

하수중 용존 유기물의 생분해도 및 분자량 분포에 따른 거동특성에 관한 연구

최정현 · 이윤진* · 명복태* · 우달식 · 이운기** · 남상호*

한국계면공학연구소
* 건국대학교 환경공학과
** 한국화학시험연구원

A Study on the Biodegradability and Characteristics Based on Apparent Molecular Weight Distribution of Dissolved Organic Matter in Sewage

Jong Heon Choi, Yoon Jin Lee* †, Bok Tae Myung*, Dal Sik Woo
Un Gi Lee** and Sang Ho Nam*

* Korea Intrfacial Science and Engineering Institute
Department of Environmental Engineering, KonKuk University
** Korea Testing and Research Institute for Chemical Industry
(Received 5 April 2001 ; Accepted 3 June 2001)

ABSTRACT

This present study was aimed to investigate the characteristics of dissolved organic matter (DOC) in sewage. The results are summarized as follows;

The plateaux reached in 3~4 days by the biodegradability test on sewage samples based on DOC. The ratios of BDOC to DOC were 48, 21, 13 and 11% for raw sewage, primary treatment effluent, secondary treatment effluent and final treatment effluent, respectively. As the SUVA values ranged less 3 L/m · mg for the effluent of sewage treatment plant, the DOC is composed largely of non-humic materials, hydrophilic, less aromatic as compared to waters with higher SUVA values.

Through the biodegradability test, Dissolved organics showed that the quantity of LMW (Low Molecular Weight) less than 1,000 daltons was decreased, HMW(High Molecular Weight) more than 30,000 daltons had a tendency to increase. Large portion of UV₂₅₄ in final treatment effluent was increased of LMW, while that of raw sewage, primary treatment effluent and secondary treatment effluent was increased of MMW(Medium Molecular Weight). Also, average removal efficiency of DOC was 52% during sewage treatment.

Keywords : Sewage, DOC, BDOC, UV₂₅₄, SUVA, Biodegradation, Apparent Molecular Weight Distribution

I. 서 론

하수처리는 공중위생 향상 및 공공수역의 수질 보전 등의 목적으로 수행된다.¹⁾ 최근 들어 상수원지역에 위치한 하수 처리시설 등에 의해 일부 지표수와 지하수가 각종 유기물로 심각하게 오염되고 있다. 따라서 수중의 유기물에 대한 관심이 더욱 높아지고 있는데 이는 용존 유기물의 직접적인 유해성보다는

염소처리시 THMS(Trihalomethanes)과 같은 소독부산물을 형성시킬 수 있고, 배급수 계통에서 유리잔류염소가 없을 때 미생물의 재성장을 유발할 수 있는 등의 문제점을 야기시킬 수 있기 때문이다.²⁾

자연수중 유기물은 비교적 저농도로 존재하고, 그 중 미생물에 의해 이용가능한 부분의 함량이 낮아 일반적으로 많이 사용되는 BOD, COD 등으로는 유기물의 정확한 정량이 어려우므로 탄소단위의 유기물 정량이 주로 이용된다.³⁾ 수중의 TC(Total Carbon)는 TOC(Total Organic Carbon)와 IC(Inorganic Carbon)로 구성된다. TOC는 순수가스로 퍼징(purging)시킬 때 휘발 여부에 따라 VOC(Volatile

†Corresponding author : Department of Environmental Engineering, KonKuk University.
Tel : 02-455-6957, Fax : 02-455-6957
E-mail : yjlee@konkuk.ac.kr

Organic Carbon) 및 NPOC(Non-purgeable Organic Carbon)로, 0.45 m pore size 여지로 여과할 경우 용존 여부에 따라 POC(Particulate Organic Carbon) 및 DOC(Dissolved Organic Carbon)로 분류할 수 있다.³⁾

BDOC(Biodegradable Dissolved Organic Carbon)는 수중의 DOC 중 미생물에 의해 분해가 가능한 부분이다.⁴⁾ Servais 등⁵⁾은 세노강물을 2 μm 여지로 여과 한 후 시료의 약 1%를 접종하였고, 20°C의 암실에서 28일간 배양한 후 BDOC를 측정하였다. 윤⁶⁾은 BDOC 측정방법에 대해 한강수를 대상으로 했을 때 미생물의 최적 배양기간은 약 3~5일이었고, 미생물접종량은 배양기간에 큰 영향을 주지 않았다고 보고하였다.

수중의 유기물 중 벤젠류나 불포화 지방족 물질들은 그 농도에 비례하여 UV를 흡수하기 때문에 UV₂₅₄를 측정함으로써 비교적 정확하게 그 양을 평가할 수 있다.⁷⁾ Bartels는 퇴적물의 DOC와 UV₂₅₄를 측정하여 비교한 결과 선형함수 관계를 얻었으며, 그 상관계수는 0.99이었다.^{8,9)} 유기물의 분자량 분포는 정수투압하에서 MWCO(molecular weight cutoff)이하의 물질은 용매와 함께 통과되고 그 크기 이상의 물질은 역류되는 원리를 이용하여 각 수처리 공정별 유기물의 제거율 및 분포를 파악할 수 있다.¹⁰⁾

본 연구는 상수원 상류 및 주변지역에 유입되는 J 하수처리장의 유입수, 1차 처리수, 2차 처리수, 방류수를 대상으로 하수처리 공정별 용존 유기물의 특성 및 거동을 고찰하였다. 또한 하수중의 용존유기물을 분자량 분포에 따라 분류하고 생분해도를 파악하여 보았다.

II. 실험장치 및 방법

1. 시료

본 연구는 J 하수처리장의 시료를 대상으로 수행되었고, 하수처리장의 유입수, 1차 처리수, 2차 처리수, 방류수를 각각 임의채취방법(Grab Sampling)으로 수집하여 실험실로 운반한 후 4°C이하의 저온에서 보관하였다. 시료 중의 일부를 취하여 pH, DO, COD_{Cr},

DOC, 일반세균 등의 기초수질항목들을 분석하였다. 본 시료의 수질 특성은 Table 1과 같다.

2. 실험장치

본 연구에서 사용한 회분식 실험장치의 개략도는 Fig. 1과 같다. 반응조는 유효용적 5 L, 내경 180 mm, 높이 250 mm의 원통형 투명 아크릴로 제작되었고, 교반장치 및 자동 온도조절장치가 부착되어있다. 운전기간 중 반응조 내부의 온도는 20±0.5°C로 유지시켰고, 40 rpm으로 일정하게 교반하였다.

3. 실험방법

영동대교 인근에서 채수한 한강수를 2.5 μm 공극의 여과지(Whatman)로 여과하여 접종액으로 준비하였다. 하수 처리장에서 채취한 시료 5 L를 0.45 μm 여과지(Advantec)로 여과하여 갈색 경질유리병에 넣고, 접종액 50 mL를 주입하여 20±1°C에서 1, 2, 3, 4, 5, 7, 10, 15, 20 hr동안 반응시킨 후 DOC, BDOC, UV₂₅₄, SUVA, HPC, 분자량분포 등을 측정하였다.

DOC는 시료를 0.45 μm 여과지로 여과한 후 combustion/non-dispersive detection 방식인 TOC-analyzer(TOC 5000, Shimadzu)로 측정하였다. BDOC는 배양 전·후의 DOC차이로 산정하였다. UV₂₅₄는 UV-Visible Spectrophotometer(UV-1601, Shimadzu)를 이용하여 10 mm cell로 파장 254 nm에서 측정하였다.

일반세균(HPC)은 빈영양배지인 R₂A배지에 평판도말법으로 접종하였고 20±1°C에서 7일간 배양한 후 집락수를 세어 CFU(Colony Forming Unit/mL)

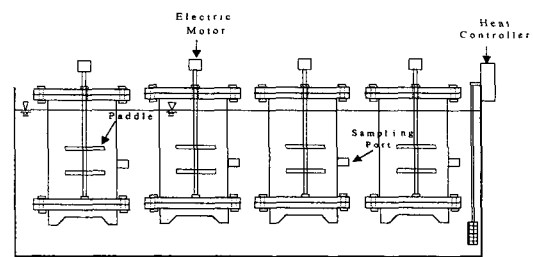


Fig. 1. Schematic diagram of experimental apparatus.

Table 1. Characteristics of samples collected from J plant

	pH	DO (mg/L)	SCOD _{Cr} (mg/L)	SBOD (mg/L)	HPC (CFU/mL)
Raw water	7.6	4.32	39.25	28.5	45 × 10 ⁵
Primary treatment effluent	7.3	4.27	20.56	14.5	26 × 10 ⁵
Secondary treatment effluent	7.2	4.34	16.47	10.6	4.3 × 10 ⁵
Final treatment effluent	7.2	4.21	17.35	12.5	5.8 × 10 ⁵

단위로 나타내었다.¹¹⁾

분자량 분포는 Stirred ultrafiltration cell(Model 8200, Amicon)을 이용하여 각 규격의 여과지를 통과한 시료를 채취하여 DOC와 UV₂₅₄를 측정하였다. 여과지의 직경 및 표면적은 각각 62 mm, 27.3 cm²로 30,000(YM30, Amicon), 10,000(YM10), 3,000(YM3), 1,000(YM1), 500(YC05) dalton을 사용하여 분자량분포를 고찰하였다. 본 논문에서는 저분자량(1,000 dalton이하), 중분자량(1,000~10,000 dalton), 고분자량(10,000 dalton이상)을 각각 LMW(Low Molecular Weight), MMW(Medium Molecular Weight), HMW(High Molecular Weight)로 표기하였다.

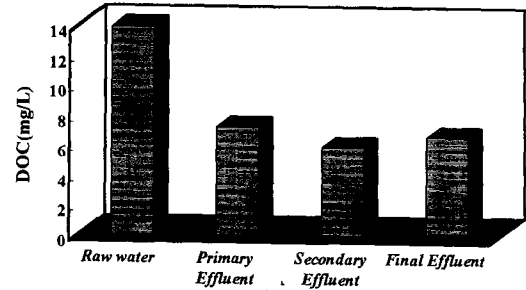
III. 결과 및 고찰

1. 각 공정별 처리수중의 용존 유기물의 특성

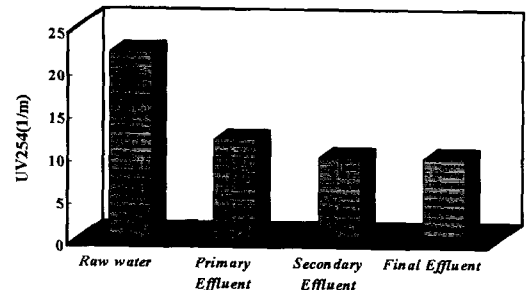
하수처리 공정별 처리수의 DOC, UV₂₅₄, SUVA는 Fig. 2와 같다. 1차처리수, 2차처리수, 방류수에서 용존물질은 유입수의 각각 48, 58, 52%가 제거되었다. 방류수에서의 용존유기물 농도가 2차처리수에서 보다 소폭 증가하는 결과를 보였는데, 이는 2차침전을 거친 처리수가 현재 가동되고 있지 않는 염소 접촉조를 통과하면서 2차오염에 의해 발생된 것으로 생각된다. UV₂₅₄는 유입수, 1차처리수, 2차처리수, 방류수에서 각각 22.05, 11.83, 9.72, 9.63 m⁻¹으로 공정을 거치면서 점차 감소하였다. SUVA는 유입수, 1차처리수, 2차처리수, 방류수에서 각각 1.65, 1.56, 1.66, 1.46 L/m·mg이었다.

각 처리 공정에서 분자량분포별 용존유기물의 농도는 Fig. 3와 같다. 유입수는 주로 500 dalton이하에서의 분포가 가장 높은 것으로 나타났으며, 10000~30000 dalton에서의 분포가 가장 낮은 것으로 나타났다. 유입수중에서 용존유기물은 LMW, MMW, HMW영역에서 각각 59, 27, 14%를 차지하였고 저분자량의 영역대에 상당량 분포하였다.

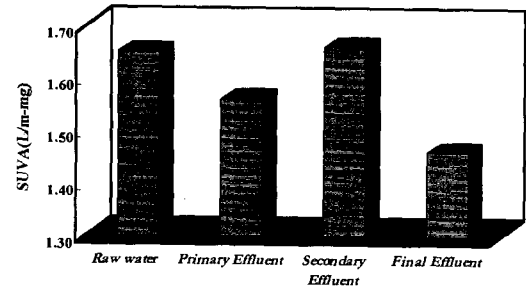
1차처리수중 용존유기물은 LMW, MMW, HMW영역에서 각각 60, 23, 17%를 차지하였다. 1차처리수중의 용존유기물은 MMW범위의 유기물이 감소한 반면, HMW범위는 증가하였다. 특히 MMW범위의 10,000~30,000 dalton 용존유기물은 유입수중의 같은 분자량 범위인 유기물의 약 91%가 감소하였다. 2차처리수중의 용존유기물은 LMW, MMW, HMW영역에서 각각 64, 19, 17% 분포하였다. 500 dalton이하와 10,000~30,000 dalton의 분자들이 증가하였



(a) DOC



(b) UV₂₅₄



(c) SUVA

Fig. 2. DOC, UV₂₅₄, SUVA on the sample from each stage of sewage treatment plants.

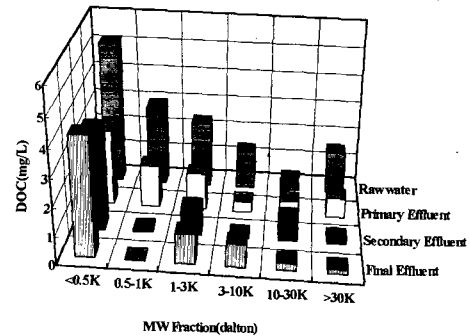


Fig. 3. AMWD on the sample from each stage of sewage treatment plants.

고, 500~10,000 dalton과 30,000 dalton이상에서의 용존유기물이 감소하였다. 이는 생물학적처리에 의해 중·고분자 화합물을 저분자 화합물로 전환된 것으로 생각된다. 방류수중의 용존유기물은 LMW, MMW, HMW영역에서 64, 29, 6% 분포하여 HMW에서 MMW로 전환이 이루어졌다.

2. 각 공정별 처리수의 생분해도 평가

(1) BDOC에 의한 생분해도 평가

하수처리장 각 공정별 처리수의 BDOC에 의한 생분해 결과는 Fig. 4와 같다. 각 시료의 용존유기물은 시간이 경과함에 따라 점차 감소하였고, 중속영양세

균은 배양후 초기에 증가하였으나 최대점에 이른 후 감소하였다. 생분해기간을 기질의 소모율 및 중속영양세균의 수가 최대로 도달하는 지점으로 볼 때 본 시료의 생분해 기간은 3~4일이었다.

유입수, 1차처리수, 2차처리수, 방류수에서 용존유기물의 농도는 각각 13.84, 7.19, 5.88, 6.61 mg/L이었고, 생분해가 완료된 반응시간은 각각 4, 3, 4, 3일이었다. 각 시료의 생분해가 완료된 반응시간에서 생물학적으로 분해가능한 유기물의 농도는 각각 6.69, 1.53, 0.74, 0.71 mg/L이었다. 따라서 BDOC/DOC는 각각 48, 21, 13, 11%로 각 공정을 거치면서 원수의 용존 유기물중 생물학적으로 분해가능한 유기물의

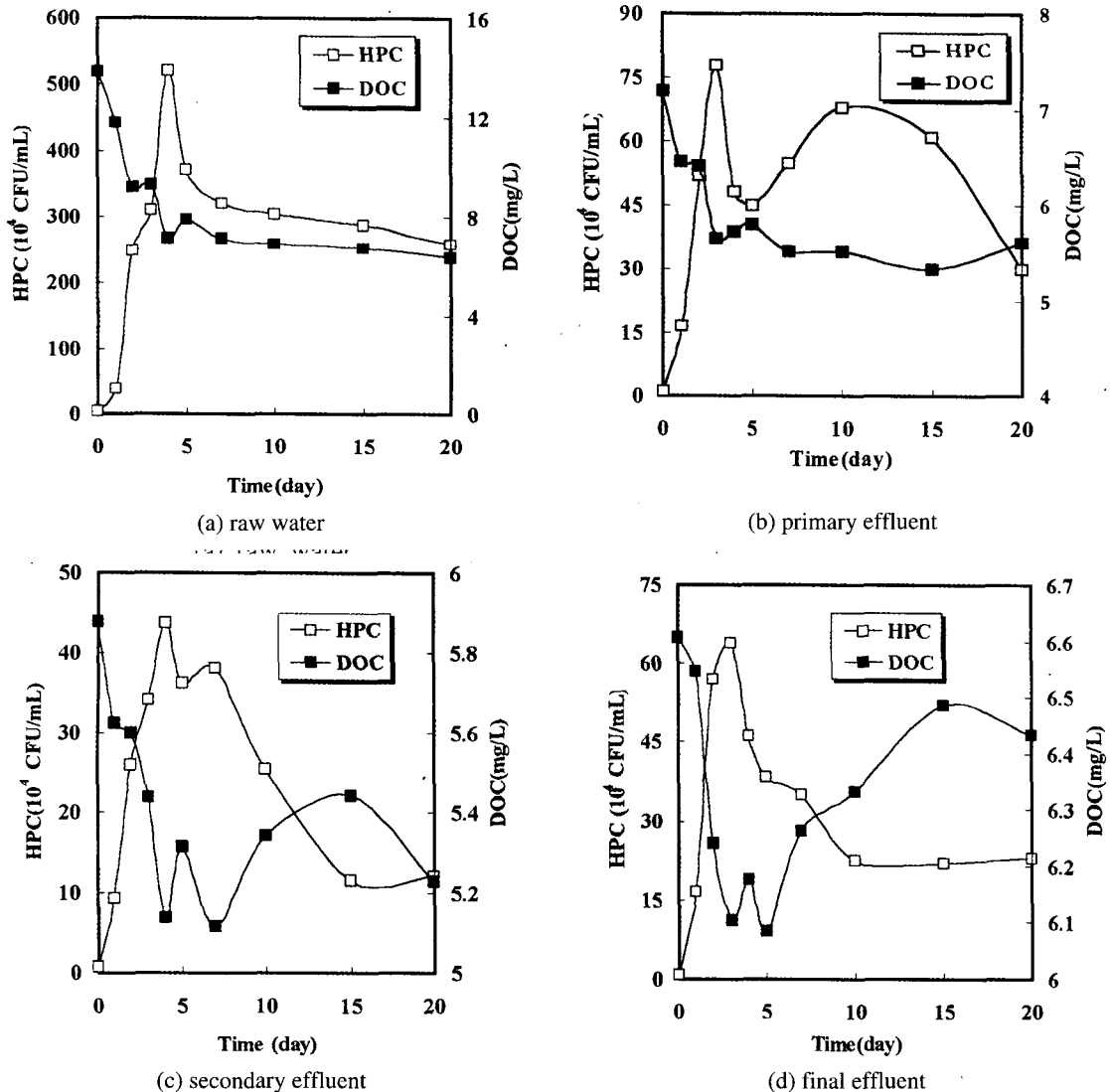


Fig. 4. Biodegradation on the organic matter from sewage treatment process.

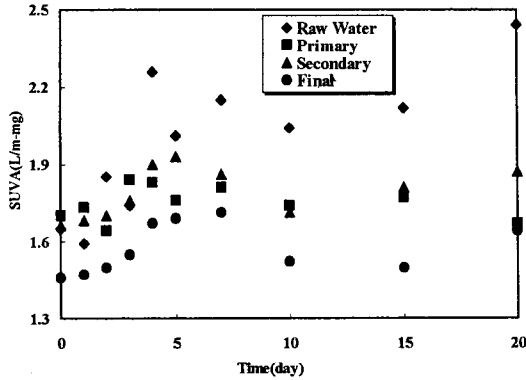


Fig. 5. SUVA on the effluent from sewage treatment process.

농도가 점차 감소하였다. 생분해가 이루어진 후에 BDOC가 소폭 증가하는 현상이 나타났는데 이는 SMPS(Soluble Microbial Products)에 의한 것으로 판단된다.

배양초기의 유입수, 1차처리수, 2차처리수, 방류수에서의 중속영양세균은 각각 3.5×10^4 , 0.80×10^4 , 0.70×10^4 , 0.85×10^4 이었다. BDOC가 최대에 도달하는 점에서의 각 하수처리 공정별 일반세균의 수는 유입수, 1차처리수, 2차처리수, 방류수에서 각각 5.20×10^6 , 7.80×10^5 , 4.4×10^5 , 6.4×10^5 로 배양초기의 각각 149, 98, 63, 75배 증가하였다.

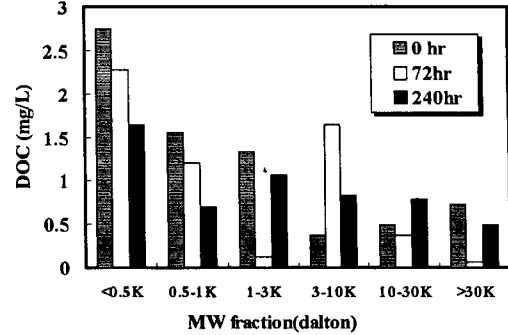
(2) SUVA에 의한 생분해도 평가

Fig. 5은 하수처리장 각 공정별 처리수의 생분해에 따른 SUVA(UV/DOC)를 나타낸 것이다. 본 시료의 SUVA는 1.59 L/m·mg에서 2.44 L/m·mg의 범위에 분포하였고 시간경과에 따라 점차 증가하였다.

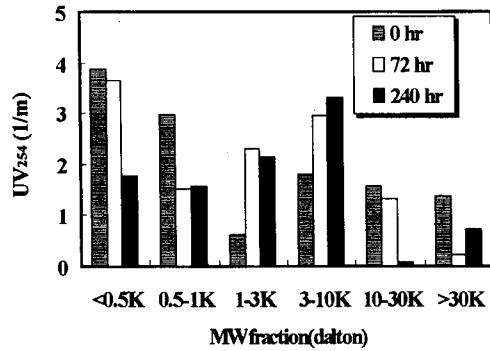
Edzwald⁽²⁾는 SUVA가 4이상인 수중에는 휴믹성분이 상당량 포함되어 있으며 소수성, 방향족의 특성을 갖는 반면, 3이하인 경우에는 비휴믹성분이 많고, 친수성, 비방향족의 특성을 갖는다고 보고하였다. 본 실험에서 대상시료의 SUVA가 모두 3이하였으므로, J 하수처리장 시료중에는 비휴믹성, 친수성, 비방향족의 물질들이 많고 미생물에 의한 분해가 용이하며 생분해 가능성이 크다는 것을 알 수 있다.

3. 생분해에 의한 용존유기물의 거동평가

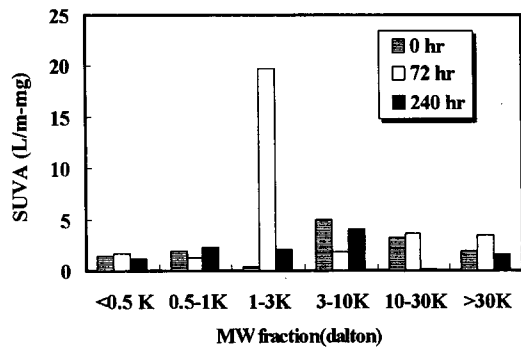
하수처리장 유입수에서 용존유기물의 생분해에 의한 분자량 분포별 DOC, UV₂₅₄, SUVA의 변화는 Fig. 6과 같다. 유입수에 대한 분자량분포별 초기 DOC의 분포는 LMW, MMW, HMW에서 각각 59, 27, 14%로 LMW의 비율이 높음을 알 수 있다. DOC 농도가 최저점에 도달한 시간은 반응 초기로부터 4일 후였으



(a) DOC



(b) UV₂₅₄



(c) SUVA

Fig. 6. AMWD on the primary effluent after biotreatment.

며 DOC의 분포는 LMW, MMW, HMW에서 각각 42, 44, 14%이었다. 배양 10일 이후에는 LMW, MMW, HMW에서 각각 34, 38, 28%로 LMW범위의 용존유기물이 MMW, HMW범위로 전환되었다. 유입수의 용존 유기물은 생분해 반응 4, 10일 후에 초기용존유기물의 각각 48, 50%가 분해되었다.

이때 UV₂₅₄변화는 다음과 같다. 배양 초기의

UV₂₅₄는 LMW, MMW, HMW에서 각각 45, 33, 22%이었다. 4일 후의 분자량 분포는 LMW, MMW, HMW에서 각각 30, 35, 35%이었고 10일 후에는 LMW, MMW, HMW에서 각각 21, 38, 41%이었다. 유입수의 UV₂₅₄는 DOC의 분포와 유사하게 시간에 따라 점차 고분자화되었는데 특히 LMW범위의 유기물의 농도는 반응 10일 후에 초기농도의 0.5배이었고 HMW범위의 유기물의 농도는 배양 초기의 약 2배이었다.

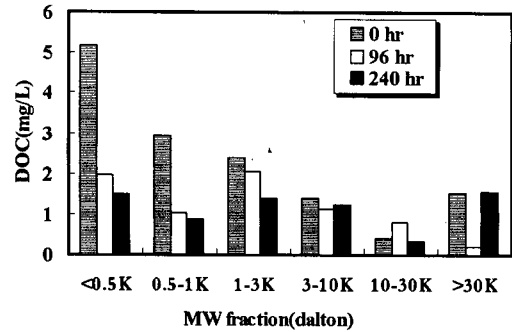
SUVA는 반응 4일에서 모든 분자량 범위에 대해 증가하는 현상을 보였고, 반응 10일 후에는 HMW에서 감소하는 현상을 보였다.

1차처리수중 용존유기물의 생분해에 의한 분자량 분포별 DOC, UV₂₅₄, SUVA의 변화는 Fig. 7과 같다. 배양 초기의 분자량분포별 DOC의 변화는 LMW, MMW, HMW에서 각각 60, 23, 17%를 차지하였다. DOC 농도가 최저점에 도달한 3일 후에는 LMW, MMW, HMW에서 각각 61, 31, 8%이었고 10일 후에는 LMW, MMW, HMW에서 각각 43, 34, 23%이었다. 따라서 1차처리수중의 LMW범위의 용존유기물은 시간 경과에 따라 MMW, HMW로의 전환이 이루어졌다.

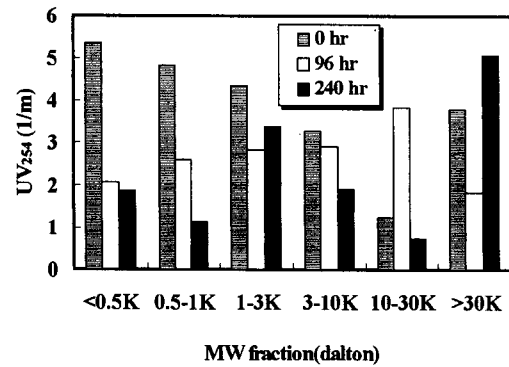
UV₂₅₄의 변화는 배양초기에는 LMW, MMW, HMW에서 각각 56, 20, 24%이었고, 3일 후에는 LMW, MMW, HMW에서 각각 43, 44, 13%이었고 10일 후에는 LMW, MMW, HMW에서 각각 35, 57, 8%이었다. 특히 UV₂₅₄에서 흡수되는 유기물인 방향족, 불포화 지방족 물질은 LMW, HMW범위에서 시간경과에 따라 상당량 감소하였는데 비해 MMW범위에서는 초기에 비해 증가하는 현상을 보였다. SUVA는 LMW, HMW범위에서 감소하였고, MMW범위에서는 증가하였다.

2차처리수의 용존유기물의 생분해에 의한 분자량 분포별 DOC, UV₂₅₄, SUVA의 변화는 Fig. 8과 같다. 2차처리 유출수의 배양초기에 대한 분자량분포별 DOC의 분포는 LMW, MMW, HMW에서 각각 81, 10, 9%이었다. 반응 4일 후의 용존유기물은 LMW, MMW, HMW에서 각각 63, 23, 14%, 배양 10일 이후에는 LMW, MMW, HMW에서 각각 31, 52, 17% 분포하였다. LMW범위의 용존유기물이 생분해에 의해 제거되었고 MMW, HMM범위로의 전환이 이루어졌다.

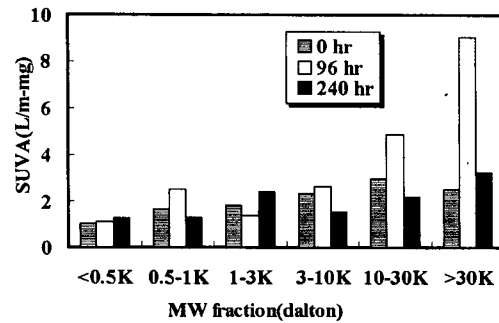
UV₂₅₄의 변화는 배양초기에는 LMW, MMW, HMW에서 각각 39, 35, 26%이었고, 4일 후에는 LMW, MMW, HMW에서 각각 38, 36, 26%이었고 10일 후에는 LMW, MMW, HMW에서 각각 32, 56, 12%이었다. 특히 UV₂₅₄에서 흡수되는 유기물인 방



(a) DOC



(b) UV₂₅₄

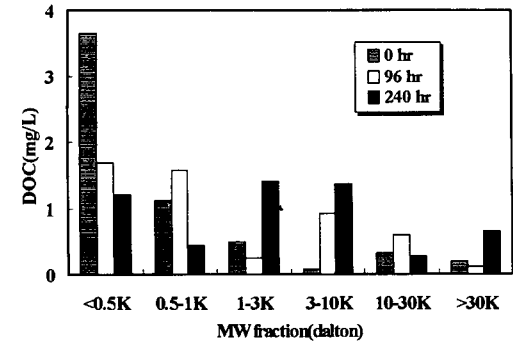


(c) SUVA

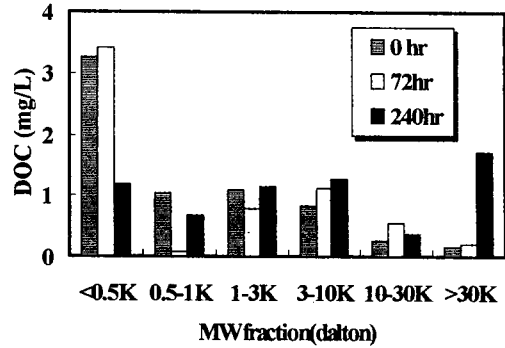
Fig. 7. AMWD on the sewage influent after biotreatment.

향족, 불포화 지방족 물질은 LMW범위에서 시간경과에 따라 상당량 감소하였는데 비해 MMW범위에서는 증가하여 DOC와 유사한 경향을 보였다. SUVA는 DOC, UV₂₅₄와는 달리 LMW범위에서는 증가한 반면 MMW 및 HMW범위에서는 감소하였다.

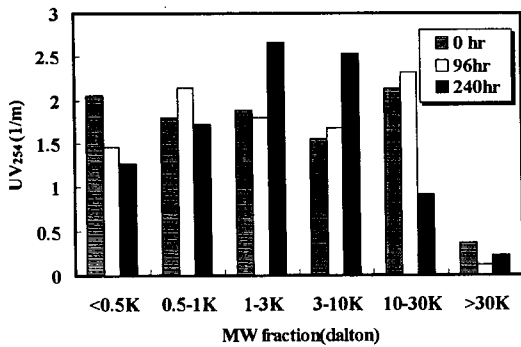
방류수의 용존유기물의 생분해에 의한 분자량 분



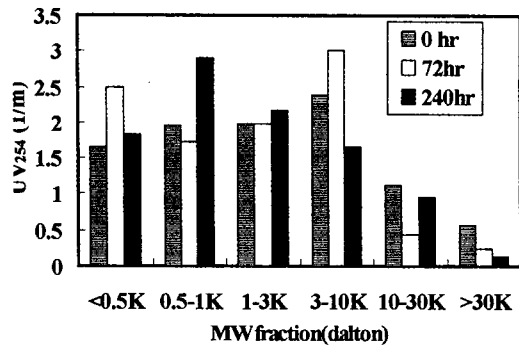
(a) DOC



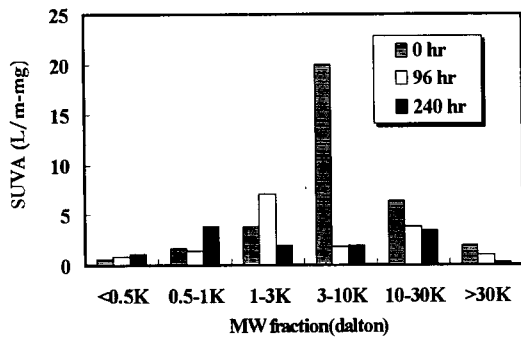
(a) DOC



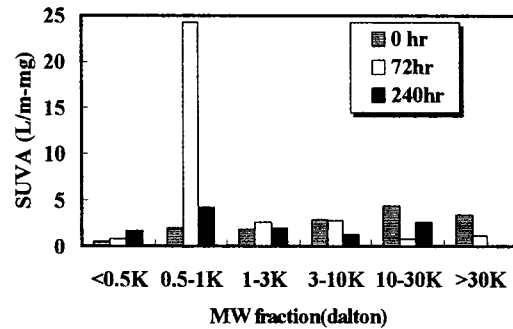
(b) UV₂₅₄



(b) UV₂₅₄



(c) SUVA



(c) SUVA

Fig. 8. AMWD on the secondary effluent after biotreatment.

포별 DOC, UV₂₅₄, SUVA의 변화는 Fig. 9과 같다. 배양 초기의 분자량분포별 DOC변화는 LMW, MMW, HMW범위에서 각각 65, 29, 6%를 차지하였다. DOC 농도가 최저점에 도달한 3일 후에는 LMW, MMW, HMW에서 각각 57, 31, 12%이었고 10일 후에는

Fig. 9. AMWD on the final effluent after biotreatment.

LMW, MMW, HMW에서 각각 29, 38, 33%이었다. 따라서 방류수중의 용존유기물은 따라 LMW범위에서 감소한 반면 MMW, HMW범위에서는 증가하였다.

UV₂₅₄는 배양초기에는 LMW, MMW, HMW에서

각각 38, 45, 17%이었고, 3일 후의 LMW, MMW, HMW에서 각각 43, 50, 7%이었고 10일 후에는 LMW, MMW, HMW에서 각각 49, 40, 11%이었다. 방류수중에서의 UV₂₅₄는 시간경과에 따라 LMW범위에서 증가하였고 MMW, HMW범위에서 감소하였다. SUVA는 LMW, MMW범위에서 반응 3일까지는 증가하였으나 그 이후의 반응시간에서 감소하였고 HMW범위에서의 시간경과에 따라 점차 감소하였다.

IV. 결 론

본 연구는 J 하수처리장의 유입수, 1차처리수, 2차처리수, 방류수를 대상으로 용존유기물의 특성을 평가하기 위해 각 공정 및 분자량 분포에 따른 유기물의 생분해도 및 거동을 고찰하였다. 연구로부터 얻어진 결론은 다음과 같다.

1. 각 공정별 하수처리장의 유출수는 3~4일이내에 생분해가 이루어졌다. 전체 용존유기물에 대한 생물학적으로 분해가능한 유기물의 비율은 유입원수, 1차처리, 2차처리수, 방류수에서 각각 48, 21, 13, 11%로 공정을 통과하면서 점차 감소하였다.

2. J 하수처리장 유입수의 용존유기물은 저분자영역대에 가장 많이 분포하였고, 생분해도에 따른 하수처리공정별 유출수의 SUVA는 용존유기물의 친수성, 비방향족, 비휘발성을 대표하는 3 L/m · mg이하의 값을 나타내었다. 하수중의 용존유기물은 각 공정을 거치면서 고분자량범위의 용존유기물이 중 · 저분자량 범위의 용존유기물로 전환되었고 최종방류수중의 용존 유기물은 유입수의 약 52%가 제거되었다.

3. 생분해 후 시간경과에 따라 각 공정별 유출수중의 용존유기물은 저분자량영역대 분포가 감소하였고, 점차 고분자화되는 경향을 나타내었다. 생분해 후 유입수, 1차처리수, 2차처리수중의 UV₂₅₄는 주로 중분자량 범위에서, 방류수중의 UV₂₅₄는 저분자량 범위에서의 증가가 우세하였다.

참 고 문 헌

1) 환경부 : 하수도시설기준, 한국수도협회, 39, 1998.
 2) Van der Kooij, D. and Hijnen, W. M. : Measuring the Concentration of Easily Assimilable Organic

Carbon(AOC) in Water Treatment as a Tool for the Limiting Regrowth of Bacteria in Distribution Systems, Proceeding of the AWWA Water Quality Technology Conference, Houston, 729, 1985.
 3) Collins, M. S., Amy, G. L. and King, P. H. : Removal of Organic Matter in Water Treatment. *J. of Environ. Eng.*, **111**(6), 850, 1985.
 4) Huck, P. M. : Measurement of Biodegradable Organic Matter and Bacterial Growth Potential in Drinking Water, *J. of AWWA*, **82**(2), 78, 1990.
 5) Servais, P., Billen, G. and Hascoer, M. C. : Determination of the Biodegradable Fraction of Dissolved Organic Matter in Waters, *Wat. Res.*, **21**(4), 445, 1987.
 6) 윤재섭 : 자연수 및 음용수 중의 생물학적 분해가 능한 용존 유기탄소의 측정방법 개선에 관한 연구, 건국대학교 석사학위 논문, 55, 1995.
 7) Traina, S. J., Novak, J. and Smeck, N. E. : An Ultraviolet Absorbance Method of Estimating the Percent Aromatic Carbon Content of Humic Acids, *J. of Environmental Quality*, **19**, 151, 1990.
 8) Bartels, U. : Abschätzung der Organischen Kohlenstoffeinträge in Waldökosysteme durch Messung der UV-Absorption(254nm) im Niederschlagswasser, *J. Pflanzenernähr.*, **151**, 405, 1988.
 9) Thurman, E. M. : Organic Geochemistry of Natural Water, Martinus Nijhoff and Dr W. Junk Publishers, 67, 1985.
 10) Collins, M. S., Amy, G. L. and Steelink, C. : Molecular Weight Distribution, Carboxylic Acidity and Humic Substances Content of Aquatic Organic Matter (Implications for Removal during Water Treatment), *Environ. Sci. Technol.*, **20**(10), 1028, 1986.
 11) APHA, AWWA, WEF. : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater(19th edition), APHA, 9.31, 1995.
 12) Edzwald, J. K., Becker, W. C., and Wattier, K. L. : Surrogate Parameters for Monitoring Organic Matter and THM Precursors, *J. of AWWA*, **77**, 122, 1985.