3월 180mg/L가 영향을 받았을 가능성이 있다는 것이다. 2000년의 강우는 2, 3월에 2.1, 3.1mm인데 비해 2001년의 경우 45.7, 18.1mm였기 때문에 강우에 의한 불명

수가 하수처리장의 유입수 수질농도가 어느 정도 영향을 받았을 가능성을 가지고 있다는 것이다.

두 번째는 난지하수처리장으로 처리되는 오수(침출수)의 농도에 대한 의문이다. 난지하수처리장에 유입되는 오수(침출수)의 수송은 차량으로 이루어지기 때문에 침출수 저류조 상층부 비율이 높을 가능성이 있다. 반면에 탄천하수처리장으로 초기에 배출되던 침출수의 경우 분리액과 침전물이 모두 배출될 가능성이 크고 원심분리기 등의 작동에 의해 난지하수처리장으로 위탁처리되는 오수의 농도는 상대적으로 낮을 가능성을 가지고 있기 때문에 난지하수처리장으로 위탁되는 음식물의 농도보다 더 높은 침출수가 탄천하수처리장으로 배출될 수 있을 것으로 예측된다.

3. 음식물 전용용기 및 음식물 적환장의 영향

서울시 폐기물과 내부자료에 의하면 서울시의 각 구청에서 음식물 전용용기를 배포하여 사용하고 있으며 최근 건설된 일부 아파트에서는 음식물 쓰레기 탈수기 설치 등에 의하여 음식물에서 분리

<표 31> 서울시 25개구 음식물 전용용기 사용가구현황

지 역 구 분	구별 전체 가구수			전용용기 사용 가구수			전체가구에 대한 전용용기 사용 가구 비율(%)		
	2000년 2분기	2001년 2분기	2002년 2분기	2000년 2분기	2001년 2분기	2002년 2분기	2000년 2분기	2001년 2분기	2002년 2분기
서초구	91,999	144,738	146,055	56,901	91,681	93,209	61.8	63.3	63.8
강남구	193,980	191,865	193,500	105,834	191,865	183,894	54.6	100.0	100.0
송파구	215,527	216,354	212,507	84,323	159,682	206,645	39.1	73.8	97.2
강동구	165,545	168,313	168,642	58,511	60,191	55,613	35.3	35.8	33.0
서울시 총계	3,209,565	3,422,476	3,541,469	843,122	1,254,508	1,385,064	26.3	36.7	39.1

〈표 32〉 송파구 음식물 적환장 수거량, 위탁처리량 및 침출수량

연도	연간 수거량 (톤)	연간 위탁량 (톤)	일일 발생 침출수량 (t/d)	BOD 농도에 따른 부하량(t/d)		
				68,250mg/L	155,993mg/L	203,100mg/L
1999년	8,664	7,429	3.4	0.2	0.5	0.7
2000년	17,616	14,750	7.9	0.5	1.2	1.6
2001년	36,582	31,056	15.1	1.0	2.4	3.1
2002년	39,026	34,705	14.1	1.0	2.2	2.9

(주) 2002년 : 2002년 1월~10월

된 침출수의 배출이 두드러지게 나타나는 것으로 판단된다.

침출수 배출로 인하여 유입수 수질농도의 상승이 있다고 판단되지만, 아파트, 집단주택, 단독주택 등의 음식물 쓰레기 분리배출방법, 생활패턴 등에 의한 구체적인 정량분석을 도출하기 위한 설문조사 및 현장조사에는 한계가 있었다.

그러나 음식물 전용용기의 사용가구는 <표 31>에서 보듯이 전체 가구수에 대해 2000년 26.3%에서 2002년 39.1%로 상승한 것을 확인할 수 있었다. 특히 탄천하수처리장 처리구역인 서초구, 강남구, 송파구, 강동구는 음식물 전용용기 보급률이 2001년 2분기에 각각 63.3%, 100%, 73.8%, 35.8%로서 25개 구청 평균 36.7%에 비교하여 상당히 높은 것을 알 수 있다. 즉, 음식물 전용용기의 보급이 탄천하수처리장의 유입수 농도 상승에 미치는 영향이 클 것으로 판단된다.

2002년 수질농도의 경우, 장지천을 제외한 모든 지점이 150mg/L 이상의 농도를 나타내고 있는 것을 확인할 수 있었다. 이 지점의 경우 송파구에서 운영하고 있는 음식물 적환장에 의한 영향으로 판단되며, 송파구 음식물 적환장의 경우 <표 32>처럼 일일 침출수 배출량이 2000년 7.9t/d였던 것이 2001년 15.1t/d로 2배 정도 증가하였다. 또한 일일

발생 침출수량에 대비한 일일 최대 부하량이 2002년 2.9t/d로 나타나 탄천하수처리장 일일 평균 부하량 136.1t/d의 2.1%를 차지하는 것으로 나타났다.

4. 위탁도시의 하·폐수 및 관거정비에 의한 영향

탄천하수처리장으로 위탁되는 도시의 경우 크게 하남시와 과천시의 하·폐수로 나누어 비교해 보았다.

하남시와 과천시의 경우 분기별로 차집관거의 유입수 농도를 측정하기 때문에 분기별로 자세히 검토해 본 결과, 하남시의 경우 2000년 1분기부터 2002년의 1분기까지의 유입수 수질농도는 32.5~114.1mg/L로, 유량은 22,051~74,829m³/d이며 부하량은 1.7~4.7t/d로 나타났다. 이중 최대 4.7t/d는 2001년의 평균 일일 부하량 136.1t/d에 3.5% 정도의 영향을 미치는 것으로 분석된다.

그러나 하남시의 유입수 수질농도를 관찰하였을 경우 대부분이 탄천하수처리장의 2000년까지의 평균 농도인 100mg/L보다 이하이거나 비슷한 정도이기 때문에 탄천하수처리장의 유입수 수질 농도상승에는 영향을 미치지 않을 것으로 판단된다.

〈표 33〉 하남시와 과천시의 유량, BOD농도 및 부하량

측정시점	하남시 유입하수			과천시 유입하수		
	농도 (mg/L)	유량 (m³/d)	부하량 (kg/d)	농도 (mg/L)	유량 (m³/d)	부하량 (kg/d)
2000.6	85.0	35,620	3,000	105.0	1,798	200
2000.9	32.5	74,829	2,400	90.7	-	-
2000.12	77.2	22,051	1,700	83.3	1,950	200
2001.2	114.1	34,493	3,900	278.0	1,866	500
2001.6	83.4	56,200	4,700	190.7	2,384	500
2001.9	54.9	52,381	2,900	109.6	1,840	200
2001.12	76.5	34,380	2,600	148.0	1,830	300
2002.3	68.0	34,883	2,400	58.1	1,869	100

반면 과천시의 경우 2000년 1분기부터 2002년 1분기까지의 유입수 수질농도는 90.7~278.0mg/L, 유량은 1,780~2,384m³/d로 나타났다. 과천시의 경우 하남시에 비해 BOD농도가 높으나 유량이 상대적으로 적기 때문에 부하량은 최대 0.5t/d로 나타났다. 그러나 과천시의 경우 하남시와 달리 <표 33>과 같이 분기별 농도 변화가 심하게 나타나고 있으며, 평균 농도측정값이 133mg/L 정도이기 때문에 지속적인 차집관거 수질측정 및 조사가 필요한 것으로 판단된다. 과천시의 경우와 같이 유입수의 농도가 평상시의 2배 이상 차이가 나는 2001년 2월의 경우 자료 자체가 적기 때문에 일시적인지, 지속적으로 나타나는 경향인지를 분석하기 위한 자료가 부족한 실정이다. 이에 농도가 기준에 비해 차이가 심할 경우 자체적으로 농도 분석을 지속적으로 하는 노력이 필요할 것으로 판단된다.

마지막 원인으로는 탄천하수처리장으로 인수인계되어진 차집관거에 대한 지속적인 작업으로 인해 불명수의 유입 감소 등으로 인해 유입수의 수질이 상승된 것으로 분석된다.

V. 대책

1. 강동구 음식물 재활용센터에 대한 규제와 감시

이송량 유량계와 정사가동여부 점검을 위한 오수처리시설 유량계를 서울시와 탄천하수처리장 관계자들에게 확인이 용이한 위치에 설치하며 오수처리비용 산정 및 오수처리시설 정사가동여부 확인을 위하여 (주)탄천환경에서 불시 수질검사 및 점검을 월 2회 이상 실시할 수 있도록 한다.

동시에 음식물쓰레기 처리시설 운영업체의 오수처리시설 부적정 운영 등에 대한 관리감독을 철저히 하고 동 운영업체의 이송처리조건 미이행시에는 강동구와 음식물 재활용센터에 공동의 책임을 부담함을 원칙으로 해야 할 것으로 판단된다.

2. 음식물 쓰레기 침출수에 대한 관리

2005년 1월 1일부터 음식물 쓰레기의 육상식매립이 금지되기 때문에 음식물 쓰레기 탈수기 및 전용용기 보급률이 더욱 높아질 것으로 예측됨에

따라 유입하수 농도는 점점 증가할 것으로 판단된다. 따라서 서울시에서는 4개 하수처리장 하수농도 및 부하량 상승에 따른 효율적이고 과학적인 공정관리가 요구되며 슬러지 처리시설 부족 등의 사전 예측 및 대응이 필요하다. 또한, 송파구의 경우 음식물 적환장을 운영하는 것은 음식물 쓰레기를 처리하는 목적보다는 침출수를 배출함으로써 음식물 쓰레기의 양을 줄이기 위한 과정이므로 이에 대한 규제와 감시·감독이 필요할 것으로 판단된다.

한편, 현재 서울시의 각 구청에서는 음식물 쓰레기를 사료화 및 퇴비화 등으로 재활용하기 위한 방안을 모색하고 있기 때문에 재활용과정에서 생길 수 있는 침출수의 농도와 오염부하량에 대한 규제 방안 제시가 필요한 것으로 판단된다.

3. 탄천하수처리장의 효율적인 운영

탄천하수처리장의 경우 100mg/L였던 것이 2001년 2월부터 설계기준 농도인 BOD 150mg/L로 하수가 유입되고 있어 오염부하량이 지속적으로 증가할 것으로 판단되기 때문에 이에 대한 처리시설의 점검 및 운영체계개선 등의 관리가 필요할 것으로 판단된다.

특히 슬러지 발생량 증가비에 대한 처리비용을 서울특별시에서 지불하지만, 일정이상 증가하였을 경우 (주)탄천환경에서 지불하는 것으로 되어 있으나, 이는 향후 유입수질의 농도증가는 불가피할 것으로 판단되므로 슬러지 처리비는 전액 서울특별시에서 부담하는 것이 효율적인 운영방안이라고 판단된다.

또한 분류식관거정비지역인 양재동과 대치동의 생활하수가 유입되는 본류하류의 경우 탄천하수

처리장까지의 차집관거 길이가 짧고 불명수 침투량이 적어 생활패턴에 따른 유입수의 농도가 높은 것으로 판단되며, 하수처리장에 미치는 수질농도 상승영향이 직접적으로 나타나기 때문에 본류하류에 대한 차집관거농도를 지속적으로 측정·분석함으로써 그 결과를 모니터링화하는 작업이 필요할 것으로 판단된다.

마지막으로 지속적인 하수관거정비종합계획의 추진과 음식물 쓰레기량을 줄이기 위한 탈수기 및 음식물 전용용기의 사용에 의해 향후 지속적인 유입수 농도 상승이 예상되기 때문에 하수처리장의 시설에 대한 관리 및 점검이 필요할 것으로 판단되며, 하수처리장 자체적으로 이루어지는 차집관거 보수공사의 과정을 서로 공유하여 시행 및 계획에 상호 도움이 될 수 있도록 권장하는 것이 필요할 것으로 판단된다.

VI. 결론

탄천하수처리장의 경우 2001년 2000년에 비해 BOD농도가 50mg/L 이상 상승한 153mg/L로 유입되고 있다. 따라서 탄천하수처리장의 수질농도 및 오염부하량 변화 등의 경향을 검토하고, 유입하수 농도증가의 원인에 대한 발생원 조사, 차집관거 20개 지점에 대한 24시간 수질 농도측정 등의 다각적인 원인 규명을 모색하였다.

탄천하수처리장의 경우, 유입수는 2001년 특이한 몇 가지 사항을 관찰할 수 있었다.

2001년은 1999년과 2000년에 비해 유입수 유량의 변화는 거의 없었으나 유입수 BOD 수질농도는 50mg/L 정도 상승하여 153mg/L이며, 부하량

은 90.1t/일에서 136.1톤/일로 상승하였으며, 이러한 상승은 일주일과 일요일 평균 모두 상승하였으며, 마지막으로 2001년 1사분기의 유입량이 1999년과 2000년에 비해 상승하였다.

탄천하수처리장의 수질증가에 대한 원인은 크게 5가지로 요약될 수 있다.

첫째는 강동구 음식물 재활용센터에 의한 수질 오염농도 및 BOD부하량 상승이다. 강동구 음식물 재활용센터로부터 발생하는 침출수의 평균 농도는, 탄천하수처리장 차집관거로부터 직접 측정할 수 없지만 2001년 4월부터 2002년 10월까지 난 지하수처리장으로 위탁반입된 침출수를 분석한 결과 약 평균 BOD농도 160,000mg/L로 나타났다. 한편 고덕천 좌안 상류지점과 고덕천 하류지점 200m 사이에 위치해 있는 강동구 음식물 재활용센터에서 침출수가 배출되는 것으로 판단되는 지점인 고덕천의 좌안 상·하 200m 차이를 두고 24시간 연속 측정한 BOD농도와 1998년 기초사된 유량을 이용하여 BOD부하량을 2000년 6월 28일, 9월 27일, 12월 20일 측정해본 결과 3.2t/d, 6.2t/d, 8.4t/d였으나, 같은 지점의 2001년 3월 7일, 6월 28일, 9월 25일, 12월 12일 조사의 경우 21.9t/d~49.8t/d로 나타나 2000년과 2001년의 실제 오염부하 증가량인 46t/d와 비교했을 경우 고덕천 좌안에 의한 증가비율은 47.6~108% 정도로서 대부분이 강동구 음식물 재활용센터 침출수에 의한 영향으로 판단되었다.

두 번째 원인은 분류식관거정비지역인 대치동과 양재동 지역으로서, 이 지역의 인구는 84,527명과 50,894명이며 일일 평균 상수사용량 390L/일·인과 유수율 75.3%를 곱한 순수 생활하수량은 39,716m³/d로 나타났다. 생활하수량 39,716m³/d와

24시간 연속 측정한 평균 BOD농도 149.2mg/L를 곱한 BOD부하량은 5.9t/d로서 탄천하수처리장 2001년 전체 BOD부하량 136.1t/d의 4.3%를 차지하는 것으로 나타났다.

세 번째 원인은 송파구청에서 탄천하수처리장 구역 내에서 운영하고 있는 음식물 쓰레기 적환장에서의 침출수로 그 양은 1999년 3.4톤/일이었던 것이 2001년 15.1톤/일로 4배 이상 증가하였다.

네 번째 원인은 음식물 쓰레기 양을 줄이기 위하여 사용하고 있는 탈수기와 음식물 전용용기의 사용으로서, 특히 탄천하수처리구역인 서초구, 강남구, 송파구 및 강동구는 음식물 전용용기 보급률이 2001년 2분기에 각각 63.3%, 100%, 73.8%, 35.8%로서 25개 구청 36.7%에 비해 상당히 높은 것을 알 수 있다.

마지막으로는 하수관거 누수보수공사, 계곡수 차집, 지하철역사로부터 방류되는 지하수의 하천으로의 방류 및 차집관거구조물 보수 등의 공사에 의한 불명수 감소에 의한 것으로 판단된다.

결론적으로 탄천하수처리장의 유입수 농도 증가원인은 과학적인 정량분석에는 한계가 있었으나 모든 요인을 검토 및 고찰한 결과 60~70%는 강동구 음식물 쓰레기 재활용센터에 의한 것으로 판단되며 30~40%는 분류식관거정비구역, 송파구청에서 운영하고 있는 음식물 쓰레기 적환장, 각 가정에서 사용하고 있는 음식물 쓰레기 전용용기의 사용 및 일부 가정에서 사용하고 있는 음식물 탈수기, 관거정비에 의한 불명수 감소, 계곡수의 하천으로 차집, 지하철역사로부터 방류되는 지하수의 하천으로의 방류 등으로 판단되었다.

참고문헌

- 김갑수 등, 『서울시 소규모 하수처리장 타당성 연구』, 서울
시정개발연구원, 1998
- 김갑수, “하수관거의 기능향상을 위한 고찰”, 『서울도시연구』,
제1권(제2호), pp.49~64, 2000
- 김갑수, “합류식 기존 하수관거의 정비의 효과분석”, 차세
대 하수관거정비 특별 심포지엄, 대한상하수도학회
하수도연구회, 2002. 10
- 박상진, “하수처리시설 계획 및 설계”, 국립환경연구원 연
수부 교재, pp.5~25, 2001
- 서울특별시 상수도사업본부, 『상수도통계연보』, 2001
- 서울특별시, 『서울시 난지하수처리종말시설 기술진단보고서』,
1999
- 서울특별시, 『서울시 탄천하수처리종말시설 기술진단보고서』,
2001
- 서울특별시, 『21세기를 대비한 서울의 상수도 발전 방안
에 관한 연구』, 2000
- 서울특별시, 『하수도정비 기본계획 보고서(안)』, 2001