

남양주시 하수발생특성 연구

황병기 · 이의상 · 김경원 · 손정은

상명대학교 토목환경공학부

(2003년 2월 25일 접수, 2003년 5월 9일 승인)

Study on Characteristics of Wastewater Flow for Namyangju City

Hwang, Byung-Gi · Lee, Eui-Sang · Kim, Kyung-Won · Son, Jung-Eun

Div. of Civil and Environmental Engineering, Sangmyung University

(Manuscript received 25 February 2003; accepted 9 May 2003)

Abstract

In this study, we performed 8 times of water quality sampling and continuous measurement of flow to identify wastewater flow characteristics for wastewater treatment basins of Namyangju city. The field survey has been conducted 6 times in dry weather period and 2 times in wet weather period. Each survey conducted 24-hr water quality sampling in the interval of 2-hr. From the analysis of flow data and water quality data, the following conclusions can be drawn. For Namyangju-1 station, which represents residential and commercial mixed area, flow rises early in the morning before office-going hour and moves up and down within narrow range, and lasted after office-leaving hour, resulting from continuous commercial activity. In case of Namyangju-5 station representing community and Namyangju-6 station representing residential area, the flow immediately falls down after rising early in the morning and later rises again at the office-leaving hour, and arrives at peak flows around late evening. In the analysis of wastewater characteristics for weekdays and weekends, without landuse types the flow rate of weekends is higher than that of weekdays because it reflects population, being not contributed to generate wastewater during the working hours of weekdays, stay home and produce wastewater for weekends period.

Key words : Namyangju, water quality sampling, flow measurement, landuse types, wastewater

I. 서론

남양주시는 도시의 확장과 함께 도·농간의 연계개발을 통해 자족적 기능을 갖춘 도시로의 발전이 가능하게 되었으며, 동으로는 가평군, 서는 구리시, 남으로는 하남시, 북으로는 포천군과 인접하고 있으며 수도 서울의 위성도시로 급격히 발전하고 있다. 그러나 도시의 발전은 인구의 증가와 상수소비량의 증가를 초래하고 이로 인한 하수발생량의 급증으로 방류수역의 오염이 불가피하게 발생할 수가 있다. 이에 남양주시에서는 1995년 왕숙천 수계에 대한 하수도 정비 기본계획을 수립한 바 있으며, 1997년에는 남양주시 하수도 정비 기본계획 변경 수립을 추진한 바 있다(남양주시, 1997). 한편, 남양주시에서는 수도권의 상수원인 팔당호를 비롯한 한강상류의 수질개선을 위하여 왕숙천유역의 발생하수는 구리시 하수종말처리장으로 유입처리토록 하고, 화도읍 조안면의 조안·능내2 하수종말처리장을 건설하여 운영중에 있다. 그러나, 남양주시에서 발생하는 하수의 상당량을 처리하는 구리하수처리장이 하수관거의 시공불량이나 노후화로 인하여 유입하수량은 계획대비 141~145%, 유입수질(BOD 기준)은 계획대비 38~58%로서 유입하수량 과다 및 수질저하현상을 초래하고 있는 것으로 조사되었다. 이는 관거시설로부터 침입수/유입수(I/I, Infiltration/ Inflow)가 과다유입되어 나타난 현상으로 하수처리장 처리 효율 저하 및 수질개선 효과 지연 등 문제점을 나타내고 있다. 이를 해결하기 위한 방안으로 2001년 환경부에서 실시한 한강수계 하수관거정비 시범사업 타당성조사(제일엔지니어링, 삼안건설기술공사, 2001)의 일환으로 남양주시를 포함한 9개 시·군에 대하여 유량 및 수질조사를 시행하였다.

따라서 본 연구에서는 남양주시의 유량 및 수질조사 결과를 바탕으로 하수발생특성 분석하였으며, 용도지역별로 하수량 및 수질농도의 시간

대별 변화량을 파악하였고, 요일별 하수발생 특성을 관찰하였고, 우기시 하수발생 특성을 파악하기 위하여 강우강도별로 초기 오염부하에 의한 유량 및 수질 농도의 시간적 변화를 조사하였다(김경원, 2003). 이러한 조사자료는 선진하수관거 정비체계를 위한 침입수/유입수 분석에 기초자료로 사용될 수 있다.

II. 연구방법

1. 대상지역 현황

남양주시의 배수체계는 왕숙천, 월문천, 묵현천, 및 구운천 유역의 지천별 분수령 경계와 행정구역으로 자연적인 배수구역이 형성되어 있으며, 각각의 배수구역내에는 소하천을 중심으로 배수분구를 이루고 있어 기존의 하수도 시설에서 배출되는 대부분이 이들 소하천으로 방류되어 분류인 왕숙천, 월문천, 묵현천, 구운천을 유하하여 한강으로 유입되고 있다. 현재 남양주시에 설치되어 있는 하수도의 배제방식은 우수와 오수가 동일관거로 배제되는 합류식으로 관거의 시설 또한 자연발생적으로 형성된 개수로와 무계획적으로 설치된 기준미달의 하수관거가 대부분이어서 전반적인 하수도 정비가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

Fig. 1은 남양주시의 하수처리구역 현황을 보여주고 있으며 처리구역 및 처리분구 분할은 5개 하수처리구역과 13개 배수구역, 40개의 배수분구로 구성되어 있다. 본 연구에서는 남양주, 구리, 화도, 조안 등 4개의 처리구역 중 금곡, 와부, 마석, 능내, 청학, 퇴계원 등 6개의 처리분구에서 표본지역을 선정하여 각각 남양주-1, 남양주-2 등으로 명명하였다.

Table 1에 표본지역의 기초현황 자료를 나타내었다. 남양주-1의 금곡처리분구는 주거·상업지역이 혼합된 동지역으로 남양주시의 주요 행정관

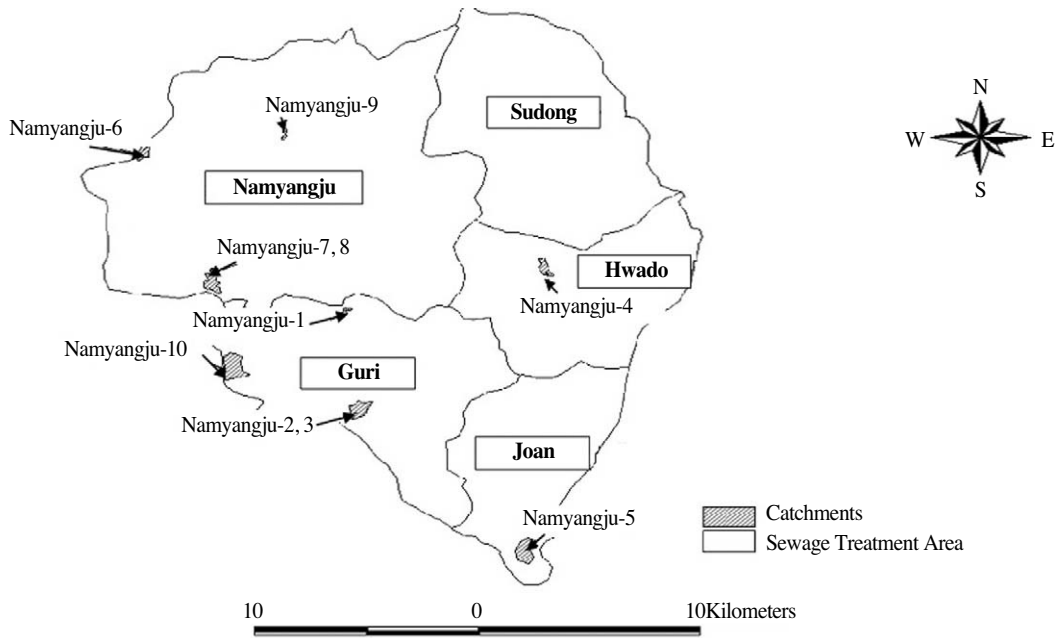


Fig. 1. Location of the study area showing wastewater treatment basins and sampling stations

Table 1. Characteristics of sewage treatment basins

Station	Types of sewer system	Landuse types	Population	Area(ha)	sewer			Water consumption (m ³ /d)
					Mean Diameter (mm)	Total length (km)	laying year	
Namyangju-1	combined	Residential/Commercial	18,069	67	720	10.6678	1990	3,975
Namyangju-2	combined	Residential	10,436	44.1	730	4.5305	1992	3,339
Namyangju-3	combined	Residential	9,702	41	750	5.083	1992	3,105
Namyangju-4	combined	Residential/Commercial	2,408	22.6	500	3.1	1989	2,528
Namyangju-5	Separated	Community	480	9.7	300	3.9973	1994	82
Namyangju-6	Separated+combined	Residential	9,216	42.3	600	6.2	1992	1,659
Namyangju-7	combined	Residential/Commercial	18,187	65.6	810	9.6954	1989	4,365
Namyangju-8	combined	Residential/Commercial	3,133	11.3	680	2.1243	1989	752
Namyangju-9	combined	Residential	1,618	3.9	540	435	-	437
Namyangju-10	combined	Residential/Commercial	6,137	37.2	730	9.0977	-	1,412

청이 입지한 중심시가지로 인구밀도 및 관거보급율이 높은 지역으로 조사되었으며, 남양주-2, 3의 외부처리분구는 읍소재지 지역으로 주거·상업 복합지역이나 주거지역의 성격이 높은 것으로 조사되었다. 마석 지역은 읍소재지로서 일부 분류식 정비 지역과 합류식 지역이 혼재하고 가로망이 미정비된 구시가지이며, 능내 지역은 인구밀도가 낮고 하수관거가 수지상으로 보급된 취락지역이다. 청학 지역은 기존시가지 일부지역을 제외한 대부분이 아파트주거 형태 지역이다. 퇴계원 지역은 면지역 전체가 1개리로 구성된 지역으로 주거·상업 혼합지역으로 조사되었으며, 장현 지역은 외부 지역과, 도농 지역은 금곡지역과 유사한 것으로 조사되었다. 유역면적은 금곡, 퇴계원, 외부 등의 순으로 각각 67ha, 66ha, 44ha로 각각 조사되었다. 인구는 퇴계원(남양주-7)처리분구에서 가장 높은 18,187명으로 조사되었다. 또한 상수도 사용량은 대체적으로 인구에 비례하는 것으로 조사되었으며, 이에 따라 남양주-7 지점인 퇴계원 처리분구에서 $4,365\text{m}^3/\text{d}$ 로 가장 많은 것으로 조사되었다(남양주시, 환경관리공단, 2002).

2. 유량 및 수질조사 방법

유량측정은 건기시와 강우시를 포함하여 자동 유량계인 Sigma (Model 920)를 사용하여 2개월 이상 측정하였으며, 건기시와 강우시를 포함하여 60일 이상 10분 간격으로 측정하였다. 유량계의 센서 청소와 데이터 내려받기(다운로드)는 주 1~2회 정기적으로 수행하였다(윤현식, 2001).

수질조사는 선정된 6개 표본지역에서 유량측정과 동일한 기간에 수행하였으며, 강우시 2회, 건기시 6회 합하여 총 8회 수행하였다. 지점별로 매 회 24시간 동안 2시간 간격으로 12회 채수하였으며 냉장보관하여 실험실로 옮겨서 BOD, COD_{Cr} , COD_{Mn} , SS, T-N, T-P 등 6개 항목을 Standard Methods에 의하여 정량분석하였다(APHA, 1995).

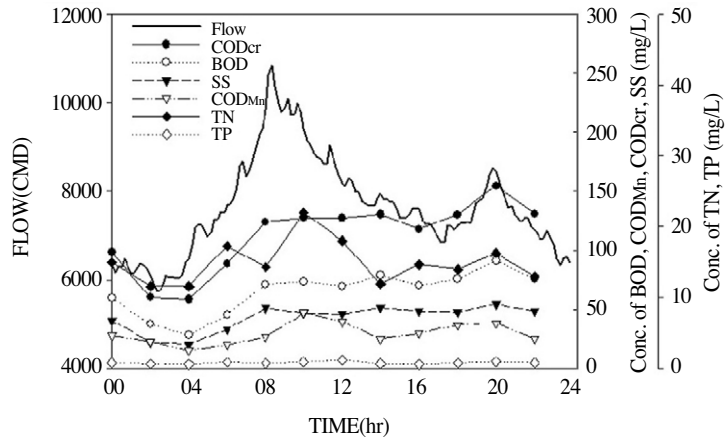
III. 결과 및 고찰

1. 건기시 용도별 하수발생 특성

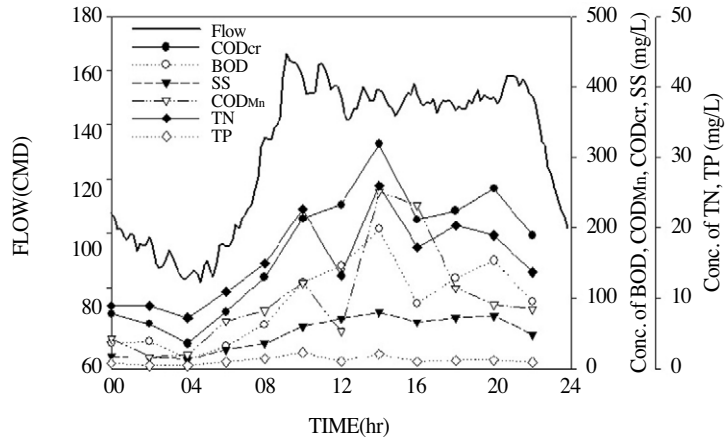
각 용도별로 하수량의 특성을 파악하기 위해 남양주시의 10개 지점을 60일 이상 10분 간격으로 연속 측정된 유량자료 중에서 청천시 유량자료를 일별로 선택하여 이를 시간대별로 평균하여 일 평균 유량자료를 생성하였다. 건기시 총 6회 수질조사한 자료를 시간대별로 평균하여 각 수질 항목별에 대하여 평균수질농도를 산정하였다. 남양주-1 지점은 남양주시 주요 행정관청이 입지한 중심시가지로 인구밀도 및 관거보급을 높은 지역으로 주거/상업이 혼합된 동지역 시가지이다. 또한 남양주-4, 7, 8, 10 지점이 주거/상업 혼합지역으로 조사되었다. 주거지역은 남양주-2, 3, 6, 9 지점으로 일부 상업지역을 포함하고 있는 것으로 조사되었다. 남양주-5 지점은 인구밀도가 낮고 하수관거가 수지상으로 보급된 취락지역이다.

1) 용도지역별 하수량 및 농도의 시간적 변화

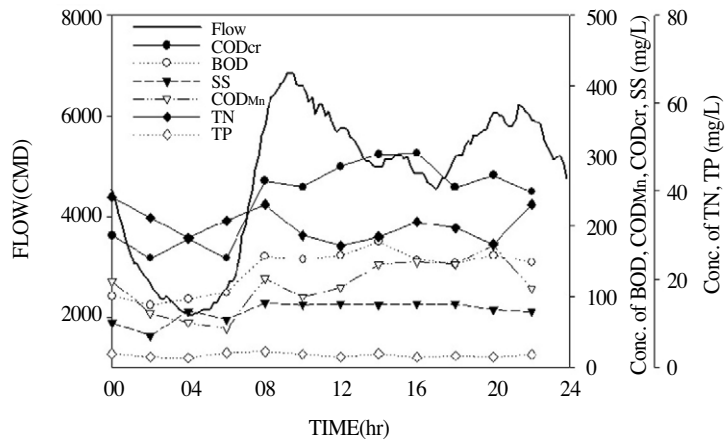
Fig. 2(a)는 주거/상업 혼합지역인 남양주-1 지점의 시간대별 하수발생량 및 농도변화를 보여주고 있으며 최대유량은 오전 8시 30분경 $10,833\text{m}^3/\text{d}$ 로 조사되었으며, 오전 5시경 상업지역에 의한 야간 활동 인구에 의하여 $5,740\text{m}^3/\text{d}$ 로서 다소 높은 최소유량을 보이는 것으로 조사되었다. 또한, 지역의 활성화 영향을 받는 7시경 하수량이 점차적으로 상승하여 오전 9시경 하수량의 피크가 발생한 후 점차적으로 감소하였다가 퇴근시간대인 오후 8시경 다시 $8,517\text{m}^3/\text{d}$ 의 하수량의 피크가 발생하는 것으로 조사되었다. 이로 판단컨대 오전 출근시간 이후와 오후 퇴근시간대 이후 등 하루 2차례에 걸쳐 하수량의 피크가 발생하고 새벽녘에 최소유량이 발생하는 패턴을 나타내고 있는 것으로 조사되었다. 수질농도 변화는 하수량 패턴과 유사한 것으로 나타났으며, 최대유량을 보



a) Residential/Commercial area



b) Community area



c) residential area

Fig. 2. Diurnal variation of wastewater flow and concentration

었던 오전 8시경 BOD는 72mg/L, COD_{Cr} 124mg/L, COD_{Mn} 26.6mg/L, SS 51.5mg/L, T-N 14.3mg/L, T-P 0.73mg/L로서 비교적 높은 값들을 나타내었으며, 최소유량을 나타내었던 새벽 5시경에는 BOD 28.4mg/L, COD_{Cr} 58mg/L, SS 20.8mg/L, COD_{Mn} 15.76mg/L, T-N 11.67mg/L, T-P 0.59mg/L로 가장 낮은 값을 나타내는 것으로 조사되었다.

취락지역의 발생하수량 변동은 주거지역과 유사하지만 인구밀도가 낮아 이에 따른 하수량 및 수질농도 변화가 급격히 증감하는 것이 일반적인 패턴이다. 조사지점인 남양주-5(능내) 지점의 발생하수량 및 수질농도 변화를 Fig. 2(b)에 나타내었다. 오후 10시경 이후부터 익일 오전 7시경까지 110m³/d이하의 낮은 유량을 보이다가 오전 10시경 이후부터 166m³/d로 증가하였다가 오후 9시경까지 140m³/d이상으로 상당시간 지속하여 출근시간 이후 상당량의 인구가 가정에 머물면서 이에 대한 영향을 미치는 것으로 추측된다. 이에 따른 수질농도변화도 유사하여 오전 10시경 BOD는 123mg/L, COD_{Cr} 213mg/L, SS 60.5mg/L, COD_{Mn} 132mg/L, T-N 22.67mg/L, T-P 2.4mg/L로서 높은 농도를 나타내었으며, 오전 4시경 BOD는 15mg/L, COD_{Cr} 36mg/L, SS 14mg/L, COD_{Mn} 21mg/L, T-N 7.33mg/L, T-P 0.5mg/L로서 비교적 낮은 농도를 나타내는 것으로 조사되었다.

Fig. 4는 주거지역인 남양주-6 지점의 시간대별 하수발생량 및 농도변화를 보여주고 있으며 최대 유량은 오전 10시경 6,852m³/d로 조사되었으며, 새벽녘인 오전 4시경 2,044m³/d로서 최소유량을 보이는 것으로 조사되었다. 또한, 출근 시간대인 오전 7시경 하수량이 급하게 상승하여 8시경부터 가정에서 가사노동이 완료되는 시점인 오전 11시까지 4,500m³/d이상의 하수량이 상당시간 지속되는 것도 관찰되었다. 이로 판단컨대 오전 출근 시간대와 오후 퇴근 후 등 하루 2차례에 걸쳐 하수량의 피크가 발생하고 새벽녘에 최소유량이 발생하는 전형적인 주거지역의 하수발생 패턴을 나타내고 있는 것으로 조사되었다. 수질농도 변화는 하수량 패턴과 유사한 것으로 나타났으며, 최대 유량을 보였던 오전 10시경 BOD는 154mg/L, COD_{Cr} 256mg/L, COD_{Mn} 100mg/L, SS 89mg/L, T-N 30mg/L, T-P 3.08mg/L로서 비교적 높은 값들을 나타내었으며, 최소유량을 나타내었던 오전 4시경에는 BOD 97mg/L, COD_{Cr} 182mg/L, SS 80mg/L, COD_{Mn} 64mg/L, T-N 29.3mg/L, T-P 2.26mg/L로 비교적 낮은 값을 나타내는 것으로 조사되었다.

2) 용도지역별 하수량 및 농도의 공간적 변화

(1) 유량

각 지점에 대한 유량변화를 나타내었으며, 주

Table 2. Maximum, minimum, and average concentration flow and their ratios for landuse types

(Unit : m³/d)

Landuse types	Station	Mean Flow	Minimum Flow	Ratio(%)	Maximum Flow	Ratio(%)
Residential	Namyangju-2	4,063	339	0.08	50,354	12.39
	Namyangju-3	1,612	137	0.08	16,245	10.08
	Namyangju-6	4,764	149	0.03	11,466	2.41
	Namyangju-9	129	5	0.03	1,061	8.22
Residential/ Commercial	Namyangju-1	7,638	346	0.22	46,665	6.11
	Namyangju-4	1,582	203	0.13	4,866	3.08
	Namyangju-7	2,911	65	0.02	17,770	6.10
	Namyangju-8	2,705	9	0.003	12,671	4.68
	Namyangju-10	3,444	137	0.04	11,120	3.23
Community	Namyangju-5	130	19	0.15	588	4.52

거지역과 주거/상업, 취락지역으로 나누어 평균, 최소, 최대유량값 및 최소, 최대유량비를 구하여 Table 2에 나타내었다. 주거/상업지역의 경우 최소유량비가 평균 0.048, 최대유량비가 평균 4.622로서 주거지역의 최소유량비 평균 0.083, 최대유량비 평균 8.191에 비하여 하수발생량 변동폭이 작은 것으로 조사되었다. 이는 상업지역의 경우 늦은 오후나 야간에도 지역의 활성도가 계속되어 이에 대한 영향을 받아 하수량이 크게 줄지 않는 것으로 판단되며, 주거지역은 이와는 달리 활성

도가 떨어져 하수량의 변동폭이 타지역에 비해 큰 것으로 판단된다. 남양주-5 지점 취락지역의 경우 최소유량비 0.15, 최대유량비 4.52로서 주거/상업지역과 유사하였으며 이는 직장으로 이동하는 인구가 크지 않아 가정에 머물면서 발생하수가 계속적으로 하수관거내로 유입됨으로써 발생하는 현상으로 추측된다.

(2) 지점별 수질농도변화

Table 3은 청천시 6회 채수하여 6개 항목에 대

Table 3. Maximum, minimum, and average concentrations of water quality items for landuse types

(Unit : mg/L)

Station	Item	BOD	CODcr	SS	CODmn	T-N	T-P	Landuse types
Namyangju-1	Max	91	155	55	48	22	1.21	Residential/ Commercial
	Min	28	59	21	16	12	0.59	
	Ave	65	113	43	30	15	0.81	
Namyangju-2	Max	155	249	83	46	33	1.51	Residential
	Min	53	84	53	88	15	1.03	
	Ave	104	168	69	67	23	1.03	
Namyangju-3	Max	150	215	85	139	22	1.75	Residential
	Min	91	185	56	66	15	0.95	
	Ave	109	204	71	103	19	1.26	
Namyangju-4	Max	152	165	113	130	35	1.71	Residential/ Commercial
	Min	95	165	51	65	23	1.45	
	Ave	117	205	69	97	28	1.56	
Namyangju-5	Max	199	320	81	251	26	2.40	Community
	Min	15	36	14	17	7	0.49	
	Ave	94	170	49	99	15	1.21	
Namyangju-6	Max	179	304	92	173	39	3.71	Residential
	Min	88	155	45	55	28	2.26	
	Ave	138	239	80	116	32	2.85	
Namyangju-7	Max	249	632	218	264	29	2.58	Residential/ Commercial
	Min	115	193	76	100	21	1.45	
	Ave	196	364	118	182	25	2.14	
Namyangju-8	Max	109	209	86	107	37	4.45	Residential/ Commercial
	Min	62	131	46	44	27	1.75	
	Ave	89	154	60	76	33	2.68	
Namyangju-9	Max	223	377	95	210	54	3.41	Residential
	Min	107	194	33	101	20	2.36	
	Ave	184	321	79	155	40	2.71	
Namyangju-10	Max	133	272	80	108	33	2.04	Residential/ Commercial
	Min	108	133	53	38	12	0.93	
	Ave	115	185	64	73	23	1.52	

하여 분석하여 평균한 값으로 최대, 최소, 평균값을 나타내었다. 남양주 10개 지점 중 수질항목농도별 BOD, COD_{Cr}, COD_{Mn}, SS의 최대값은 주거/상업지역인 남양주-7 지점에서 각각 249mg/L, 632mg/L, 264mg/L, 218mg/L로 조사되었으며, 주거지역인 남양주-9 지점에서 T-N 54mg/L, T-P 3.41mg/L로 최대값을 나타내었다. 남양주-7 지점이 다른 지역에 비하여 각 수질항목에서 비교적 높은 농도를 나타낸 것은 주거지역보다는 상업지역에 의한 비율이 커 이에 대한 영향을 반영한 것으로 판단된다. 그러나 주거/상업지역인 남양주-1지점에서 각 평균수질항목에서 BOD 65mg/L, COD_{Cr} 113mg/L, COD_{Mn} 30mg/L SS 43mg/L, T-N 15mg/L, T-P 0.81mg/L로서 가장 낮은 값을 나타내었다. 남양주-1 지점의 최대값 또한 BOD 91mg/L, SS 55mg/L 등으로 다른 지역에 비하여 전반적으로 낮은 농도를 보였다. 이는 남양주-1 지점의 하수관거 부설연도가 1990년으로 노후화에 의한 하수관거의 부실로 하수가 관로를 유하하면서 지하수 침입 등에 의한 불명수의 유입 및 누수 등에 의한 현상으로 추측되며, 평균관경이 720mm로 가장 크며 관거연장도 10,668m로 다른 지점에 비하여 길어 이를 잘 뒷받침 해 주는 것으로 판단된다. 각 수질항목농도의 최소값은 취락지역인 남양주-5 지점에서 BOD 15mg/L, COD_{Cr} 36mg/L, COD_{Mn} 17mg/L SS 14mg/L, T-N 7mg/L, T-P 0.49mg/L로 조사되었다. 반면 남양주-5 지점의 최대값도 다른 지점에 비해 다소 높아 유량 패턴과 유사한 것으로 나타났다.

(3) 1일 1인 평균하수량 산정

Table 4는 지점별로 일일 평균 하수량에 시간을 곱하여 일일 총 하수발생량을 구하고 이를 처리구역내 인구로 나누어 1인 1일 하수발생량을 산정하였다. 산정결과를 1일 1인 물 소비량 (350 - 400L)에 오수전환율을 곱하여 계산한 값과 비교하면 남양주-1, 2 지점을 제외하고 다소 차이가 있는 것으로 조사되었다. 이는 주거지역보다는 상업지역에서 발생하는 하수량이 크기 때문인 것으로 사료되며, 특히 남양주-4, 8 지점에서는 각각 657L, 863L로서 산정되어 상업지역의 영향이 큰 것으로 추측된다. 취락지역인 남양주-5 지점에서는 270L로서 다른 시·군의 취락지역과 유사한 것으로, 주거지역과 상업지역보다는 작은 것으로 조사되었다. 남양주 7, 3, 9 지점에서는 1인 1일 물소비량의 절반에도 못 미치는 각각 160L, 166L, 80L로 조사되었다. 남양주-7, 3, 9 지점의 하수관거 부설연도는 1992년 이전으로 하수관거 노후화에 따른 부실에 의한 것으로 누수 등 하수량의 유실이 많았던 것으로 생각된다.

2. 주중 및 주말 하수발생 특성 분석

요일별로 용도지역별 하수발생 특성을 파악하기 위하여 60일 이상 연속 측정된 유량데이터를 가지고 월요일 오전 0시부터 금요일 오후 12시까지를 주중으로 그 나머지와 공휴일을 주말로 이분화하여 데이터를 생성하였다. 강우기간을 제외하고 건기시 주중 및 주말의 유량자료를 각각 평균하여 Fig. 3와 같이 시간대별 평균 하수발생량

Table 4. Unit wastewater loading rate

Landuse types	Residential				Residential/Commercial					Community
	Nam yangju-2	Nam yangju-3	Nam yangju-6	Nam yangju-9	Nam yangju-1	Nam yangju-4	Nam yangju-7	Nam yangju-8	Nam yangju-10	
Flow (L/captiva/day)	389	166	517	80	423	657	160	863	561	270

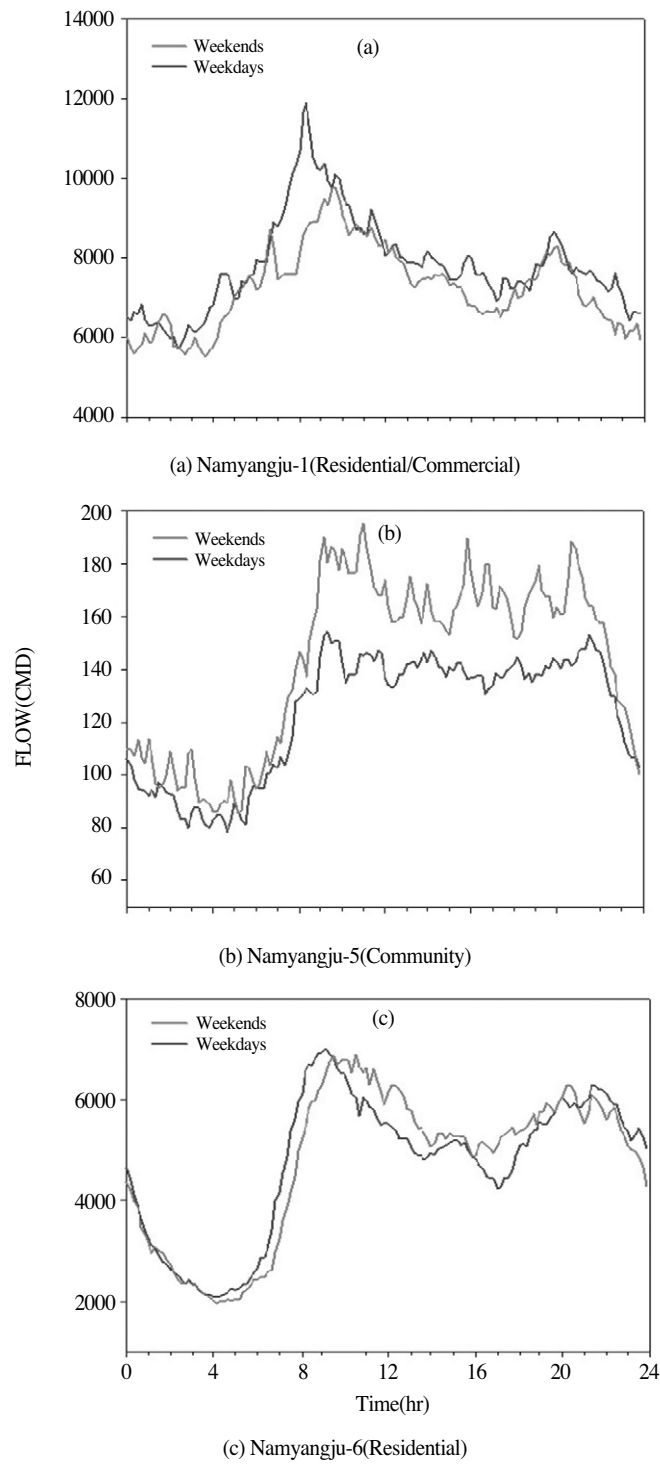


Fig. 3. Diurnal variation of wastewater flow by weekdays and weekends for landuse types

의 변화를 도시하였다. Fig. 3(a)는 남양주-1지점으로 주거·상업지역과 혼재되어 있는 지역으로 출근 시간대에 피크가 생성되며 퇴근시간 이후 상업지역이 활성화되어 하수량이 높게 나타난 것으로 판단된다. Fig. 3(b)는 취락지역으로 출근시간대 보다 늦은 시간에 하수량이 급격히 증가하며 이후 상당수의 인구가 가정에 머물면서 하수량이 큰 폭의 변화 없이 발생하고 있는 것으로 조사되어 이동인구가 크지 않는 것으로 판단된다. Fig. 3(c)는 고밀도 주거지역인 아파트 단지로 형성된 지역으로 오전과 오후 2번에 걸쳐 하수발생량이 피크가 생기며 특히 주말에는 주중 오전 시간대에 비하여 하수발생량 피크가 2~3시간 가량 늦게 발생하며, 이는 주말에는 주중의 출근시간대와 관계없이 다소 늦은 10~11시경 기상하여 가사행위가 활성화되기 때문인 것으로 판단된다.

Table 5는 각 지점에 대한 주말 및 주중에 하수량변동폭을 나타내고 있다. 주중에 대한 주말의 하수변동율을 용도지역별로 산정한 결과에 의하면, 주거/상업지역인 남양주-1, 남양주-4 지점을 제외한 다른 지점에서는 모두 주중보다는 주말에 하수량이 많은 것으로 조사되었다. 남양주-1 지점의 주중에 대한 주말의 하수변동율은 -7.29%로서 남양주시 주요 행정관청 등이 입지한 중심

시가지로서 주말에는 주중에 비하여 직장으로 이동하여 들어오는 인구가 없는 것으로 판단되며 이로 인해 음수값이 산정된 것으로 사료된다. 주거/상업지역인 남양주-7 지점은 26.84%로 가장 큰 값을 나타내었다. 취락지역인 남양주-5 지점에서는 16.26%로 조사되었다. Fig. 3을 보면 주말과 주중 전 시간대에 걸쳐 주말에 하수량이 큰 것으로 나타났으며, 지역의 활성화도가 시작되는 아침 시간부터 늦은 오후까지 대체적으로 높은 하수량으로 조사되어 가정을 떠나 있던 인구들이 주말에는 가정으로 다소 이동하여 있는 것으로 추측된다.

3. 우기시 하수발생 특성

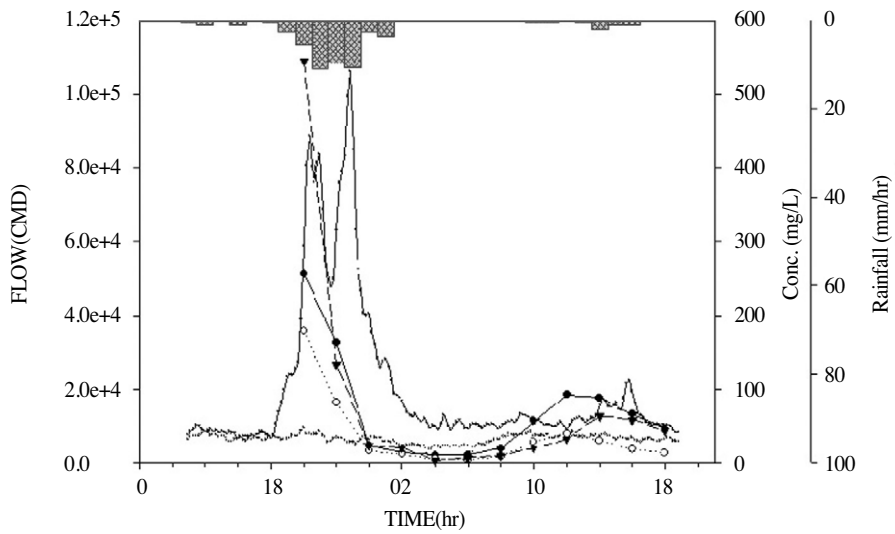
조사기간내 1차 강우 (10월 9일~10일), 2차 강우 (11월 24일~25일) 2차례의 강우사상에 대하여 남양주-1, 남양주-5 지점에 대하여 각각 유량 및 수질조사를 수행하였다. 남양주-1 지점은 합류식 하수배제 방식으로 우수수 합류관을 통하여 강우 유출수가 유입되는 지점이며, 남양주-5 지점은 분류식으로 강우시 우수관을 통한 우수 유입수를 말한다. 지점별 강우시 하수발생 패턴을 수질농도와 함께 Fig. 4과 Fig. 5에 각각 나타내었으며, 실선은 강우시, 점선은 같은 시간대에 건기시 하수발생 패턴을 나타낸다.

1) 남양주-1 지점

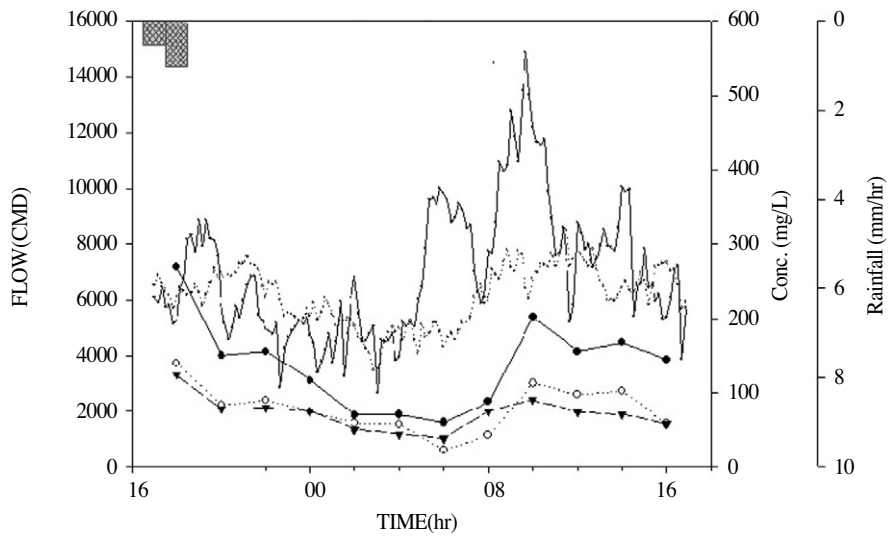
남양주-1 지점의 1차 강우시 (2001년 10월 9일~10일) 총 강우량은 53.5mm이었으며, 최대강우강도는 10월 9일 오후 9시경으로 11mm/hr이었다. 유량 및 수질농도변화 추이를 Fig. 4(a)에 도시하였다. 이 지역은 합류식 지역으로 10월 9일 오후 11시경 106,437m³/d로 최대유량을 보였으며 이는 같은 시간대 건기시 유량 (점선)의 20배 이상에 해당하는 유량으로 이로 인한 희석효과가 수질농도에 상당한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 유

Table 5. Wastewater flowrates for weekdays and weekends in dry weather periods

	Flowrates of weekdays(m ³ /d)	Flowrates of weekends(m ³ /d)	Ratio(%)
Namyangju-1	7,833	7,262	-7.29
Namyangju-2	3,940	4,282	8.68
Namyangju-3	1,563	1,799	15.10
Namyangju-4	1,616	1,520	-5.94
Namyangju-5	123	143	16.26
Namyangju-6	4,712	4,742	0.64
Namyangju-7	2,549	3,224	26.84
Namyangju-8	2,595	2,977	14.72
Namyangju-9	127	135	6.30
Namyangju-10	3,398	3,915	15.21



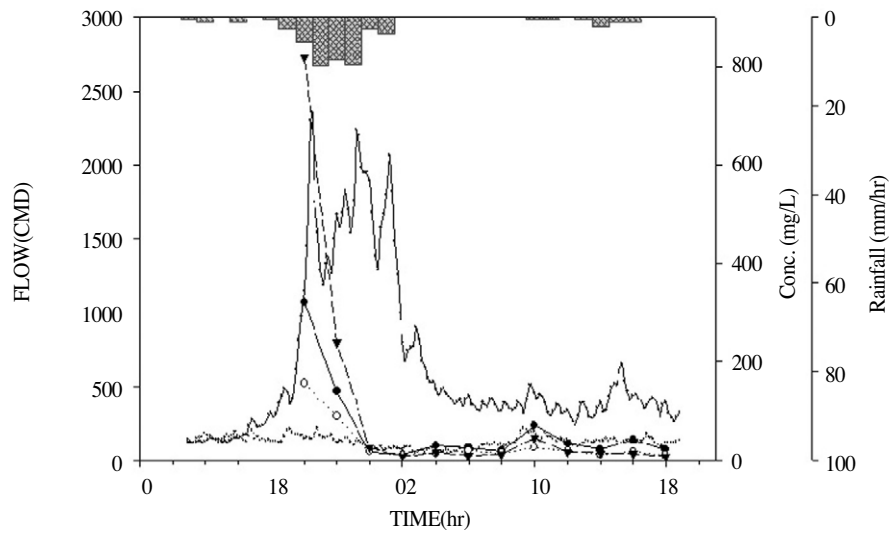
(a) 1st rainfall



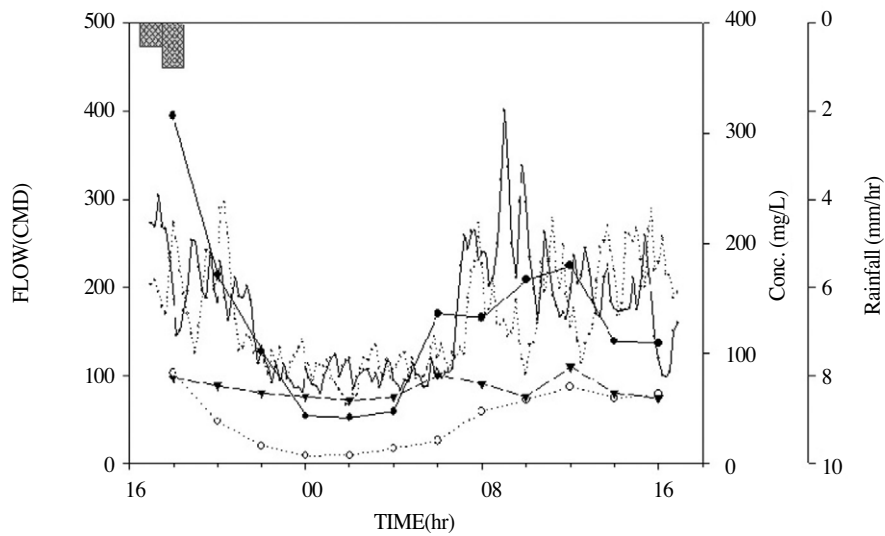
(b) 2nd rainfall



Fig. 4. Temporal variation of wastewater flow in wet weather periods (Namyangju-1)



(a) 1st rainfall



(b) 2nd rainfall



Fig. 5. Temporal variation of wastewater flow in wet weather periods (Namyangju-5)

량이 상승하는 시간대에 수질농도도 상승하는 것으로 나타났으며 큰 유량이 지나간 후에 강우에 의한 희석효과가 지속적으로 유지되면서 건기시보다 낮은 농도로 조사되었다. 강우초기 오염물질의 농도가 SS는 545mg/L, COD_{Cr} 256mg/L, BOD 179mg/L로 건기시와 비교하여 SS는 최대 10배 이상 높았으며, 이는 지표면에 축적되어 있는 오염물질이 초기세척(First Flush) 현상으로 인해 강우 초기에 쓸려 나와 하수관을 통하여 유입됨으로써 비롯된 것으로 판단된다.

2차 강우시(2001년 11월 24일~25일) 총 강우량은 1.5mm이었으며, 최대강우강도는 11월 24일 오후 6시경 1mm/hr이었다. Fig. 4(b)는 강우시 유량 및 수질변화추이를 나타내고 있으며, SS 123mg/L, COD_{Cr} 269mg/L, BOD 180mg/L로 조사되었으며, 이는 건기시 동일시간대의 수질농도 SS 48mg/L, COD_{Cr} 130mg/L, BOD 91mg/L로 다소 차이가 있는 것으로 조사되었으며, 이는 작은 강우량에 의해서도 선행 무강우일수가 비교적 긴 20일임을 감안할 때 수질농도가 다소 높은 것으로 사료된다. 시간이 흐름에 따라 희석효과도 작아져 수질농도는 건기시 평균 수질농도를 나타내는 것으로 조사되었다.

2) 남양주-5 지점

남양주-5 지점의 1차 강우시 (2001년 10월 9일~10일) 유량 및 수질변화 추이를 Fig. 5(a)도시하였다. 그림에 의하면 강우초기에 유량은 강우강도에 따라 서서히 증가하여 일정한 시간이 지체된 후 10월 9일 오후 10시경부터 오전 2시까지 유량이 증가되었다가 점차적으로 감소하였다. 강우시작 이후 SS는 819mg/L, COD_{Cr} 321mg/L, BOD 156mg/L로서 최대를 나타내었으며 이는 지표면에 축적되어 있는 오염물질이 초기세척(First Flush) 현상으로 인해 강우 초기에 쓸려 나와 하수관을 통하여 유입됨으로써 비롯된 것으로 판단된다. 이후 지속되는 강우에 의해 희석되어 오염

물질 농도가 점차적으로 감소하는 경향을 나타내었다. 이는 강우 종료 후 지속적인 강우에 의한 잔류유입수와 하수와의 희석으로 건기시보다 오히려 낮은 오염물질의 농도가 낮아지는 것으로 판단된다. 이 지역은 분류식 하수배제 방식으로 되어 있으나 강우시 오수관을 통하여 상당량의 유입수가 유입되고 있어 이에 대한 대책이 시급한 것으로 사료된다.

Fig. 5(b)는 강우시 유량 및 수질변화추이를 나타내고 있으며, SS는 162mg/L, COD_{Cr} 282mg/L, BOD 130mg/L로 건기시 보다 다소 높은 농도를 나타내었지만 미미한 강우량에 의해 유출량이 낮아 지표수의 초기세척이나 쓸림현상은 거의 없었던 것으로 추정된다. 건기시 평균 하수량(점선) 변화 추이를 그대로 유지하면서 약간의 유량이 추가된 형태를 보이고 있다.

IV. 결 론

본 연구에서는 남양주시 10개 지역을 대상으로 용도지역별로 주거, 주거/상업, 취락지역으로 세분화하여 건기시 시간적, 공간적 하수발생량 및 농도 변화를, 주중과 주말로 나누어 요일별 하수발생 특성을, 강우시에는 분류식, 합류식 하수배제 방식으로 된 지역의 강우 사상별로 하수발생 특성을 조사하였으며 도출된 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 주거지역 및 주거/상업 혼합지역은 일일 평균 하수발생량 조사 결과에 의하면 최대유량은 오전이나 오후의 출퇴근 시간대에 2회의 피크가 발생하였으나 즉시 감소하는 것으로 조사되었으며, 수질 농도는 하수의 피크유량이 발생하였을 때 상대적으로 높았고, 최소유량이 발생하는 새벽시간대에 가장 낮은 농도를 나타내는 것으로 나타났다. 취락지역의 경우 출근시간대에 가장 높은 하수량을 보였으며 상당시간동안 높은 하수량을 보였으며, 이는 주거 및 주거/상업 혼합지역

과는 달리 상당수의 인구가 가정에서 머물면서 이에 대한 영향을 미치는 것으로 추측된다.

2) 요일별 하수발생 특성 조사결과, 주거/상업 혼합지역인 남양주-1 지점에서 -7.29%로 나타났으며, 이는 주중에는 남양주시의 주요관청 등의 상업이 활성화되어 이에 대한 영향이 반영된 것으로 판단되나 주중에는 영업을 하지 않아 이에 대한 하수량의 활성화가 없기 때문인 것으로 판단된다. 남양주-7 지점은 26.84% 가장 큰 값을 나타내었으며, 이는 조사대상 지역내 상당부분의 하수량이 상업지역에 의한 발생량으로 추측된다. 또한 취약지역인 남양주-5 지점은 16.02%로서 상업지역에 하수량보다는 주중 가정을 머물지 않던 상당수의 인구가 표본지역내로 이동함으로써 이에 대한 영향을 나타낸 것으로 판단된다.

3) 강우시 토지용도별, 하수배제방식 등에 의해 하수량 및 수질변화 추이는 다소 차이가 있었지만 초기 세척현상(First Flush)에 의해 건기시의 하수농도에 비교하여 높은 농도를 보였으며, 이후 지속되는 강우에 의해 오염물질 농도가 감소하여 강우 종료 후 시간이 경과함에 따라 우수의 잔류유입수와 하수와의 희석현상으로 건기시보다 오염물질의 농도가 낮아지는 경향을 보이는 것으로 조사되었다. 또한 2회에 걸친 강우시 하수량 및 수질농도변화 조사 결과에 의하면 선행무강우 일수, 강우량, 강우강도에 민감하게 반응하는 것으로 나타났다.

■ 참고문헌

- 김경원, 2003, 하수관거 해석 모형을 이용한 하수관거정비 우선순위 도출에 관한 연구, 상명대학교 대학원 석사논문.
- 남양주시, 1997, 남양주시 하수도정비 기본계획(변경).
- 남양주시, 환경관리공단, 2002, 한강수계 하수관거정비 시범사업 타당성조사 보고서(남양주시).
- (주)제일엔지니어링, 삼안건설기술공사, 2001, 한강수계(2권역) 하수관거정비 시범사업 타당성조사 용역 I/I 및 초기강우오염도 조사 계획서.
- 윤현식, 2001, 한강수계 하수관거정비 시범사업 타당성조사 용역 추진현황, 하수도연찬회 발표자료집, 55-80.
- 황병기, 김경원, 정효준, 2002, 하수관거 I/I 분석 프로그램 개발 및 구리시 관내 하수처리 구역에 적용, 대한상하수도학회 16(4), 481-492.
- American Sigma Inc., 2000, Flow Meter Models 910, 920, and 930.
- APHA, 1995, Standards Method for the Examination of Water and Wastewater.