

수공구조물이 하천환경에 미치는 영향에 관한 연구(II) : 수질 및 생태학적특성

안 승 섭·최 윤 영·이 수 식*

경일대학교 공과대학 도시정보지적공학과·*경도대학 토목환경과

**울산과학대학 토목환경과

(2001년 8월 7일 접수; 2002년 3월 28일 채택)

A Study on Effects of Hydraulic Structure on River Environment(II) : Water Quality and Ecological Characteristics

Seung-Seop Ahn, Yun-Young Choi and Soo-Sik Lee

Dept. of Urban Information & Cadastral Eng., Kyungil University, Daegu 712-701, Korea

*Dept. of Civil & Environmental Eng., Kyongdo Provincial College, Kyungpook 757-800, Korea

**Dept. of Civil & Environmental Eng., Ulsan College, Ulsan 680-749, Korea

(Manuscript received 7 August, 2001; accepted 28 March, 2002)

In this study, water protection reservoir is selected as the target which is located at the estuary of Taehwa river to analyze and examine the effects of hydraulic structure on river environment. This study examined the water quality variation characteristics among many effects of hydraulic structure on river environment before and after removal of the sediment protection reservoir when low flow is yielded. This study aims at the definition of factors which cause the change of ecological environment of river due to the effects of the sediment protection reservoir, and the proposal of the direction of environmental friendly river space development through the comparison of stream variation conditions(depth, velocity, and etc.) and riverbed variation characteristics with ecological depth condition of Taehwa-river's channel for each representative species of fish and examination those.

Firstly, from the examination result of water quality when low flow is yielded before and after removal of the sediment protection reservoir for problems about water quality of river due to flow amount decrease in river, it is found that DO decreases about 0.78~0.86ppm at the lower stream of Myeongchon-gyo, and BOD decreases about 0.06~0.24ppm from right upper stream to the direction of estuary when the sediment protection reservoir is removed. It is known from the above that there is some improvement of water quality from the lower stream of Taehwa-gyo to the estuary in case of removal the sediment protection reservoir.

Nextly, it is thought that the effects on ecosystem due to water depth and draw down in channel is not serious on the basis of the examination of water quality analysis result according to removal of sediment protection reservoir and hydraulic depths for reservation of ecosystem, these are 10~40cm for breeding season, 10~50cm for fry period, and 10~100cm for adult period of the representative species of fish in Korea.

Key word : sediment protection reservoir, hydraulic structure, water quality variation characteristics, ecological depth

Corresponding Author ; Seung-Seop Ahn, Dept. of Urban
Information & Cadastral Eng., Kyungil University, Daegu
712-701, Korea
Phone : +82-53-850-7314
E-mail : ahnsoo@bear.kyungil.ac.kr

1. 서 론

도시를 관류하거나 도시주변을 통과하는 하천의
주변에는 생산시설을 포함한 집단 주거시설 등이
밀집하게 됨으로써 도시민의 휴식 및 생활공간으로

서 매우 중요한 공간적인 역할을 담당하고 있다. 특히 도시를 관류하는 하천은 국지적인 집중호우로 인해 극심한 피해가 발생하며, 하도의 직강화(直江化)로 홍수도달시간이 짧고, 많은 토사가 하류로 운반되어 퇴적됨으로서 둔치가 많이 발생한다는 특성이외에도 상수도 정비에 의한 취수량 증가, 도로포장을 증가에 따른 지하유입수량 감소와 하수도 정비에 의해 평상시의 수량이 감소하게 됨은 물론 하수도 정비가 미흡한 지역에서는 생활오수의 유입에 의해 수질이 악화되는 특성을 가지고 있다.

지금까지는 하천개수 및 하천정비를 할 경우에 도시의 균형 개발과 치·이수 관점에서 하천 부지 내에 교량이나 보(淤) 등과 같은 많은 수공구조물을 시설하고 있는 실정이다. 그러나 하천 본래의 기능인 치수·이수·환경기능을 제고시키기 위해서는 친수환경을 고려한 조화로운 개발과 관리 즉, 하천공간을 포함하는 주변의 자연환경 및 사회환경을 조성하고 지역실정에 맞는 유익한 활용방안의 수립이 필요한 실정이다.

하천의 3대 기능(치수·이수·환경기능)을 세분하면 수운·어업·경관·동식물 보호(생태계)·수질보전·염해방지·하구막힘의 방지·하천관리시설의 보호·하천변 지하수위의 유지 기능과 같이 9대 기능으로 구분할 수 있다. 그러나 최근에는 급격한 도시화의 영향으로 인하여 도시주변의 하천은 수질이 악화되어 하천의 유지관리가 중요한 문제로 부각되고 있으므로 하천 고유의 정상적인 기능을 유지할 수 있는 수량을 확보할 필요성이 있다.

최근 이러한 도시하천의 특성으로 인하여 오염화·건천화가 심화되면서 친환경적 이용에 대한 사회적 관심이 고조되고 있고, 하천의 자족적인 생태순환과정이 이루어질 수 있고, 생명이 있는 하천으로의 복원에 대한 사회적 관심도가 높아지고 있는 실정이다.

일반적인 하도의 수질변동이나 개선에 관한 연구는 주로 수질보전을 위한 유지유량 산정 방법의 개발 및 적용에 관하여 Brown and Barnwell¹⁾과 일본 건설성²⁾등의 연구와 김규호, 우효섭 등³⁻⁵⁾, 서동일⁶⁾, 전경수, 이길성⁷⁾ 및 박노삼, 이수식, 안승섭⁸⁾ 등에 의해 연구된바 있으며, 실제적으로 수공구조물의 영향으로 인한 수질변동에 관한 연구는 이병호, 조홍제 등⁹⁾과 이수식, 안승섭 등^{10,11)}에 의한 연구보고가 있었으나 극히 미비한 실정이다. 또한 하천의 생태계보전에 관한 연구는 Karr and Schlosser¹²⁾, Swales and O'Hara¹³⁾, Lowrance and Leonard¹⁴⁾, Gardiner¹⁵⁾, 玉井信行 등¹⁶⁾에 의한 연구와 최기철^{17,18)}, 권오섭¹⁹⁾, 양홍준과 채병수²⁰⁾, 최정권²¹⁾, 박종화, 조

용현²²⁾, 안승섭, 박상현²³⁾ 등에 의한 연구가 진행된 바 있으나 최근에는 자연환경회복에 관한 관심이 집중되면서 활발히 연구가 진행되고 있는 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 1986년부터 1987년까지 2년간에 걸쳐서 현대자동차(주)의 수출전용부두 토사유입방지와 해수의 역류방지, 공업용수 확보 및 골재채취 등을 목적으로 울산광역시 중구 명촌교 하류의 대화강 하류부에 총연장 600m, 폭 1m로 건설되어 있는 방사보를 대상으로 하여 수공구조물이 수질 및 하천의 생태환경에 미치는 영향을 분석·검토함으로써, 친환경적인 하천공간개발의 방향을 제안하는데 목적을 두었다.

2. 수질 변화 특성 분석

본 연구에서는 하도상에 설치된 수공구조물이 하도의 수질에 미치는 영향을 검토하기 위하여 국내외에서 수질예측 모형으로 많이 사용하고 있는 모형인 미국 환경청(EPA)에서 개발한 QUAL2E 모형을 사용하였다.

QUAL2E 모형은 공간적으로 1차원 모형으로서, 정상상태(steady-state) 또는 준동적상태(pseudo dynamic state)의 두가지 모드가 가능하며, pseudo dynamic state라는 의미의 실제적인 dynamic state 변수는 태양의 일조량과 이에 따른 수온만이 해당되며 나머지 외부함수나 수질항목(조류의 광합성 등)들은 정태적임을 의미한다.

또한, 모형의 적용시에 대상하천은 수리학적 특성에 따라 특성이 균일한 구간으로 구분되고 각 reach는 다시 수질계산지점들을 고려한 계산요소(computational element)들로 구분되며, 이때 element 들은 상류수원요소(headwater element) 등과 같은 7개의 요소로 구분된다.

그리고, 모델에서 처리될 수 있는 대상 수질항목은 모두 합하여 15가지나 되며, 이들 중 필요에 따라 어떠한 조합으로도 수질항목을 선택하여 모형화가 가능하다. 여기서, 15개항목은 DO, BOD, Temperature, Algae as Chlorophyll a, Organic Nitrogen as N, NH₃-N, NO₂-N, NO₃-N, Organic Phosphorus as P, Dissolved Phosphorus as P, Coliforms, Arbitrary Nonconservative Constituent 및 Three Conservative Constituent을 말한다.

2.1. 연구대상유역 및 하도의 특성

본 연구의 대상유역인 대화강유역은 경상남도 동북부에 위치해 있으며, 유역의 서측은 가지산(EL. 1,240m), 신불산(EL. 1,208.7m), 취서산(EL. 1,058.9m)

수공구조물이 하천환경에 미치는 영향에 관한 연구(II) : 수질 및 생태학적특성

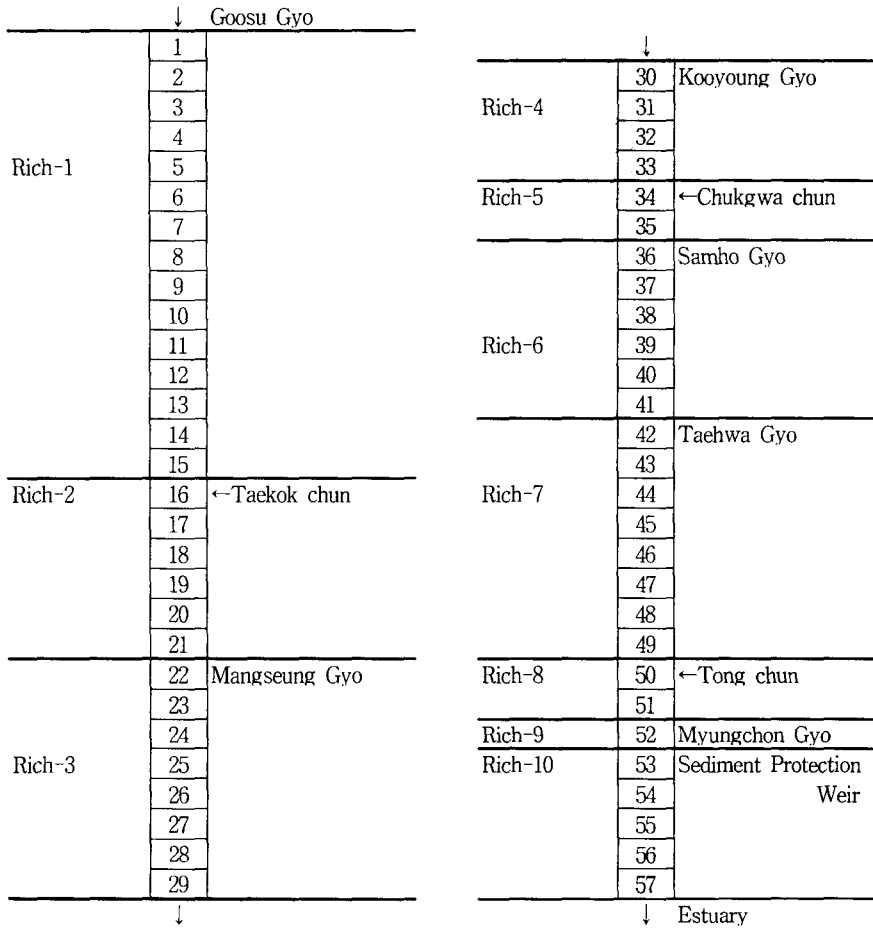


Fig. 1. Schematic Diagram of Channel Reach and Representative Position.

에 의해 낙동강유역과 접하고 북으로는 고현산(EL. 1,032.8m), 치술령(EL. 765m) 등에 의해 형산강유역과 경계를 하고 있다. 그리고 남으로는 정족산(EL. 700.1m), 남암산(EL. 542.9m) 등에 의해 회야강과 외황강유역과 경계하고 있으며, 동으로는 동대산(EL. 444.0m), 무룡산(EL. 452.9m) 등에 의해 강동면과 울산시 동구와 접하고 있고, 태화강하구는 동해안과 접하여 태화강 본류가 동류하면서 동해로 유입하고 있다.

태화강유역의 하천 및 수계현황을 검토하면 태화강 상류유역과 4개 지류유역을 포함하여 총 유역면적이 652.40Km²에 이르고 있으며, 지류의 합류특성을 볼 때 태화강 본류유역을 포함한 4개의 지류가 태화강 중상류부에서 합류하고 있다.

본 연구의 대상하도인 태화강본류 하도구간은 울산 시내 중심부를 관류하면서 만곡부를 형성하고 있고, 하도경사가 비교적 완만하여 유수의 흐름이 느

리고 하폭이 넓은 편이다. 또한, 우안 제방은 개수 상태이고 좌안은 퇴적사구가 형성되어 일부 경작지로 이용되고 있는 실정이며, 좌우안 일부구간이 죽림과 인접하고 있는 실정이다.

2.2. 하도의 구분 및 대표지점의 선정

본 연구의 대상범위는 태화강유역 본류 하도구간 중에서 직할하천구간(하구에서 삼호교지점까지) 11km와 준용하천구간 18.5km 중에서 본류의 하천유지유량 공급을 보장해 줄 수 있는 사연댐 유량이 유입하는 대곡천 합류점(본류 좌안, 하구에서 20.555km (No.102), 준용하천구간 9.555km지점)을 상류 8km까지로 하였다.

본 연구에서는 태화강 중류지역에서 본류로 유입되어 하천유지용수량을 공급가능한 댐으로는 사연댐과 대암호(둔기천 상류에 있으며, 본류 우안에서 합류(하구에서 24.530km, 준용하천구간 13.530km지

점)되고 있으나 사연댐의 일공급 가능량이 100,000m³/day, 대암호의 일공급 가능량 500,000m³/day (자체 50,000 m³/day, 원동취수장에서의 울산공업용수 공급량 450,000m³/day)에 불과하므로 사연댐 유하량이 유입되어 본류에 합류되는 20.555km까지를 경계로 하였다.

또한 사연댐 하류에서의 하천유지유량은 댐에서 공급을 보장해 줄 수 있으며(현재로서는 사연댐과 대암호로부터의 유지용수방류가 불가능하나 장래에 유역권내에 용수원 개발이 이루어질 경우에는 하천 유지용수공급이 가능하다고 고려함), 사연댐 합류점 상류지역은 공급측면에서 보장이 불가능한 실정이므로 상하류에 대한 하천유지유량은 수요와 공급측면에서 심도있게 검토되어야 한다. 수문학적으로 태화강본류 하도의 기준이 되는 주요지점은 울산, 삼호, 조동 수위표 지점으로서 과거의 수문자료가 풍부하여 유역내의 타지점 보다 비교적 수문분석이 용이하다고 판단되나, 대표지점의 선정은 주요 취수시설에 관련된 자료를 참고로 하여 선정하였다.

따라서, 하도구분 및 대표지점 선정은 환경부에서 제시된 기준을 이용하여 구수교 하류에서 태화강 하구까지의 구간에 해당하는 본 하도 유역의 방사보 존재 유무에 따른 수질의 변화특성을 검토하기 위한 하도의 구분과 대표지점의 선정은 (Fig. 1)에서 나타난 바와 같이 구수교~방사보하류까지 28.5 km의 구간에 대구간(Rich)은 10개구간으로 나누었으며 소구간(Element)은 500m간격으로 57개의 구간으로 구분하였다.

2.3. 수질예측모델 매개변수 결정

QUAL2E모델 수행에 필요한 모델 매개변수는

수리학적 매개변수와 수질예측 모델 매개변수로 구분할 수 있다. 먼저, 수리학적 매개변수는 실측 중·횡단 하천측량성적을 이용하여 방사보 철거전 후에 따른 HEC-2 모형을 이용한 수면형 계산을 실시한 후 그 결과를 이용하여 각 하도구간에 대한 각 유량별 수심과 유속의 관계를 분석 검토하였으며, 그 결과는 Table 1과 같았다.

다음으로, 태화강 본류하도의 수질예측을 QUAL2E 모형으로 수행할 때 입력되는 모델 매개변수는 여러 가지가 있으므로, 매개변수 추정을 위한 각 지점의 유입수질자료는 실측수질 자료를 이용하여 추정하였으며, 이들 추정치와 문헌치를 비교한 결과는 Table 2와 같았다.

측정자료 중에서 TN, TP는 농도 측정치만 가용한 반면에 QUAL2E모형의 입력자료로서는 질소 및 인의 순환요소들인 Org-N, NH₃-N, NO₂-N, NO₃-N 및 Org-P, Dis-P 등의 입력농도가 필요하므로, 이 값의 추정은 기존에 연구·조사된 자료를 이용하였다.

Table 2에서 나타난 문헌치는 전경수·이길성⁷⁾의 “영향계수를 이용한 QUAL2E모형의 반응계수 추정”의 연구 결과와 대구환경지청(1990)에서 발표된 값을 이용하였으며, 이들의 연구결과에 의하면 매개변수 중에서 σ_1 , μ_{max} 및 ρ 는 chl. a의 농도에, β_1 , β_2 및 β_3 는 질소순환요소에, β_4 및 σ_5 는 인의 순환 요소에 주로 영향을 미치고, K₁, K₃ 및 K₄는 BOD와 DO에 각각 민감한 것으로 나타났으나, 총질소와 총인의 반응계수에 의한 민감도는 매우 작은 것으로 나타났다.

따라서, 본 연구에서는 BOD와 DO에 민감한 영

Table 1. Hydraulic Characteristics(According to Before and after Removal of the Sediment Protection Weir)

Reach	Before Removal				After Removal				
	D = a · Q ^b		V = α · Q ^β		D = a · Q ^b		V = α · Q ^β		
	a	b	α	β	a	b	α	β	
R-1	Goosu Gyo - Taekok Chun	0.3735	0.9672	0.2186	0.9880	0.3735	0.9672	0.2186	0.9880
R-2	Taekok Chun - Mangseung Gyo	0.4024	0.9850	0.1192	0.4081	0.4024	0.9850	0.1192	0.4061
R-3	Mangseung Gyo - Kooyoung Gyo	0.3932	0.9799	0.1749	0.9749	0.3932	0.9799	0.1748	0.9750
R-4	Kooyoung Gyo - Chukgwa Chun	0.8056	0.9214	0.0644	0.4469	0.8063	0.9212	0.0643	0.4465
R-5	Chukgwa Chun - Samho Gyo	0.5617	0.9558	0.1839	0.2910	0.5583	0.9504	0.1853	0.2909
R-6	Samho Gyo - Taehwa Gyo	0.6134	0.9958	0.0398	0.4899	0.6064	0.9969	0.0399	0.4704
R-7	Taehwa Gyo - Tong Chun	0.7183	0.2999	0.0226	0.5409	0.7129	0.2991	0.0228	0.5417
R-8	Tong Chun - Myungchon Gyo	0.5200	0.2841	0.0235	0.5495	0.5209	0.2809	0.0226	0.5590
R-9	Myungchon Gyo - Sediment Protection Weir	0.4139	0.2842	0.0343	0.5165	0.4259	0.2746	0.0200	0.5855
R-10	Sediment Protection Weir - Estuary	1.9485	0.1200	0.0016	0.8417	2.5813	0.0984	0.0013	0.8599

향을 미치는 것으로 나타난 K_1 , K_2 , K_3 및 K_4 에 대한 BOD와 DO의 반응정도를 검토하였으며, 그 결과 K_1 계수치는 그 값이 커질수록 BOD와 DO 추정치가 낮아지고, K_2 계수치는 BOD에 미치는 영향은 없으나 값이 커질수록 DO 추정치가 상승하였다. 또한, K_3 계수치는 그 값이 커질수록 BOD 추정치는 낮아지나 DO 추정치는 미소한 상승폭을 나타내었고, K_4 계수치는 BOD에 미치는 영향은 없으나 값이 커질수록 DO 추정치가 낮아지는 특성을 나타내었다.

2.4 방사보 존재유무에 따른 수질변동 특성분석

일반적으로 하천수의 수질은 홍수시 보다는 저수시(or갈수시)에 더욱 심각하므로 본 연구에서는 하도의 유량조건을 저수량($Q=30 m^3/s$) 조건하에서 DO, BOD와 같은 수질변동특성을 분석하였다.

방사보 철거전후에 따른 태화강 본류하도의 수질 변동특성분석에 필요한 QUAL2E모형의 실행을 위하여 보정과 검증과정을 통하여 결정된 모델 매개변수(수리학적 매개변수와 수질예측 모델 매개변수)를 이용하여 방사보 철거전후에 따른 수질변동 특성을 검토하였으며, 그 결과 Table 3 및 Fig. 2와 같았다.

Table 3 및 Fig. 2에서 나타낸 바와 같이 방사보 철거시의 DO는 태화교 직상류에서 미소한 변동을 보이다가 명촌교 하류에서 0.78~0.86ppm정도 낮아지고 있으며, BOD의 경우 태화교에서부터 미소한

폭으로 감소하다가 방사보 직상류에서부터 0.06~0.24ppm정도 감소하는 것으로 검토되었다.

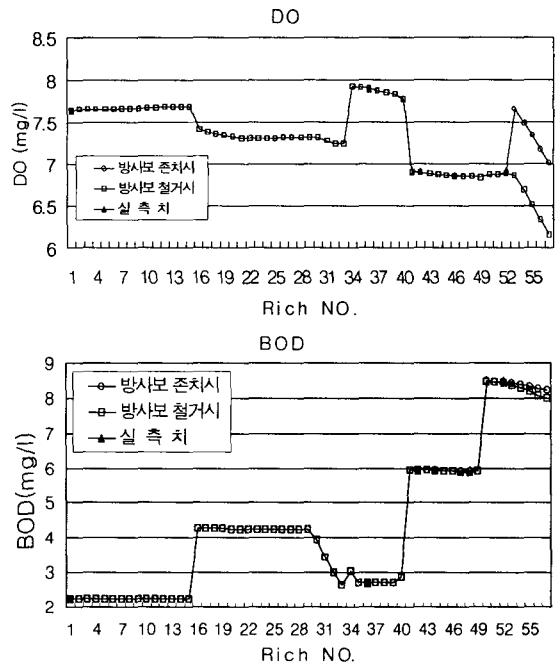


Fig. 2. Comparison of Water Quality Characteristics According to Before and after Removal of the Sediment Protection Weir.

Table 2. Comparison of the estimated model parameter and literature values for the water quality prediction

Parameters	Units	Literature Value			Estimation Value by Reach			
		Lowest	Criterion	Highest	Reach 1	Reach 2~4	Reach 5~7	Reach 8~10
α_0	-	10.0	31.6	100.0	32.0	32.0	32.0	32.0
α_1	-	0.07	0.08	0.09	0.085	0.085	0.085	0.085
α_2	-	0.01	0.015	0.02	0.012	0.012	0.012	0.012
α_3	-	1.4	1.6	1.8	1.65	1.65	1.65	1.65
α_4	-	1.6	1.95	2.3	1.60	1.60	1.60	1.60
α_5	-	3.0	3.5	4.0	3.50	3.50	3.50	3.50
α_6	-	1.0	1.07	1.14	1.10	1.10	1.10	1.10
ρ	day ⁻¹	0.05	0.16	0.5	0.10	0.10	0.10	0.10
μ_{max}	day ⁻¹	1.0	2.0	3.0	1.80	1.80	1.80	1.80
F	-	0.0	0.5	1.0	0.90	0.90	0.90	0.90
β_1	day ⁻¹	0.1	0.316	1.0	0.32	0.32	0.32	0.32
β_2	day ⁻¹	0.2	0.632	2.0	2.00	2.00	2.00	2.00
β_3	day ⁻¹	0.02	0.089	0.4	0.02	0.02	0.02	0.02
β_4	day ⁻¹	0.01	0.084	0.7	0.07	0.07	0.07	0.07
σ_1	m/day	0.15	0.52	1.83	0.80	0.80	0.80	0.80
σ_2	mg/m ² /day	0.0004	0.026	1.7	0.01	0.01	0.01	0.01
σ_3	mg/m ² /day	0.0004	0.027	1.8	0.05	0.05	0.05	0.05
σ_4	day ⁻¹	0.001	0.01	0.1	0.01	0.01	0.01	0.01
σ_5	day ⁻¹	0.001	0.01	0.1	0.05	0.05	0.05	0.05
K_1	day ⁻¹	0.02	0.261	3.40	0.083	0.080	0.060	0.070
K_2	day ⁻¹	0.0	50.0	100.0	0.853	1.157	0.917	0.350
K_3	day ⁻¹	-0.36	0.0	0.36	-0.080	-0.020	-0.310	-0.203
K_4	mg-O/m ² -day	0.07	0.7	7.0	1.307	1.283	1.413	3.007

이상의 결과로 볼 때 방사보를 철거하는 경우 태화강 하류에서부터 하구부까지의 수질은 미소하나 마 다소 개선되고 있음을 알 수 있었다.

Table 3. Comparison of Water Quality Characteristics According to Before and after Removal of the Sediment Protection Weir

Rich NO.	Elemete NO.	Before Removal		After Removal		Remarks
		DO (mg/l)	BOD (mg/l)	DO (mg/l)	BOD (mg/l)	
1	1	7.63	2.24	7.63	2.24	Goosu Gyo
	2	7.64	2.24	7.64	2.24	
	3	7.64	2.24	7.64	2.24	
	4	7.64	2.23	7.64	2.23	
	5	7.65	2.23	7.65	2.23	
	6	7.65	2.23	7.65	2.23	
	7	7.66	2.23	7.66	2.23	
	8	7.66	2.23	7.66	2.23	
	9	7.66	2.23	7.66	2.23	
	10	7.67	2.22	7.67	2.22	
	11	7.67	2.22	7.67	2.22	
	12	7.68	2.22	7.68	2.22	
	13	7.68	2.22	7.68	2.22	
	14	7.68	2.22	7.68	2.22	
	15	7.68	2.25	7.68	2.25	
2	16	7.41	4.29	7.41	4.29	Taekok Chun
	17	7.38	4.28	7.38	4.28	
	18	7.36	4.28	7.36	4.28	
	19	7.34	4.27	7.34	4.27	
	20	7.32	4.26	7.32	4.26	
	21	7.30	4.25	7.30	4.25	
	22	7.30	4.25	7.30	4.25	
3	23	7.30	4.25	7.30	4.25	Mangseung Gyo
	24	7.30	4.25	7.30	4.25	
	25	7.30	4.25	7.30	4.25	
	26	7.31	4.25	7.31	4.25	
	27	7.31	4.24	7.31	4.24	
	28	7.31	4.24	7.31	4.24	
	29	7.31	4.23	7.31	4.23	
4	30	7.31	3.95	7.31	3.95	Kooyoung Gyo
	31	7.27	3.44	7.27	3.44	
	32	7.24	3.01	7.24	3.00	
5	33	7.24	2.65	7.24	2.65	Chukgwa Chun
	34	7.92	3.04	7.92	3.04	
	35	7.91	2.70	7.91	2.70	
6	36	7.90	2.70	7.90	2.70	Samho Gyo
	37	7.87	2.69	7.87	2.69	
	38	7.85	2.69	7.85	2.69	
	39	7.83	2.70	7.83	2.70	
	40	7.77	2.86	7.76	2.86	
	41	6.92	5.96	6.91	5.96	

7	42	6.90	5.96	6.90	5.95	Taehwa Gyo
	43	6.89	5.95	6.89	5.94	
	44	6.88	5.94	6.88	5.93	
	45	6.87	5.93	6.87	5.92	
	46	6.87	5.92	6.86	5.91	
	47	6.86	5.91	6.86	5.90	
	48	6.85	5.91	6.85	5.89	
8	49	6.84	5.93	6.84	5.91	Tong Chun
	50	6.88	8.49	6.88	8.47	
	51	6.88	8.48	6.88	8.46	
9	52	6.91	8.47	6.89	8.44	Myungchon Gyo
	53	7.65	8.44	6.87	8.38	
10	54	7.49	8.39	6.69	8.28	Sediment Prote. Weir
	55	7.34	8.33	6.51	8.18	
	56	7.18	8.27	6.33	8.07	
	57	7.02	8.22	6.16	7.98	
					Estuary	

3. 어류생태 환경특성 검토

본 연구에서는 하도상에 설치된 수공구조물이 하천환경 미치는 영향을 검토하기 선행 연구결과인 수리학적 변동특성과 수질변동특성 결과를 태화강 본류하도의 대표어종과 비교함으로써, 수공구조물의 철거 전·후에 따른 어류생태 환경의 변화특성을 검토하였다.

3.1. 태화강의 어류생태특성

하천 생태계에서 유량의 변화는 어류뿐만 아니라 하천의 모든 생물에 큰 영향을 미치고 있으나 일반적으로 생태계의 대표종으로 어류를 주요 대상으로 하여 필요유량을 설정하고 있으며 어류를 생태계 대표종으로 선정할 이유는 먼저, 어류는 하천 생물 중에서도 대형이며 먹이 연쇄의 상위에 위치하며, 친수활동이나 수산상 인간생활과의 관계에 있어서도 중요한 생물이다. 또한, 현재와 과거 문헌자료에 있어서 수리적인 서식조건에 정량적 지표를 얻을 수 있는 것으로서는 어류뿐이다. 다음으로, 수조류(水鳥類)와 유량, 수질과의 직접적 관계는 일반적으로 작다고 생각되며, 수생곤충이나 기타 소동물은 어류와의 관계가 깊고 어류에 주목하여 검토하면 간접적으로 고려할 수 있다고 생각된다. 마지막으로, 어류 이외의 것으로 희귀종은 대부분 하도계획 등에서 배려할 수 있는 것이라고 판단되므로 어류를 하천 생태계의 대표종으로 선정하였다.

3.1.1. 어류조사

방사보 철거 전·후에 따른 어류생태 환경의 변화특성을 검토하기 위하여 우선적으로 방사보 상하류의 태화강 하도구간에 대한 어류생태특성을 조사하여야 하나 본 연구에서는 환경부²⁴⁾에서 조사된

수공구조물이 하천환경에 미치는 영향에 관한 연구(II) : 수질 및 생태학적특성

태화강 어류생태조사 결과를 이용하였다. 이 조사 결과에 따르면, 1960년대까지 태화강의 수질은 양호한 상태로서 송어와 큰가물치, 연어 등 많은 물고기들이 서식하고 있었고 지역의 주민들이 이 물을 식수로 사용할 수 있을 정도로 맑았다. 그러나 하천주변의 개발과 산업의 급속한 발달로 인하여 하천의 수질은 악화되었고, 생태계 조사결과 태화강에는 붕어, 물개, 모래무지, 돌고기, 피라미, 갈겨니, 파랑불우럭, 꼭지구 등 8종의 어류가 서식하고 있는 것으로 조사되었다.

3.1.2. 대표어종의 서식처 수리조건

대표어종의 선정은 유량이 감소될 경우 한계상황에 가장 영향을 많이 받는 곳은 여울이기 때문에 여울에서 주로 서식하고 산란하는 어종을 대상으로 서식처의 수리조건을 조사하였다. 태화강에 서식하고 있는 어류를 대표어종의 선정원칙에 따라서 대표어종과 대리어종 및 이들의 서식분포를 분류하면 하천의 종류계곡하천인 중간계류형에 속하는 갈겨니구역(갈겨니), 종류형인 피라미구역(피라미, 긴물개, 돌고기, 모래무지), 유량이 풍부하고 하폭이 비교적 넓은 평지하류형인 붕어구역(붕어, 왜물개) 및 기수구역형인 웅어구역(꼭지구)의 어종이 서식하고 있으나, 상류 계곡하천과 같이 맑고 깨끗한 물에 서식하는 어종인 산지계류형의 열목어 구역과 버들치 구역의 어류는 확인되지 않았다.

따라서, 대표어종의 생태적요구조건 및 대표어종과 관련된 서식처 수리조건 조사 항목은 여러 가지가 있으나 본 연구에서는 어류보전과 관련이 있는 수심과 유속을 중심으로 조사하였으며, 대표어종으로 선정된 어종 중에서 파랑불우럭은 수컷이 자갈이나 모래가 있는 곳에 등지를 만든 후 암석을 유인하여 4~6월에 산란하여 여울에서 산란하지 않고, 물고기의 알이나 작은 물고기를 많이 먹고 성장하므로 본 연구의 서식처 수리조건에서는 포함하

지 않았다. 그 결과 문헌을 통하여 조사된 대표어종의 생태적 요구조건인 성장단계별 필요수심과 유속 및 수질 등을 서식 어류별로 요약하면 Table 4와 같았다.

3.2. 어류생태 조건을 고려한 수리특성의 검토

하천 생태계 중에서 어류생태 조건에는 여러 가지 변수가 있으나 본 연구에서는 어류생태를 위한 수리학적특성 중에서 저수량 유하시 수심과 유속에 관하여 검토하였으며, 그 결과 Table 5와 같았다.

먼저, 방사보 철거전·후의 태화강 하도에 대한 수심의 변화특성을 검토한 결과 방사보 철거시 저수량 유하시의 수심변화는 하구에서 약 2.3Km에 위치한 방사보로부터 약 9.00Km에 위치한 태화교 상류까지 약 1cm 정도로 수심이 얕아지는 것으로 검토되었다. 이 결과로 볼 때, 저수량 유하시 방사보철거로 인한 생태계보존을 위한 수리수심 즉, 태화강 대표어종의 산란기 5~30cm, 치어기 10~30cm 및 성어기 20~50cm를 기초로 할 경우 큰 무리가 없을 것으로 판단된다.

다음으로, 방사보 철거전·후의 태화강 하도에 대한 유속의 변화특성을 검토한 결과 방사보 철거시 저수량 유하시의 유속변화는 하구에서 약 2.4Km에 위치한 방사보 직상류로부터 약 11.9Km에 위치한 삼호교 직상류까지 약 1cm/s 정도(삼호교 지점은 2cm/s 빨라짐)로 유속이 빨라지는 것으로 검토되었다. 이 결과로 볼 때, 방사보 철거로 인해 태화강 하도의 유속이 빨라지므로 하상의 세굴 등이 우려되나 분석된 결과로 볼 때 방사보 철거시 하도구간의 평균유속이 저수량 유하시에 약 0.03~2.41m/s로서 하상세굴에 관한 우려는 크지 않은 것으로 판단되며, 생태계보존을 위한 유속의 범위 즉, 태화강 대표어종의 산란기 5~20cm/s, 치어기 10~30cm/s 및 성어기 20~80cm/s를 기초로 할 경우 큰 무리가 없을 것으로 판단된다.

Table 4. Hydraulic and Water Quality Characteristics for Reservation of Ecosystem

Fishes	Water Depth(cm)			Velocity(cm/sec)			Water Quality(ppm)	
	Spawning	Fingerling	Adult fish	Spawning	Fingerling	Adult fish	DO	BOD
<i>Zacco temminckii</i>	5~30	10~20	20~50	5~10	20~30	30~80	5+	2.5~5
<i>Zacco platypus</i>	10~20	10~30	20~50	10~20	10~20	30~60	3+	2.5~5
<i>Squalidus gracilis majimae</i>	10~30	10~30	20~50	10~20	20~30	30~50	3+	2.5~5
<i>Pungtungia herzi</i>	10~30	10~30	20~50	10~20	20~30	30~50	3+	2.5~5
<i>Pseudogobio esocinus</i>	10~30	10~30	20~50	5~10	10~20	30~50	3+	2.5~5
<i>Carassius auratus</i>	10~30	10~20	30~50	5~10	10~20	20~30	2+	5~10
<i>Aphyocypris chinensis</i>	10~20	10~30	20~50	5~20	10~15	20~30	2+	5~10
<i>Chaenogobius annularis</i>	10~30	10~20	20~50	5~10	10~20	20~30	2+	5~10

3.3. 어류생태 조건을 고려한 수질특성의 검토

하천 생태계 중에서 어류생태 조건에는 여러 가지 변수가 있으나 본 연구에서는 저수량 유하시어 류생태를 위한 수질특성에 관하여 검토하였으며, 그 결과는 Table 6과 같았다.

Table 6에서 분석 검토된 바와 같이 방사보 철거 전·후의 수질특성 중에서 BOD는 철거 전에 2.22~8.49ppm, 철거 후에 2.22~8.47ppm을 유지하고 있으며, DO는 철거 전·후에 6.84~7.92ppm을 유지하고 있으므로, 저수량 유하시 방사보철거로 인한 수질분석결과와 생태계보존을 위한 수질 즉, 태화강 대표어종의 BOD 기준 2~5ppm(or 5~10ppm)을 기준으로 할 경우 어류 서식을 위한 수질문제는 큰 무리가 없을 것으로 판단되므로 어류

서식처를 위한 필요유량을 별도로 설정할 필요가 없는 것으로 사료된다. 그러나 태화강주변 차집관로의 매설로 생활하수의 유입을 방지하여 효과적인 수질개선방안을 조속히 마련한다면 안전한 대비책이 될 수 있을 것이다.

4. 결 론

본 연구에서는 수공구조물이 하천환경에 미치는 영향을 분석·검토하기 위하여 태화강 하구부에 설치된 방사보를 연구대상으로 하였다. 수공구조물이 하천환경에 미치는 영향은 여러 가지가 있을 수 있으나 본 연구에서는 저수량 유하시 방사보 철거 전·후의 수질변동특성을 검토하였다.

본 연구에서 검토된 수질분석결과와 선행 연구결과인 유수의 변동상태(수심, 유속 등)와 하상변동

Table 5. Hydraulic Characteristics According to Before & After Removal of the Sediment Protection Weir

Reach	Water Depth(m)					Velocity(m/s)				
	Low flow		Criteria			Low flow		Criteria		
	Before	After	Spaw-ning	Finger-ling	Adult fish	Before	After	Spaw-ning	Finger-ling	Adult fish
Goosu Gyo - Taekok Chun	0.31~3.74	0.31~3.74				0.35~1.78	0.35~1.78			
Taekok Chun - Mangseung Gyo	0.26~5.14	0.26~5.14				0.06~1.57	0.06~1.57			
Mangseung Gyo - Kooyoung Gyo	0.37~3.94	0.37~3.94				0.19~1.77	0.19~1.77			
Kooyoung Gyo - Chukgwa Chun	0.43~7.03	0.43~7.03				0.02~1.54	0.02~1.54			
Chukgwa Chun - Samho Gyo	0.36~3.88	0.36~3.88	0.05~0.30	0.10~0.30	0.20~0.50	0.10~2.41	0.10~2.41	0.05~0.20	0.10~0.30	0.20~0.80
Samho Gyo - Taehwa Gyo	0.89~5.27	0.89~5.27				0.07~0.36	0.07~0.36			
Taehwa Gyon - Tong Chu	1.09~4.03	1.08~4.02				0.09~0.24	0.09~0.24			
Tong Chun - Myungchon Gyo	1.17~1.62	1.16~1.61				0.17~0.25	0.17~0.26			
Myungchon Gyo - S.P.Weir	0.73~2.51	1.13~2.50				0.10~0.77	0.10~0.17			
S.P.Weir - Estuary	1.25~5.00	2.80~5.00				0.03~0.07	0.03~0.04			

Table 6. Environmental Characteristics According to Before & After Removal of the Sediment Protection Weir

Reach	Criteria of Water Quality(ppm)		Water Quality(ppm)			
	BOD	DO	BOD		DO	
			Before	After	Before	After
Goosu Gyo - Taekok Chun			2.22~2.25	2.22~2.25	7.63~7.68	7.63~7.68
Taekok Chun - Mangseung Gyo			4.25~4.29	4.25~4.29	7.30~7.41	7.30~7.41
Mangseung Gyo - Kooyoung Gyo			4.23~4.25	4.23~4.25	7.30~7.31	7.30~7.31
Kooyoung Gyo - Chukgwa Chun			2.65~3.95	2.65~3.95	7.24~7.31	7.24~7.31
Chukgwa Chun - Samho Gyo	2.5~5 or 5~10	2~5	2.70~3.04	2.70~3.04	7.91~7.92	7.91~7.92
Samho Gyo - Taehwa Gyo			2.69~5.96	2.69~5.96	6.92~7.90	6.91~7.90
Taehwa Gyo - Tong Chun			5.91~5.96	5.90~5.95	6.84~6.90	6.84~6.90
Tong Chun - Myungchon Gyo			8.48~8.49	8.46~8.47	6.88	6.88
Myungchon Gyo - S.P.Weir			8.47	8.44	6.91	6.89
S.P.Weir - Estuary			8.22~8.44	7.98~8.38	7.02~7.65	6.16~6.87

특성 분석 결과를 태화강 하도의 대표어종별 생태수심조건과 비교·검토함으로써, 방사보의 영향으로 인한 하천의 생태환경 변화 요인을 규명하고, 친환경적인 하천공간개발의 방향을 제안하는데 목적을 두었다.

먼저, 하천의 유하수량 감소로 인한 하천수의 수질에 관한 문제는 방사보 철거전후의 저수량 유하시 수질을 검토한 결과, 방사보 철거시 DO는 명촌교 하류에서 0.78~0.86ppm정도 낮아지고 있고, BOD는 직상류에서부터 하구방향으로 0.06~0.24ppm정도 감소하는 것으로 검토되었다. 이상의 결과로 볼 때 방사보를 철거하는 경우 태화강 하류에서부터 하구부까지의 수질은 미소하나마 다소 개선되고 있음을 알 수 있었다.

다음으로, 수심과 하천수의 수위 저하로 인한 생태계 영향은 방사보 철거로 인한 수질분석결과와 생태계보존을 위한 수리수심 즉, 우리나라 대표어종의 산란기 10~40cm, 치어기 10~50cm 및 성어기 10~100cm를 기초로 할 경우 큰 무리가 없을 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

- 1) Brown, L.C., and T.O. Barnwell, 1987, The Enhanced Stream Water Quality Models QUAL2E and QUAL2E-UNCAS : Documentation and User Manual, EPA/600/3-87/007, Environmental Research Laboratory, Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency, Athens, Georgia.
- 2) 日本 建設省 河川局 河川環境對策室, 1991, 1992, 水環境管理に關する研究.
- 3) 김규호, 우효섭, 1995, 하천유지유량 결정방법의 개발 및 적용에 관한 연구, IPD-'95-2, 한국수자원 공사.
- 4) 김규호, 이진원, 홍일표, 우효섭, 1996, 하천유지유량 결정방법의 개발 및 적용 : I. 산정방법, 한국수자원학회지, 29(4), 161-176.
- 5) 김규호, 김선미, 이삼희, 우효섭, 1996, 하천유지유량 결정방법의 개발 및 적용 : II. 적용 및 결과, 한국수자원학회지, 29(5), 185-202.
- 6) 서동일, 1995, 저수시 수질측정 및 오염부하량 산정, 건기원 '95 용역보고서, 충남대 산업기술연구소.
- 7) 전경수, 이길성, 1993, 영향계수를 이용한 QUAL2E 모형의 반응계수 추정, 대한토목학회 논문집, 13(4), 163-176.
- 8) 박노삼, 이수식, 안승섭, 1998, 수질관리를 위한 도시하천의 유지유량 결정에 관한 연구, 대한환경공학회지, 20(2), 287-304.
- 9) 이병호, 조홍제, 신만균, 1997, 방사보가 태화강의 하천환경에 미치는 영향에 관한 조사연구보고서, 울산광역시.
- 10) 이수식, 이병호, 안승섭, 이철영, 1997, 태화강 환경조사 및 보전대책연구, 울산광역시.
- 11) 이수식, 안승섭, 최윤영, 1999, 태화강 방사보 철거 전·후의 수리학적 영향 검토 연구보고서, 현대 자동차(주), 울산광역시.
- 12) Karr, J.R., and I.J. Schlosser, 1977, Impact of Near Stream Vegetation and Stream Morphology on Water Quality and Stream Biota, U.S. EPA, Ecological Research Series, EPA-600/3-77-097.
- 13) Swales, S., and K. O'Hara, 1980, Instream Habitat Improvement Devices and Their Use in Freshwater Fisheries Management, Jr. of Environmental Management.
- 14) Lowrance, R., R. Leonard and J. Sheridan, 1985, Managing Riparian Ecosystems to Control Nonpoint Pollution, Jr. of Soil and Water Conserv., 40, 87-92.
- 15) Gardiner, J. L. ed., 1991, River Projects and Conservation : A Manual for Holistic Appraisal, New York, John Wiley.
- 16) 玉井信行, 水野信彦, 中村俊六, 1993, 河川生態環境工學, 魚類生態と河川工學, 東京大學出版會.
- 17) 최기철, 1986, 한강 종합개발과 생태계 변화: 한강의 담수어, 한강종합개발 준공기념 환경분야 학술 대회, 49-57.
- 18) 최기철, 1995, 하천관리를 위한 어류 서식처 구조에 관한 조사, 한국건설기술연구원.
- 19) 권오섭, 1991, 낙동강 하구언 건설에 의한 환경요인의 변화, 한국육수학회지, 24, 231-238.
- 20) 양홍준, 채병수, 1994, 대도시 주변하천의 수질환경과 육수생물학적 연구: 금호강 수계의 어류상과 어류군집구조(II), 한국육수학회지, 27, 177-188.
- 21) 최정권, 1995, 도시하천의 생태적 재생, 한국조경학회지, 22(4).
- 22) 박중화, 조용현, 1996, 자연형 하천계획의 하천생태학적 기초, 한국수자원학회지, 29(2), 21-26.
- 23) 안승섭, 박상현, 1999, 도시하천의 생태적 개발방안에 관한 연구, 경일대학교 산업기술연구소 논문집, 6, 557-569.
- 24) 환경부, 1987, '87 자연생태계 전국조사 제 II 권.