

창원시 하천의 수질 및 미생물상 분석

김선아 · 김형혜 · 임병란¹ · 조광현² · 박희창² · 주우홍*

창원대학교 생물학과, ¹명지대학교 환경공학과, ²창원대학교 통계학과

Received January 12, 2006 / Accepted February 11, 2006

Characterization of Water Quality and Microbial Communities in Rivers in Changwon city. Sun-A Kim, Chung-Hye Kim, Byung-Ran Lim¹, Kwang-Hyun Cho², Hee-Chang Park² and Woo Hong Joo*. *Department of Biology, ²Department of Statistics, Chanwon National University, Changwon 641-773, ¹Department of Environmental Engineering, Myongji University, Yongin 449-728* – The diversity of bacterial populations in rivers flowing through Changwon City, was investigated using quinone profiling. The physicochemical properties such as temperature, pH, dissolved oxygen(DO), dissolved organic carbon (DOC) and biochemical oxygen demand (BOD) were also measured in this study. Ubiquinone (UQ)-8, UQ-9 and UQ-10 were observed in all samples for the sites investigated. UQ-8 was the predominant quinone species in rivers except for Namch'ŏn downstream, T'owolch'ŏn, and Kaumch'ŏngch'ŏn in autumn, while UQ-8 was also found as major quinones in the sample except for Hanamch'ŏn, T'owolch'ŏn, Kaumch'ŏngch'ŏn, and Namsanch'ŏn in winter. A higher concentration of DOC in rivers yield high concentration of plastoquinone (PQ-9) in autumn and those of total quinones in winter, respectively. Correlation analysis also indicate that BOD is considered to be a major factor controlling the concentration of PQ in rivers.

Key words – Quinone profile, microbial community structure, microbial diversity, Changwon city

미생물의 다양한 기능을 파악하는 것은 환경에서 주요한 분야이다. 특히 토양, 하천 하수, 오폐수처리계에서의 미생물상의 정확한 해석과 이들의 변동에 대한 정량적인 분석은 수처리, 환경정화, 환경복원 등의 분야에서 선행적으로 연구가 요구되고 있으며, 정화 및 처리 효과를 향상시키는데 있어서도 해결되어야 할 중요한 과제로 지적되고 있다. 그러나 미생물생태학적 측면에서 다양한 환경에서의 미생물에 대한 연구는 기술적인 난관이 많이 존재하고 있다. 실제로 하수, 오폐수처리계에서의 미생물을 분리 동정하고 이들의 동태를 정량적으로 조사하는 작업은 특히 미생물 종의 다양성, 미생물의 수적인 다양성 및 배양이 불가능한 균종의 존재 등의 이유로 실제로는 기술적인 어려움이 많다. 또한 미생물분류학의 발전에 수반하여 다양한 균종이 보고 되고 있으므로 미생물의 분리 동정을 기초한 미생물군집의 해석은 더욱 어려운 실정이다.

이러한 기술적인 난점을 극복하기 위해서는 분리, 배양 및 동정을 기초로 하는 고전적이고 일반적인 연구방법을 탈피하여 새로운 연구기법의 환경에서의 미생물 군집의 해석에 도입할 필요성이 대두되고 있다. 최근 미생물화학분류학과 분자생물학의 발전과 기술적인 진보 나아가 기기분석법의 발전과 분석기기의 발전과 사용에 있어서의 편리성 등에 힘입어 분리 동정의 과정 없이도 환경에 있어서의 미생물의 동

정 및 동태 파악이 가능하게 되었다. 특히 quinone profile을 이용한 기법과 핵산 probe를 이용한 특정 미생물의 검출과 이들에 대한 동태 해석 그리고 지방산 분석에 기초한 동태 해석은 최근 환경미생물학 및 환경공학에의 도입이 활발히 이루어지고 있다. 여기에서 quinone profile을 이용한 기법은 핵산 probe를 이용한 특정 미생물의 검출과 동태 해석 기법에 비하여 경제적이고 정량적이며 보다 많은 시료를 처리할 수 있는 이점이 있다[6,12-15]. Quinone은 다양한 균종에서 미생물분류학적인 측면에서 많이 연구되어 많은 정보가 축적되어 있으며[2], 환경 내에서 quinone분자종의 존재비율은 각종의 미생물분류군의 분포비율을 반영하고 있어 즉각적인 미생물 군집의 해석으로 연결될 수가 있다[4-8]. 또한 quinone분자종과 menaquinone 분자종의 존재비율은 혐기 또는 호기상태의 지표로서 처리조에서의 미생물상태를 알 수 있는 하나의 자료로 그 유용성이 입증되어 있다. Quinone profile을 이용한 해석기법은 미생물 동태, 군집의 해석 및 모니터링에도 이용할 수가 있으며[4,5,8], 현재까지 black box의 상태로 방치되어 있던 환경분야에서 미생물 동태해석, 군집해석 및 모니터링이 가능하며 이들을 기초로 하여 하수, 오폐수처리계의 최적 운전조건 확립 및 trouble shooting에도 크게 기여할 수 있을 것으로 기대된다. 또한 자연환경으로서의 하천에서의 정화작용에 대한 평가에도 적용할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 창원시 하천의 물리화학적 성상을 조사하고 quinone profile을 이용하여 미생물상을 해석하여 하천의 자정작용과 미생물 군집간의 관계를 조사하여 그 결과를 보고하고자 한다.

*Corresponding author

Tel : +82-55-279-7443, Fax : +82-55-279-7449

E-mail : whjoo@changwon.ac.kr

재료 및 방법

시료채취, 운반 및 보관

창원시를 흐르는 하천 10곳 (남천하류, 하남천, 남천, 창원천, 토월천, 가음정천, 남산천, 내동천, 창원천하류, 봉암교; Fig. 1)을 대상으로 하천수와 토양을 멸균된 bottle에 채취하여 냉장상태로 운반하였으며, 즉시 분석에 사용하였다. Quinone 분석용 시료는 -70℃에 보관 후 다음 실험에 사용하였다.

물리화학적 성상 조사

Biological oxygen demand(BOD), chemical oxygen demand (COD)는 Standard Methods[17] 또는 환경오염시험법[1]에 준하여 조사하였다. 이때 암모니아성 질소는 indophenol법, 질산성 질소는 부루신법으로 측정하였으며, dissolved organic carbon(DOC)는 TOC analyzer (Shimadzu, TOC-N csn, Japan)으로, dissolved oxygen (DO)는 DO미터(YSI, 85/10 FT, Japan)로 측정하였다.

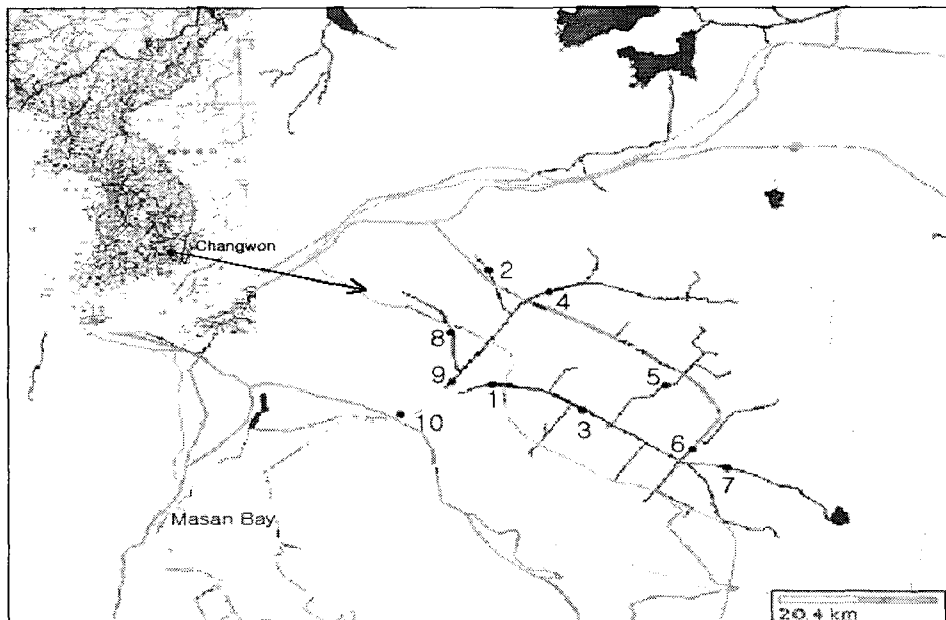
Quinone 분리 및 분석

시료내의 미생물 퀴논의 분석방법은 Hu 등[2]이 개발한 방법을 이용하였다. 30g 시료를 50ml 원심분리관에 넣고

20ml chloroform-methanol 혼합액(2:1, v/v)과 10ml의 증류수를 가하여 shaking하였다. Top layer(물층)은 버리고, middle과 bottom layer은 whatman No.2 filter로 여과하여 여과액을 모아 rotary evaporator로 거의 완전히 건조하여 잔액을 50ml 원심 tube에 옮기며 여기에 10ml 물을 첨가하고 20ml의 hexane으로 10분간 진탕하여 2번 추출을 시도하였다. 정제는 Sep-pak® Plus Silica cartridges(Waters, USA)를 사용하여, 추출액을 loading하여 일정한 flow rate로 menaquinone (MK)계통은 2% diethylether in hexane으로 ubiquinone (UQ) 계통은 10% diethylether in hexane으로 용출하여 분리 정제하였다. HPLC 분석에서는 photodiode array detector (SPD-M10A, Shimadzu, Japan)와 ODS컬럼 (Zorbax-ODS, 4.6(I.D.) × 250mm, Kanto Chemical Co., Japan)을 이용하여 분석하였다[3]. 이동상은 methanol : isopropyl ether (9 : 2 v/v)을 사용하여 분석하였다. 본 연구에서는 isoprenoid 측쇄의 길이 n 에 따라서 UQ-n과 MK-n 으로 각각 표시하였으며, 수소화된 MK과 UQ은 각각 UQ-n(Hx)와 MK-n(Hx)로 나타내었으며 x는 측쇄에 포화된 수소원자의 수를 나타낸다[16].

수치해석

미생물군집의 상이성은 quinone profile data의 해석으로



- | | |
|-----------------------|----------------------------|
| 1 Namch'ön downstream | 6 Kaumchöngch'ön |
| 2 Hanamch'ön | 7 Namsanch'ön |
| 3 Namch'ön | 8 Naedongch'ön |
| 4 Changwonch'ön | 9 Changwonch'ön downstream |
| 5 T'owolch'ön | 10 Bongamkyo |

Fig. 1. The map of Changwon city showing the location of sampling sites.

결정하였다. 나아가 경시적이고 공간적인 미생물상의 변화에 대한 정량적인 평가를 위하여 2가지 microbial divergence index(DQ), microbial equabilities(EQ) 그리고 dissimilarity index(D)를 사용하여 객관적인 수치해석을 행하였다.

Microbial divergence index(DQ)는 다음 계산식으로 결정하였다.

$$DQ = \left(\sum_{k=1}^n \sqrt{f_k} \right)^2$$

이때 $f_k \geq 0.001$, f_k 는 total quinone content(1으로 함)에 대한 quinone homolog k의 함량의 분자비율이다. 이들은 quinone 분자종에 따른 미생물 다양성(microbial diversity)을 나타낸다.

Microbial equabilities(EQ)는 다음 계산식으로 결정하였다.

$$EQ = DQ / n \quad [9]$$

Dissimilarity index는 다음 계산식으로 결정하였다.

$$D(i,j) = 1/2 \sum_{k=1}^n |P_{ki} - P_{kj}|$$

$P_{ki}, P_{kj} \geq 0.01, \sum x_{ki} = \sum x_{kj} = 100, P_{ki}$ 과 P_{kj} 는 시료 i 와 시료

j 에서의 quinone 유사체 k 의 level(moles percent)을 의미한다. D 는 시료에서의 군집구조의 상이점의 indicator로서 이용된다. D 값에 기초한 dendrogram을 Treeview program (spss 10.0 K)를 사용하였다.

상관분석

Data간의 상관분석은 Spearman법에 준하여 행하였다[3].

결 과

하천수질의 물리 화학적 성질

가을철 창원시하천의 물리화학적 특성은 Table 1에 나타내었고 겨울철의 물리화학적 특성은 Table 2에 제시되어 있다. 전 조사지점의 가을 수온은 16.8℃~22℃의 분포를 보이고, DO는 2.06ppm~11.9ppm, pH는 7~8, DOC는 0.50ppm~11.20ppm, BOD는 2.1ppm~10.6ppm, CODcr은 6.0ppm~32.2ppm, NO₃-N은 0.1ppm~6.1ppm, NH₄-N은 1.2ppm~13.9ppm의 분포를 보였고, DO의 최고치 값을 보이는 곳은 남산천이었고 pH는 측정치가 비슷했으며, DOC는 남천, BOD는 내동천, CODcr은 남천, NO₃-N은 내동천, NH₄-N은 창원천이 최고치 값을 보였다. 겨울 수온은 6.4℃~12.1℃, DO는 5.3ppm~14.9ppm, pH는 7.7~8.2, DOC는 0.3ppm~11ppm, BOD는 1.8ppm~20.1ppm, CODcr은 6.8ppm~

Table 1. Physicochemical characteristics of rivers in autumn.

	Temp.(℃)	DO(mg/l)	pH	DOC	BOD	CODcr	NO ₃ -N	NH ₃ -N
Namch'ön downstream	19.0	8.29	8.0	0.92	5.0	32.0	0.3	5.2
Hanamch'ön	16.8	6.0	8.4	1.8	9.2	19.1	0.1	4.0
Namch'ön	20.4	9.1	8.6	11.2	4.8	32.2	0.4	8.7
Changwonch'ön	17.6	7.9	8.5	1.1	3.6	18.6	0.2	13.9
T'owolch'ön	22.0	6.1	8.3	3.6	7.3	29.0	1.2	1.2
Kaumchöngch'ön	20.1	3.4	7.4	0.78	6.0	20.2	2.1	1.4
Namsanch'ön	17.4	11.9	7.6	0.8	2.1	6.0	0.5	4.8
Naedongch'ön	18.6	2.06	8.1	6.9	10.6	26.2	6.1	5.3
Changwonch'ön downstream	18.8	3.0	7.0	0.52	5.0	22.2	1.1	1.5
Bongamkyo	19.2	8.0	7.4	6.4	8.9	20.6	1.9	3.0

Table 2. Physicochemical characteristics of rivers in winter.

	Temp.(℃)	DO(mg/l)	pH	DOC	BOD	CODcr	NO ₃ -N	NH ₃ -N
Namch'ön downstream	6.9	8.8	8.0	5.5	8.9	43.8	11.7	6.9
Hanamch'ön	9.2	9.0	8.2	4.7	1.8	6.8	14.7	3.7
Namch'ön	10.4	14.9	7.7	3.7	19.0	43.6	10.2	5.0
Changwonch'ön	6.4	12.7	8.0	5.0	3.4	29.0	12.2	3.7
T'owolch'ön	9.2	9.2	7.8	11.0	9.3	137.8	24.5	24.1
Kaumchöngch'ön	10.4	7.5	8.1	5.4	12.3	37.8	9.8	9.1
Namsanch'ön	9.7	6.5	8.0	6.3	8.5	19.8	19.5	3.5
Naedongch'ön	11.3	5.3	8.1	6.7	20.1	55.4	11.0	11.0
Changwonch'ön downstream	7.1	8.8	8.2	1.5	8.1	154.4	8.5	17.4
Bongamkyo	6.4	12.7	8.0	5.0	3.4	29.0	15.2	3.7

154.4ppm, NO₃-N은 8.5ppm~24.5ppm, NH₄-N은 3.5ppm~24.1ppm의 분포를 보였다. DO는 남천이, DOC는 토월천이, BOD는 내동천이, 그리고 CODcr은 창원천 하류가 최고 값을 보였다. NO₃-N, NH₄-N는 모두 토월천이 최고값을 보였고 pH는 가을과 비슷한 측정값을 나타내었다. 가을철과 겨울철에 하남천이 상대적으로 깨끗한 편이었으며 가을에는 내동천과 창원천이 질소화합물에 의해 오염되어 있었다. 겨울에는 토월천이 가장 많은 질소 화합물의 유입이 심함이 확인되었으며, 다음으로 창원천 하류, 내동천 그리고 남산천에서 심함이 확인되었다. 가을철에는 남천, 내동천, 봉암교의 순서로 유기물에 의한 오염이 심하였으며 겨울철에는 토월천에서 유기물에 의한 오염이 다소 높음이 확인되었다.

Quinone 조성

가을철 퀴논 분석 결과는 Table 3에, 겨울철 퀴논 분석은 Table 4에 제시되어 있다. 가을철 퀴논 분석 결과에서 남천 상류와 창원천 상류, 토월천, 남산천을 제외한 나머지 하천에서 거의 대부분의 ubiquinone과 menaquinone 그리고 plastoquinone(PQ)이 조사되었고 겨울철 퀴논 분석 결과에서는

남천 하류와 토월천, 가을정천, 내동천을 제외한 나머지 하천에서 비교적 적은 mole fraction값이 조사되었다. Ubiquinone과 menaquinone 중에서 UQ-8, UQ-9, UQ-10 그리고 MK-7은 계절 관계없이 거의 모든 하천에서 조사되었다. MK-8은 가을철에는 다소 관찰되었으나 겨울철에는 많은 하천에서 관찰되지 않았고, MK-9, MK-10, MK-8(H₂), MK-9(H₂), MK-10(H₂), MK-8(H₄), MK-9(H₄), MK-10(H₄), MK-9(H₆) 등은 희소함을 알 수 있었다. Total quinone의 총농도는 미생물의 농도를 의미하며 가을철에는 남산천, 남천하류, 창원상류, 창원하류, 하남천, 내동천, 남천상류, 봉암교, 토월천 순으로 미생물이 많이 존재하였으며 겨울철에는 남산천, 남천하류, 봉암교, 내동천, 창원하류, 가을정천, 토월천, 남천상류, 창원상류, 하남천 순으로 미생물이 많이 존재하고 있음이 확인되었다.

Quinone분석 결과를 토대로 한 상관분석에서 가을철의 all total quinone과 DOC변수 사이에서 Fig. 2에 나타난 것과 같이 -0.6의 상관계수를, PQ-9변수와 DOC 변수 사이에서 0.6의 상관계수를 보여주며, all total quinone과 BOD변수 사이에서 Fig. 3에서와 같이 -0.669의 상관계수가, PQ-9과 BOD 변수 사이에서 Fig. 3 과 같이 0.669의 상관계수를 나타냄을

Table 3. Composition of quinones (mole fraction) of rivers in autumn.

	Namch'ŏn down stream	Hanam ch'ŏn	Namch'ŏn	Changwo nch'ŏn	T'owol ch'ŏn	Kaumchŏng ch'ŏn	Namsan ch'ŏn	Naedong ch'ŏn	Changwon ch'ŏn down stream	Bongamkyo
Ubiquinones										
UQ-8	0.027	0.398	0.357	0.345	0.015	0.059	0.520	0.299	0.295	0.228
UQ-9	0.136	0.182	0.205	0.144	0.215	0.081	-	0.070	0.119	0.124
UQ-10	0.143	0.075	0.126	0.155	0.009	0.021	0.160	0.134	0.155	0.148
Menaquinones										
MK-6	0.065	0.039	0.112	-	-	0.045	-	0.114	0.078	0.067
MK-7	0.106	0.052	0.047	0.117	-	0.199	-	0.124	0.094	0.106
MK-8	0.149	0.039	-	0.147	-	0.022	0.320	0.074	0.051	0.058
MK-9	0.017	-	-	-	-	-	-	0.008	0.013	0.010
MK-10	0.034	-	-	-	-	0.091	-	0.019	0.022	0.019
MK-8(H ₂)	0.029	0.033	-	-	0.165	0.224	-	-	0.005	0.006
MK-9(H ₂)	0.035	0.051	-	-	-	0.017	-	0.009	0.020	0.027
MK-10(H ₂)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MK-8(H ₄)	0.136	0.036	-	-	-	0.079	-	0.028	0.030	0.022
MK-9(H ₄)	0.025	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MK-10(H ₄)	0.031	-	-	-	-	0.043	-	-	0.012	0.026
MK-9(H ₆)	-	-	-	-	-	-	-	-	0.010	0.005
PQ-9	0.066	0.096	0.152	0.093	0.596	0.120	-	0.120	0.096	0.155
UQ Total	0.306	0.655	0.689	0.643	0.239	0.160	0.680	0.503	0.569	0.449
MK Total	0.628	0.250	0.159	0.264	0.165	0.720	0.320	0.377	0.334	0.346
UQ/MK ratio	0.488	2.624	4.337	2.437	1.446	0.222	2.128	1.337	1.702	1.445
Content (umol/kg-wet)	0.185	0.044	0.099	0.023	0.082	0.086	0.014	0.706	0.863	0.221
Major quinone	MK-8	UQ-8	UQ-8	UQ-8	PQ-9	MK-8(H ₂)	UQ-8	UQ-8	UQ-8	UQ-8
All Total	0.934	0.904	0.848	0.907	0.404	0.880	1.000	0.880	0.904	0.845

Table 4. Composition of quinones (mole fraction) of rivers in winter.

	Namch'ŏn down stream	Hanam ch'ŏn	Namch'ŏn	Changwon ch'ŏn	T'owol ch'ŏn	Kaumch'ŏn gch'ŏn	Namsan ch'ŏn	Naedong ch'ŏn	Changwon ch'ŏn down stream	Bongamkyo
Ubiquinones										
UQ-8	0.535	0.102	0.398	0.320	0.040	0.024	0.382	0.395	0.396	0.381
UQ-9	0.128	0.201	0.160	0.115	0.053	0.053	-	0.062	0.139	0.320
UQ-10	0.162	0.040	0.209	0.103	0.024	0.015	0.193	0.029	0.125	0.214
Menaquinones										
MK-6	0.048	0.046	-	0.104	0.040	0.058	-	0.342	0.114	0.013
MK-7	0.029	0.068	0.050	0.131	0.118	0.146	0.425	0.041	0.111	0.028
MK-8	0.017	-	-	-	0.082	0.064	-	0.016	-	-
MK-9	0.003	-	-	-	0.386	0.284	-	0.007	-	-
MK-10	0.013	-	-	-	-	-	-	0.003	-	-
MK-8(H ₂)	0.001	-	-	-	0.082	0.131	-	-	-	-
MK-9(H ₂)	0.005	-	-	-	-	0.037	-	0.009	-	-
MK-10(H ₂)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MK-8(H ₄)	0.019	-	-	-	-	-	-	0.003	-	-
MK-9(H ₄)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MK-10(H ₄)	0.004	-	-	-	-	0.047	-	0.003	-	-
MK-9(H ₆)	0.004	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PQ-9	0.032	0.053	0.182	0.226	0.175	0.140	-	0.090	0.114	0.044
UQ Total	0.825	0.343	0.538	0.538	0.118	0.092	0.575	0.485	0.660	0.915
MK Total	0.175	0.657	0.462	0.462	0.882	0.908	0.425	0.514	0.340	0.085
UQ/MK ratio	4.71	0.52	1.17	1.17	0.13	0.10	1.35	0.94	1.94	10.08
Content (umol/kg-wet)	1.105	0.020	0.028	0.028	0.066	0.111	0.009	5.029	0.636	0.114
Major quinone	UQ-8	PQ-9	UQ-8	UQ-8	MK-9	MK-9	MK-7	UQ-8	UQ-8	UQ-8
All Total	0.968	0.457	0.818	0.774	0.825	0.860	1.000	0.910	0.886	0.956

알 수 있었다. 이는 all total quinone과 DOC변수 사이, BOD 변수 사이에 상관관계가 있으며 PQ-9와 DOC변수, BOD변수 사이에 상관관계가 있음을 나타낸다. 겨울철의 all total quinone과 DOC변수 사이에서 Fig. 4 에서와 같이 0.612의 상관계수가, PQ-9과 DOC변수 사이에서 Fig. 4 에서와 같이 -0.612의 상관계수를 나타냈다. 이는 all total quinone, PQ-9와 DOC변수 사이에 상관관계가 있음을 보여준다.

고 찰

수질은 하천에서의 미생물 생육에 영향을 미쳐 미생물 군집을 변화시키므로 quinone함량과 농도에도 영향을 미친다. Quinone profile 방법을 이용하여 창원시 하천의 미생물상을 조사한 결과, 우점 퀴논은 UQ-8이었으며 *Pseudomonas* sp., *Comamonas* sp. 와 *Acinetobacter* sp. 등에 해당하는 미생물이 창원시 하천에 주로 존재하며 정화 능력을 가지고 있는 것으로 사료되나 차후 자세한 연구가 요망된다[6,9]. 그리고 Fig. 2~4에서와 같이 하천에서의 요인 또는 변수에 대한 조사결과를 토대로 이들의 상관관계를 분석한 결과 전체적으로

DOC가 높으면 total quinone도 높은 경향을 보이고 있었으며 또한 DOC에 따라 PQ-9의 농도가 증가하는 경향이 확인되었고, 특히 가을철에는 PQ-9과 DOC간에 현저한 유의성을 보이고 있었다. BOD도 DOC와 같이 PQ-9의 농도에 밀접한 상관관계가 있음이 확인되었다. 겨울철에 DOC와 total quinone은 보다 상관관계가 있었다.

Ubiquinone의 mole fraction은 가을철에 0.16에서 0.69의 범위에 있었고 겨울철에는 0.09에서 0.9의 범위에 있어 ubiquinone이 우점종이었으나 다소의 경우 MK과 PQ-9이 우점종인 하천도 있음이 확인되었다. 광합성 세균이 가지고 있는 PQ-9은 가을철에는 토월천에서 겨울철에는 창원천 상류에서 많이 관찰되었다. UQ/MK비는 호기적 또는 혐기적인 미생물의 조성을 나타내며 가을철에는 가을정천, 남천하류의 순으로 혐기적 미생물이 많이 존재하고 있었다. 겨울철에는 가을정천, 토월천 순으로 혐기적 미생물이 많이 존재하고 있었다. 그러므로 상기 언급된 하천의 예에서는 주로 호기적 호흡을 하는 미생물이 우점종으로 존재하고 있다고 판단된다. 특히 가을철에는 남천상류, 하남천, 창원천 상류에서 호기적 미생물이 다수 존재하나 겨울철에는 봉암교, 남천하류에서

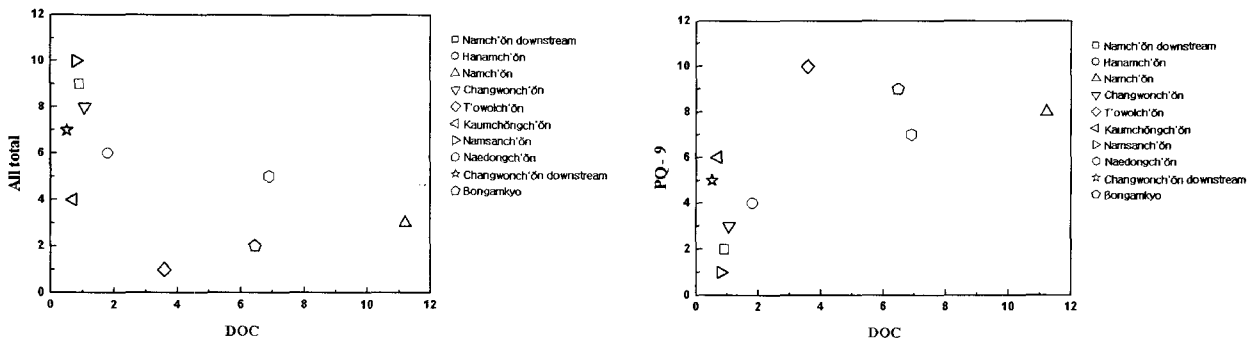


Fig. 2. Correlation between dissolved organic carbon (DOC) and quinone concentration in rivers in autumn.

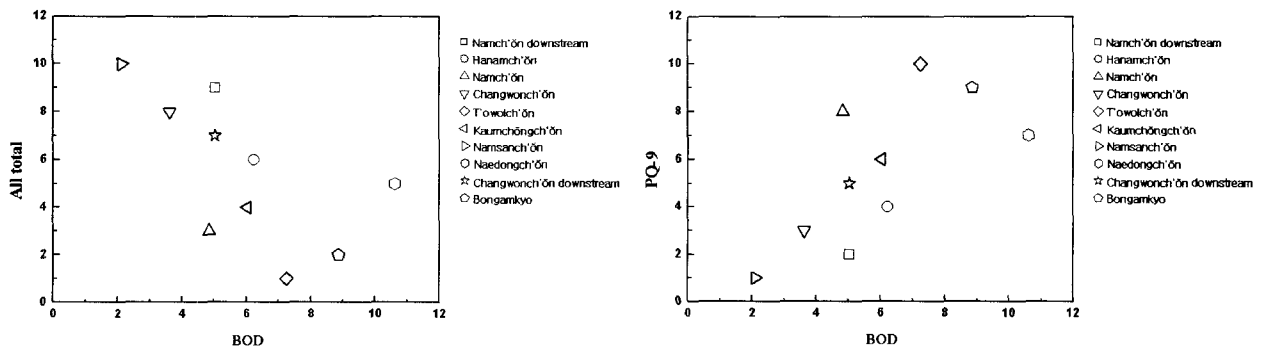


Fig. 3. Correlation between biochemical oxygen demand (BOD) and quinone concentration in rivers in autumn.

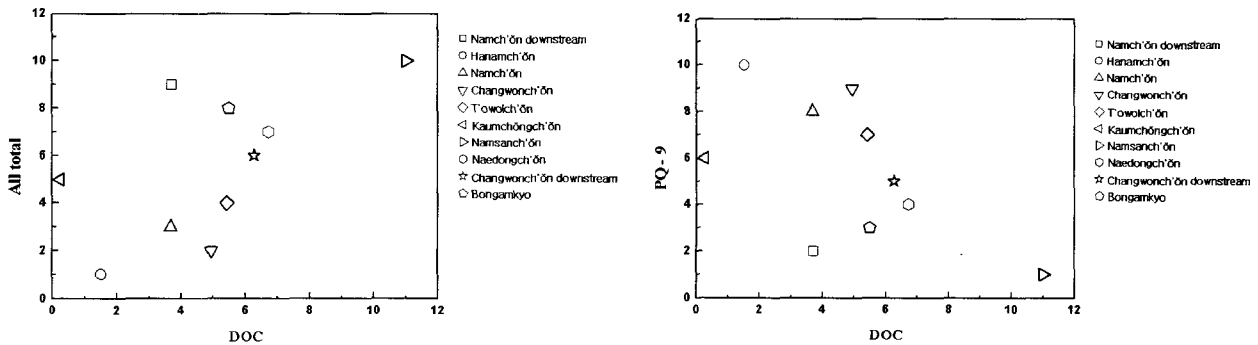


Fig. 4. Correlation between dissolved organic carbon (DOC) and quinone concentration in rivers in winter.

다수 존재하고 있었다.

미생물 다양성 (DQ)은 계절별로 Table 5와 6에 정리되어 있다. 가을철 DQ는 2.85에서 12.34의 범위에, 겨울철 DQ는 2.92에서 9.39의 범위에 있음이 확인 되었다. Heterotropic 세균의 다양성을 반영하고 있는 DQ_{uq+mk} 는 가을에는 남천하류, 봉암교, 겨울에는 가을정천, 토월천, 남천하류의 순으로 나타났다. 미생물 equitabilities(EQ)도 Table 5와 Table 6에 정리되어 있다. EQ는 최대 1로서 가을철에는 남천하류, 봉암교, 창원천 하류의 순으로, 겨울철에는 가을정천, 토월천, 남천하류의 순으로 나타났다.

Quinone조성에 기초한 비유사도에 기초하여 dendrogram을 작성한 결과는 Fig. 5, 6과 같다. 가을철에는 total

quinone에 기초하면 토월천은 다른 하천과 많이 상이하였고 다른 하천들은 거의 유사한 것을 확인할 수 있었다. total ubiquinone에 기초하면 토월천, 남천하류, 가을정천이 유사하였으며 total menaquinone에 기초하면 남천하류와 가을정천이 유사하였다. 겨울철에서는 total quinone에 기초하면 하남천이 매우 상이하였고, total ubiquinone에 기초하면 하남천, 창원천 상류, 남산천, 내동천, 창원천 하류가 유사하였다. 또한 total menaquinone에 기초하면 가을정천과 토월천이 유사하였다.

가을 하천에 대한 유기화합물의 부하는 내동천, 남천, 하남천등에서 많았으나 자생미생물에 의한 정화작용이 정상적으로 일어나고 있음을 확인할 수 있었으며, 내동천은 다소

Table 5. Microbial diversity (DQ) and equability(EQ) in autumn.

	Namch'ŏn down stream	Hanam ch'ŏn	Namch'ŏn	Changwon ch'ŏn	T'owol ch'ŏn	Kaumchŏng ch'ŏn	Namsan ch'ŏn	Naedong ch'ŏn	Changwon ch'ŏn down stream	Bongamkyo
DQuq	0.889	1.958	2.333	2.038	1.149	0.511	1.258	1.576	1.189	1.743
DQmk	5.881	1.643	0.359	0.580	0.409	5.498	0.320	2.404	3.078	3.355
EQ	0.881	0.584	0.394	0.408	0.247	0.739	0.203	0.634	0.759	0.774
DQ	12.34	8.17	5.51	5.71	3.46	10.35	2.85	8.87	10.63	10.83

Table 6. Microbial diversity (DQ) and equability(EQ) in winter.

	Namch'ŏ n down stream	Hanam ch'ŏn	Namch'ŏn	Changwo nch'ŏn	T'owol ch'ŏn	Kaumchŏn g ch'ŏn	Namsan ch'ŏn	Naedong ch'ŏn	Changwo nch'ŏn down stream	Bongamkyo
DQuq	2.298	2.052	2.712	1.943	0.418	0.301	1.118	1.202	2.077	2.833
DQmk	1.138	0.492	0.061	0.607	3.650	5.535	0.425	1.759	0.509	0.083
EQ	0.528	0.339	0.327	0.407	0.536	0.671	0.209	0.487	0.400	0.326
DQ	7.40	4.75	4.58	5.70	7.51	9.39	2.92	6.83	5.60	4.56

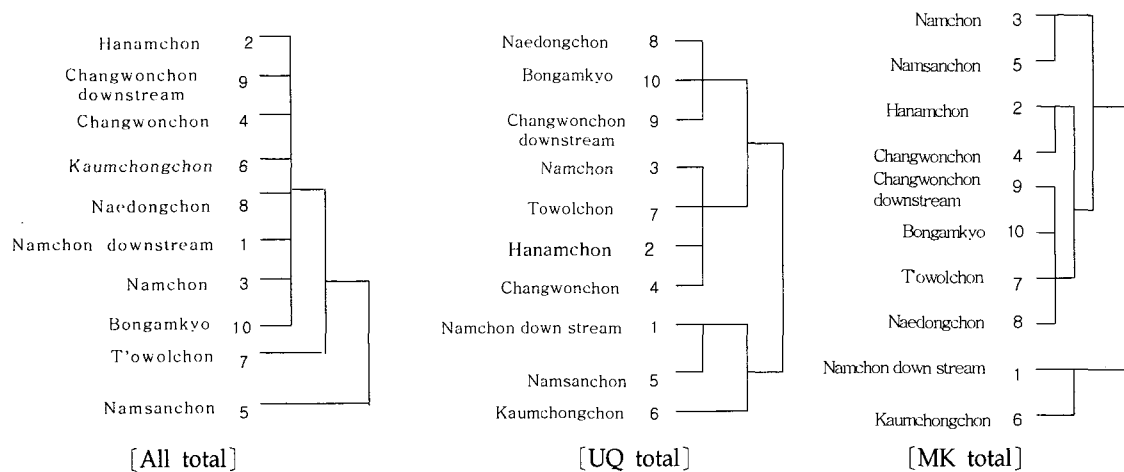


Fig. 5. Classification of the quinone profiles based on dissimilarity(D) in autumn.

혐기적 미생물의 작용으로 처리되며 하남천과 남천상류는 주로 호기적인 미생물의 작용으로 정화되고 있음을 알 수 있었다. 겨울 하천에서의 유기 화합물의 자정작용은 가을과 비교하여 전체적으로 호기성 미생물의 활동이 둔화되는 관계로 혐기적인 호흡의 비중이 높아지는 경향이 나타났다. 이상의 결과에서 하천에서의 미생물상의 해석을 통하여 자정작용을 평가할 수 있으며 data 축적시에는 자정 작용의 개선에도 도움이 될 것으로 기대된다.

요 약

창원시 주요하천의 미생물군집의 다양성을 quinone pro-

file 방법을 이용하여 분석하였다. 그리고 온도, pH, 용존산소(DO), 용존탄소(DOC)와 화학적 산소 요구량(BOD)등 물리 화학적 성상도 조사하였다. Ubiquinone UQ-8, UQ-9, UQ-10은 모든 조사 하천에서 관찰되었다. UQ-8은 가을의 남천하류, 토월천, 가음정천을 제외한 모든 하천에서 주요 퀴논 분자종이었으며, 겨울철에는 하남천, 토월천, 가음정천과 남산천을 제외한 하천에서 역시 주요 퀴논 분자종임이 확인되었다. DOC가 높을수록 가을철에는 plastoquinone(PQ-9)의 농도가 높았으며, 겨울에는 total quinone의 농도가 높았다. 상관분석 결과 BOD도 하천의 PQ농도를 좌우하는 주요 요인으로 확인되었다.

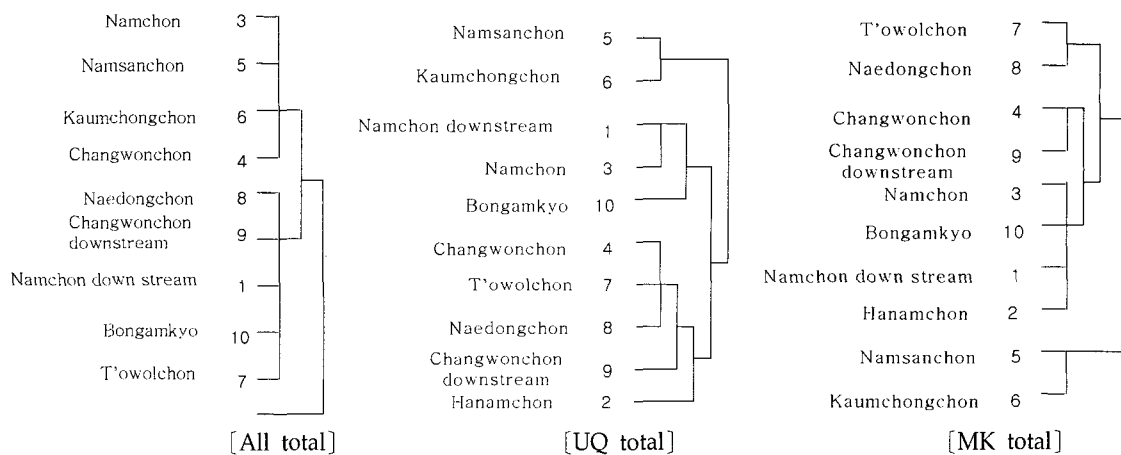


Fig. 6. Classification of the quinone profiles based on dissimilarity(D) in winter.

감사의 글

이 논문은 2004년도 경남환경기술개발연구센터 연구비에 의하여 수행된 결과로 연구비 지원에 감사드립니다.

참고 문헌

1. APHA. 1992. *Standard methods for the examination of water and wastewaters*. 17th eds. American Public Health Association. Washington, DC.
2. Collins. M. D. and D. Jones. 1981. Distribution of isoprenoid quinone structural types in bacteria and their taxonomic implications. *Microbial Rev.* **45**, 316-354.
3. Hiraishi, A., Y. Ueda and I. Junko. 1998. Quinone profiling communities in natural and synthetic sewage activated sludge for enhanced phosphate removal. *Appl. Environ. Microbiol.* **64**(3), 992-998.
4. Hiraishi, A. 1999. Isoprenoid quinones as biomarkers of microbial populations in the environment. *J. Biosci. Bioeng.* **88**, 449-460.
5. Hiraishi, A., Y. Yamanaka and T. Narihiro. 2000. Seasonal microbial community dynamics in a flowerpot-using personal composting system for disposal of household biowaste. *J. Gen. Appl. Microbiol.* **46**, 133-14.
6. Hiraishi, A., H. Miyakoda, B.-R. Lim, H.-Y. Hu, K. Fujie and J. Suzuki. 2001. Toward the bioremediation of dioxin polluted soil: structural and functional analyses of *in situ* microbial populations by quinone profiling and culture-dependent methods. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* **57**, 248-256.
7. Hiraishi, A., M. Iwasaki, T. Kawagishi, N. Yoshida, T. Narihiro and K. Kato. 2003. Significance of lipoquinones as quantitative biomarkers of bacterial populations in the environment. *Microbes Environ.* **18**, 89-93.
8. Hiraishi, A., T. Narihiro and Y. Yamanaka. 2003. Microbial community dynamics during start-up operation of flowerpot-using fed-batch reactors for composting of household biowaste. *Environ. Microbiol.* **5**, 765-776.
9. Hu, H.-Y., K. Fujie, H. Nakagome, K. Urano and A. Katayama. 1999. Quantitative analyses of the change in microbial diversity in a bioreactor for wastewater treatment based on respiratory quinones. *Water Res.* **33**(15), 3263-3270.
10. Hu, H.-Y., K. Fujie and K. Urano. 1999. Development of a novel solid phase extraction method for the analysis of bacterial quinones in activated sludge with a higher reliability. *J. Biosci. Bioeng.* **87**(3), 378-382.
11. Katayama, A., K. Funasaka and K. Fujie. 2002. Changes in the respiratory quinone profile of a soil treated with pesticides. *Biol. Fertil. Soils* **33**, 454-459.
12. Kunihiro, T., H.-Y. Hu, B.-R. Lim, N. Goto and K. Fujie. 2002. Analysis of the differences in microbial community structures between suspended and sessile microorganisms in rivers based on quinone profile. *J. Gen. Appl. Microbiol.* **48**, 35-41.
13. Kurisu, R., Satoh, T. Mino and T. Matsuo. 2002. Microbial community analysis of thermophilic contact oxidation process by using ribosomal RNA approaches and the quinone profile method. *Water Res.* **36**, 429-438.
14. Lim, B. R., K. H. Ahn and K. G. Song. 2002. Characterization of microbial community in an intermittently aerated submerged membrane bioreactor treating domestic wastewater using quinone profiles. *대한환경공학회지*. **24**, 2101-2109.
15. Lim, B.-R., H.-Y. Hu, X. Huang and K. Fujie. 2002. Effect of seawater on the treatment performance and microbial population in a biofilter treating coke-oven wastewater. *Process Biochem.* **37**, 943-948.
16. Lim, B. R., K. H. Ahn and K. Fujie. 2003. Microbial community structure in the soils contaminated by dioxins using quinone profiles. *대한환경공학회지*. **25**, 1283-1288.
17. 환경부. 1996. 수질오염, 폐기물, 토양오염 공정시험법. 동화기술