

월평공원 생태 보존지역의 어류군집 구조 및 어류길드 특성 분석

조 현 규 · 최 지 응 · 안 광 국*

(충남대학교 생명시스템과학대학 생물과학과)

Analysis of Fish Community Structures and Guild Compositions in Walpyung Conservation Park. Jo, Hyun-Kyu, Ji-Woong Choi and Kwang-Guk An* (Department of Biological Sciences, College of Bioscience and Biotechnology, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea)

The objectives of the study were to determine fish fauna and compositions during 2010~2011 in Walpyung Conservation Park along with analysis of fish community structures and trophic and tolerance guilds. Total number of species and individuals sampled were 31 and 2667, respectively and dominant species was *Zacco platypus* (46.6%) and subdominant species was *Acheilognathus lanceolatus* (8.7%), which were composed of >50% of the total. Total number of Korean endemic species including *Microphysogobio yaluensis* was 10 and the proportion of the individuals was 8.7%. Also, natural monument No. 454 of *Iksookimia choui*, which is endangered species and legal protected species, was sampled and the total number of individuals was only three. According to the analysis of fish community structures, species richness index in the mid-stream reach (M_r) was 3.145, which is higher than any other stream reaches (U_r and D_r). In contrast, the richness index was 2.180 in the up-stream reach (U_r), which is minimum among the sampling sites. Species diversity index was 1.785 and 1.975, respectively in the headwater (U_r) and mid-stream reach (M_r) and the low values in the down-stream reach (D_r , 1.660) were due to the influences of point-source (i.e., road construction) and non-point sources (sporadic agricultural spots). According to analysis of tolerance guilds, the proportion of tolerant species (TS), based on the number of individuals, was composed of 64.2% and sensitive species (SS) was only 3.3%, indicating a predominance of tolerant fishes in the compositions. The proportion of omnivore species (OS), however, was composed of 64.0% and insectivore species (IS) was 29.3%, indicating a predominance of omnivore fishes in the stream. The high proportions of tolerant and omnivore species in this stream indicates that the water quality and physical habitat environments were degraded in this system. For these reasons, especially natural monument and endemic fish species in this region should be protected from the massive constructions and required to provide efficient stream management strategies.

Key words : fish community, natural monument, stream conservation, tolerance guild, trophic guild

* Corresponding author: Tel: 042) 821-6408, Fax: 042) 822-9690, E-mail: kgan@cnu.ac.kr

서 론

대전광역시를 관통하여 금강본류로 흘러드는 갑천은 1970년대부터 시작된 산업화와 도심화에 따라 하천의 오염이 급속도로 진행되었다. 이와 더불어 양안에 인공제방을 쌓고, 구부러진 하도를 직강화하였으며 나무, 돌 등과 같이 하천흐름에 지장을 줄 수 있는 자연요소를 제거하여 하천을 인공적으로 정비하였다 (Ryu, 2007). 하천이 인공화 됨에 따라 수해 예방 기능은 강화되었으나, 생태환경기능이 저하되고 하천 생태계의 파괴가 우려됨에 따라 복원의 필요성이 제기되어 하천복원 사업을 대대적으로 실시하였다. 기본적으로 홍수와 가뭄에 관련한 치수 안정성을 유지하고 수질·생태·경관 보호를 위하여 하천유지용수를 확보하며, 수질등급을 향상시키고 나아가 수생태계를 회복시켜 생태계 안정에 기여하는 것을 목표로 하였다 (Kim, 2007). 또한, 도심형 하천을 생태하천으로 개선하기 위하여 인공여울 설치, 비오톱 (Biotope) 및 어류서식지 조성 등을 통해 고유종을 복원하고 생물다양성을 확보하는 작업, 하천유지유량 확보, 자연형 하도로의 정비 및 하천과 녹지를 연계하는 블루-그린 네트워크 구축 등의 방안을 추진전략으로 삼고 운용하고 있다 (Kim, 2007).

그러나, 최근 대전광역시의 계획에 따른 서남부의 도안 신도시-내동을 연결하는 동서관통도로의 터널 공사가 진행되고 있어 이 도로가 관통하는 월평공원은 갑천 복원 사업에도 불구하고 향후 큰 영향을 받을 것으로 사전환경성 검토에서 지적되었다. 월평공원은 정림동, 도마동, 내동, 갈마동, 월평동에 인접하여 있으며 면적이 약 3,994,734 m² (약 120만평)으로 서구의 근린공원 중 가장 규모가 크다 (Lee et al., 2010). 또한, 도솔산의 육상생태계와 갑천의 수상생태계가 조화를 이루고 있는 지역으로서 공원지역의 1차 생산력이 높고, 생물종이 풍부하여 생태적 보존가치가 높은 지역이다. 특히, 희귀식물인 이삭귀개, 땅귀개 등이 서식 (KLHC, 2011)하고 있고, 반딧불, 두꺼비, 오색딱따구리 등 다양한 동식물의 다양한 서식처로 기능하고 있지만, 동서관통도로의 공사 시행과 하천 주변 지역의 인구증가, 골재채취, 하천 보수 및 수중보 축조 등 갑천 정비사업으로 인하여 하천오염이 증가되고 환경 교란의 위험성이 증가하고 있는 실정이다 (KLHC, 2011).

이러한 대전 도심 지역의 난개발에 따른 어류 서식지 교란 및 화학적 수질오염의 위험이 우려되는 상황에서 다양한 환경평가 기법을 활용하여 지속적인 하천환경 평가가 이루어지고 있다 (MEK, 2000). 기존의 하천환경 평

가 방법으로는 영양염류 농도측정 (N, P), 유기물 오염도 및 독성물질측정 등 화학적 평가가 주류를 이루었으나, 최근에는 '생물통합지수' (Biological integrity)를 이용한 생물학적 건강도 평가기법 (Karr, 1981)과 물리적 서식지 평가기법 (Physical habitat health evaluation, QHEI) 등의 평가 (Plafkin et al., 1989; Barbour et al., 1999)가 갑천에도 적용되었다 (An et al., 2001; Bae and An, 2006). 특히, 갑천의 하천 생태계에서는 어류상의 파괴 및 교란, 어류군집 변화가 나타나며 과거 어류상보다 서식어류가 현저히 감소하는 경향이 우려되는 실정이기 때문에 본 연구를 착수하였다.

본 연구에서는 월평공원 보존 지역에 위치한 갑천의 현장조사를 통해 어류상 및 어류군집 구조를 분석하고, 또한 동일 서식지내의 생태학적 내성도 길드 (Tolerance guild) 분석 및 섭식 길드 (Trophic guild) 분석을 통해 월평공원 내 수생태계의 특성을 분석하였다. 또한, 본 보존 지역 내 한국 고유종 및 천연기념물의 분포, 외래종의 서식실태를 파악함으로써 다양한 도심 교란요인에 의해 영향을 받을 수 있는 어류 생태학적 자료를 얻고, 궁극적으로는 장기적인 생태 영향 모니터링 및 월평공원의 보존 지역 설정에 활용할 수 있는 생태자료를 제공하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 조사 기간 및 지점

본 연구는 월평공원 보존 지역에 위치한 갑천을 대상으로 2010년 봄 (6월), 여름 (8월) 가을 (10월, 11월) 및 2011년 초봄 (4월)에 걸쳐 5회 조사를 실시하였으며, 공원 보존지역을 중심으로 상류구간 (up-stream reach, U_p), 중류구간 (mid-stream reach, M_p), 하류구간 (down-stream reach, D_p)의 3개 구간으로 나누어 모니터링을 실시하였다 (Fig. 1). 선정된 3개 구간은 Strahler (1957)의 하천차수 (Stream order) 기준에 의거 하여 모두 4차 하천으로 분류되었다. 공원 보존지역내의 토지이용도 현황 (Land-use pattern)에 따르면, 상류구간 (U_p) 주변은 주거단지와 농경지가 일부 분포하고 있고, 인공보와 교량 등 인공구조물이 다수 존재하고 있다. 중류구간 (M_p)은 하천 주변이 대부분 산림으로 구성되어 있어 하천으로 유입되는 오염원이 적고 인위적인 간섭이 거의 없어 물리적 서식지의 상태가 매우 좋은 것으로 나타났다. 하류구간 (D_p)은 하천 주변에 농경지가 분포하고 있고 중류구간 (M_p)과 하류구간 (D_p) 사이에 동서관통로 터널 공사가 진행 중에 있어

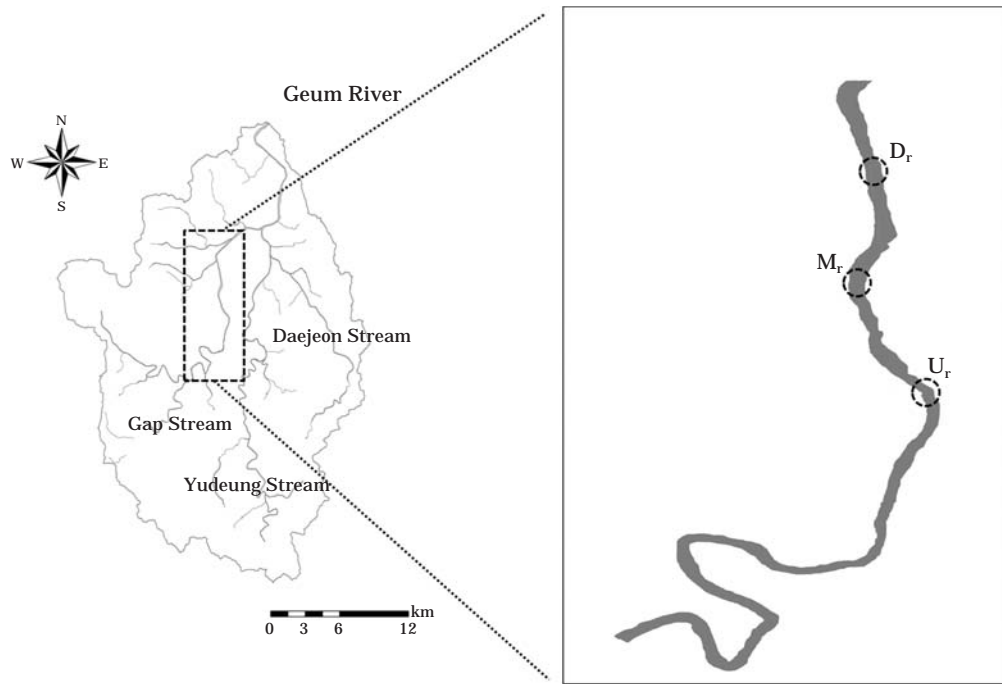


Fig. 1. The map showing fish sampling sites in Walpyung Conservation Park.

하천 토사오염이 증가하고, 물리적 서식지의 교란이 있을 것으로 예상되는 지점이다. 또한, Wentworth (1992)의 입경구분에 의거하여 월평공원 구간내의 하상구조 (Substrate structure)를 구분하면, 상류구간 (U_r)은 하상의 60% 이상이 모래로 이루어져 있으며, 유속은 $0.01 \sim 0.49$ ($m \text{ sec}^{-1}$)로 보통 흐름을 보였다. 중류구간 (M_r)은 모래 (40%)와 자갈 (60%)로 구성되어 있어 다양한 어류가 서식할 수 있는 서식환경이 잘 조성되어 있는 것으로 나타났다. 하류구간 (D_r)은 모래 (>90%)가 주류를 이루고 있고, 유속은 $0.01 \sim 0.1$ ($m \text{ sec}^{-1}$)로 완만하게 흐르는 것으로 나타났다. 각 조사지점에 대한 행정구역명, 하천차수 및 위치는 다음과 같다.

상류구간 (U_r): 대전광역시 서구 가수원동 가수원교 (4차. N $36^{\circ} 18'15''E$ $127^{\circ} 21'42''$)

중류구간 (M_r): 대전광역시 서구 도안동 월평공원 (4차. N $36^{\circ} 19'33''E$ $127^{\circ} 21'17''$)

하류구간 (D_r): 대전광역시 서구 월평동 만년교 (4차. N $36^{\circ} 20'27''E$ $127^{\circ} 21'11''$)

2. 조사내용 및 방법

어류의 채집은 An *et al.* (2006)에 의해 개발된 환경부의 “물환경종합평가개발 조사연구 (MEK, 2006)” 및 “수생

태계 건강성 조사계획 수립 및 지침 (MEK, 2007)”의 어류 조사 방법에 의거하였다. 정량화된 채집 조사를 위해 Catch Per Unit of Effort (CPUE)의 지침에 따라 실시하였다. 각 지점의 조사거리는 채집지점 상·하류 200 m, 채집시간은 50분 동안 수행했으며 조사지 내 여울 (riffle), 소 (pool), 흐름이 느린 곳 (run)을 포함하여 조사하였다. 채집도구는 주로 투망 (망목 크기: 5×5 mm)과 족대 (망목 크기: 4×4 mm)를 이용하였고, 조사인원은 3인 1조로 구성되어 조사를 실시하였다. 현장에서 채집한 어류는 Kim and Park (2002) 및 Son and Song (2006)에 의거해 동정 및 계수하였으며, 종 목록은 분류적 차원이 아닌 상대포부도의 산정 순에 의거하여 배열하였다. 동정이 가능한 종은 현장에서 확인한 후 방류하였으며, 현장에서 동정이 어렵거나 모호한 종은 10% 포르말린 용액으로 고정하여 실험실로 옮긴 후 동정하였다. 채집된 어류의 개체수 산정은 어류체장의 길이가 20 mm 이하의 동정이 어려운 치어의 경우 제외하였다. 비정상어종이 채집되었을 경우에는 감별 방식은 Sanders *et al.* (1999)의 방법에 따라 기형 (Deformity, DE), 지느러미 손상 (Erosion, EF), 피부손상 (Lesions, LE) 및 종양 (Tumors, TU)의 내용의 비정상성 유형을 감별하여 기록하였다. 또한, 환경부에서 실시하는 어류조사에 부수적으로 포함된 섭식 길드 (Trophic guild) 및 내성도 길드 (Tolerance guild)에 대한 일부 수

정 보완에도 일부 미비한 것으로 사료되어 본 연구에서는 내성도 길드 및 섭식 길드 분석은 An *et al.* (2002)의 방법에 의거하였다.

어류의 구간별 군집분석은 각 조사지점에서 채집된 어종의 개체수를 기준으로 종 풍부도 지수 (Margalef, 1958), 종 균등도 지수 (Pielou, 1975), 종 다양도 지수 (Shannon and Weaver, 1949) 및 군집 우점도 지수 (Simpson, 1949)를 산출하였다. 또한, 각 시기별로 군집구조를 분석하였고, 평균값을 이용하여 구간간의 차이를 비교하였다.

i) 종 풍부도 지수 (Margalef's species richness index, d)

$$d = \frac{(S-1)}{\ln(N)}$$

ii) 종 균등도 지수 (Pielou's evenness index, J')

$$J' = \frac{H'}{\log_e S}$$

iii) 종 다양도 지수 (Shannon-Weaver diversity index, H')

$$H' = -\sum P_i \log_{10} P_i'$$

iv) 군집 우점도 지수 (Simpson's Dominance Index, λ)

$$\lambda = \sum \frac{N_i^2 - N}{N(N-1)}$$

[N =총 출현 개체수, N_i = i 종의 개체수, $P_i=N_i/N$, S =총 출현 종수]

결과 및 고찰

1. 어류의 분포 특성 및 구성 성분

월평공원 내의 상류구간 (U_p)에서 하류구간 (D_p)까지 채집된 어류는 총 31종 2,667개체였다 (Table 1). 지점별 분포특성 분석에 따르면, 중류구간 (M_p)에서 29종으로 가장 많은 종이 출현하였으며, 상류 (U_p) 및 하류구간 (D_p)에서는 각각 20종, 21종이 출현하였다. 개체수 분포측면에서도 CPUE에 의거할 때 중류구간 (M_p)에서 1,133개체로 최고치를 보였으며, 종수의 패턴 특성과 유사하게 나타났다 (Table 1). 중류구간 (M_p)에서의 이런 높은 종다양도는 여울 및 정체성 수풀지역의 혼합된 서식지에 의한 것으로 사료되며, 그 외의 구간들 (U_p , D_p) 같이 도심지근교에 위치한 지점보다 많은 종수와 개체수가 확인되어 생태적 다양성 보존의 가치가 높은 것으로 사료되었다.

본 조사기간 동안 월평공원 보존지역 내에서 분석된 상대풍부도에 따르면, 우점종은 피라미 (*Zacco platypus*)로서 46.6%의 높은 상대풍부도를 보였고, 그 외에 납자루 (*Acheilognathus lanceolatus*, 8.7%) 및 누치 (*Hemibarbus labeo*, 7.6%) 등이 주요 우점종으로 나타났다 (Table 1). 이는 갑천의 생태 건강성을 평가한 다른 문헌 (Lee, 2001; Bae and An, 2006)의 어류상과 유사한 양상을 보였으며, 금강수계 조사의 우점종과도 일치하는 연구 결과를 보였다 (Choi, 1987).

장마전기인 봄부터 장마후기인 가을까지의 계절별 각 조사구간의 어류분포 특성에 따르면, 각 계절별 우점종은 피라미, 참마자 (*Hemibarbus longirostris*) 및 붕어 (*Carassius auratus*)로 나타났으며, 중류구간 (M_p)에서는 계절에 상관없이 모두 동일하게 피라미가 우점종으로 나타났다 (Table 2). 이와 같은 잉어과 어류가 다른 과보다 우세하게 나타나는 것은 하천의 수심이 얕은 여울의 형성 및 정체성 수풀지역의 혼합된 서식지 특성 때문으로 사료되었으며, 한국의 서해로 유입되는 하천에서 볼 수 있는 공통된 현상이다 (Jeon, 1980).

월평 보존공원 내에서 채집된 어류 중 한국 고유종은 돌마자 (*Microphysogobio yaluensis*), 눈동자개 (*Pseudobagrus koreanus*), 미호종개 (*Iksookimia choii*) 등 총 10종이 채집되었고 상대풍부도는 8.7%로 낮게 나타났다. 이들 중 미호종개는 천연기념물 제 454호인 법정보호종으로서 3개체가 채집되어 개체수 밀도가 극히 낮은 것으로 나타났다 (Table 1). 미호종개의 서식지 특성은 하상이 주로 모래이고 유속이 빠르지 않은 곳에 서식하는 특징을 보이는 종으로 2007년 이후 환경부의 수생태계 건강성 조사 및 평가에서도 중류구간 (M_p)에서만 채집되어 서식지 보호가 절대적으로 필요한 것으로 사료되었다 (MEK, 2008). 고유종의 서식 유무는 어류 서식지의 수 환경 상태를 대변하는 지표로서 서식지가 악화되면 고유종의 비율이 급격히 감소하는 경향을 보이는 것으로 보고하고 있다 (Choi *et al.*, 2000; Lee and An, 2010). 따라서 고유종의 낮은 상대풍부도 (8.7%)를 보인 갑천은 하천 주변으로부터 유입되는 점·비점오염원의 영향과 공사로 인한 서식지 교란 등에 의하여 수환경 상태가 악화되고 있는 것으로 판단되었다.

본 보존지역 내 출현한 외래종은 배스 (*Micropterus salmoides*)와 떡붕어 (*Carassius cuvieri*)로, 배스는 3개 조사구간 모두에서 출현하였고, 떡붕어는 중류구간 (M_p)에서만 출현하였다 (Table 1). 육식성이면서 탐식성인 배스는 2.0%의 상대풍부도를 보여 점유율 면에서는 미약한 것으로 보이나, 정수역을 선호하는 특성을 갖는 어종

Table 1. Fish fauna and its relative abundance (RA) along with tolerance guilds (TO_g) and trophic guilds (TR_g) at three sampling sites (U_r, M_r, D_r) of Walpyung Conservation Park during June 2010~April 2011. The species lists were re-arranged by the order of fish abundance.

Species/Sites	TO _g	TR _g	U _r	M _r	D _r	T _{ni}	RA (%)
<i>Zacco platypus</i>	TS	O	322	541	381	1244	46.64
<i>Acheilognathus lanceolatus</i>	IS	O	46	133	54	233	8.74
<i>Hemibarbus labeo</i>	TS	I	139	27	36	202	7.57
<i>Pseudogobio esocinus</i>	IS	I	28	150	20	198	7.42
<i>Hemibarbus longirostris</i>	IS	I	91	58	40	189	7.09
<i>Opsarichthys uncirostris amurensis</i>	TS	C	44	32	30	106	3.97
<i>Carassius auratus</i>	TS	O	20	3	70	93	3.49
<i>Microphysogobio yaluensis</i>	IS	O	19	21	22	62	2.32
<i>Coreoleuciscus splendidus</i>	SS	I	0	12	47	59	2.21
<i>Micropterus salmoides</i>	TS	C	41	10	2	53	1.99
<i>Iksookimia koreensis</i>	IS	I	5	34	3	42	1.57
<i>Acheilognathus rhombeus</i>	IS	O	0	28	4	32	1.2
<i>Pseudobagrus koreanus</i>	SS	I	2	21	1	24	0.9
<i>Pungtungia herzi</i>	IS	I	0	15	9	24	0.9
<i>Odontobutis interrupta</i>	IS	C	7	10	2	19	0.71
<i>Rhinogobius brunneus</i>	IS	I	12	4	2	18	0.67
<i>Rhodeus uyekii</i>	IS	O	6	1	9	16	0.6
<i>Gnathopogon strigatus</i>	IS	I	5	7	4	16	0.6
<i>Acanthorhodeus macropterus</i>	IS	O	0	9	0	9	0.34
<i>Acanthorhodeus gracilis</i>	IS	O	0	5	0	5	0.19
<i>Misgurnus mizolepis</i>	TS	O	1	1	3	5	0.19
<i>Iksookimia choii</i>	SS	I	0	3	0	3	0.11
<i>Cobitis lutheri</i>	IS	I	0	1	2	3	0.11
<i>Pseudorasbora parva</i>	TS	O	1	2	0	3	0.11
<i>Cyprinus carpio</i>	TS	O	1	1	0	2	0.07
<i>Zacco koreanus</i>	SS	I	1	1	0	2	0.07
<i>Silurus asotus</i>	TS	C	0	0	1	1	0.04
<i>Misgurnus anguillicaudatus</i>	TS	O	0	1	0	1	0.04
<i>Acheilognathus yamatsutae</i>	IS	O	0	1	0	1	0.04
<i>Carassius cuvieri</i>	TS	O	0	1	0	1	0.04
<i>Tridentiger brevispinis</i>	IS	I	1	0	0	1	0.04
Total number of species			20	29	21	31	
Total number of individuals			792	1133	742	2667	

* SS=Sensitive Species, IS=Intermediate Species, TS=Tolerance Species, O=Omnivore Species, I=Insectivore Species, C=Carnivore Species, and T_{ni}=Total number of individuals

Table 2. Primary dominant species during three seasons of premonsoon (P_{re}), monsoon (M_{on}), and postmonsoon (P_{os}) in Walpyung Conservation Park during June 2010~April 2011.

Sites/Seasons	P _{re}	M _{on}	P _{os}
U _r	<i>Hemibarbus longirostris</i> (33.0%)	<i>Zacco platypus</i> (42.1%)	<i>Zacco platypus</i> (44.5%)
M _r	<i>Zacco platypus</i> (48.1%)	<i>Zacco platypus</i> (24.8%)	<i>Zacco platypus</i> (51.2%)
D _r	<i>Carassius auratus</i> (42.5%)	<i>Zacco platypus</i> (47.5%)	<i>Zacco platypus</i> (67.3%)

으로서 갑천의 정수역이 증가할수록 더욱 높은 상대 풍부도를 보일 것으로 예상되며, 이에 따른 월평공원 보존구간 내 정수역의 생태계교란이나 먹이사슬 파괴에 대한 경각심을 가져야 할 것으로 사료되었다.

2. 군집구조 분석 (Community Structure)

중류구간 (M_r)에서 전체 조사구간 중 가장 많은 종 (29종)이 출현하였고, 많은 개체수 분포를 보여 중풍부도 지수가 가장 높게 나타났다 (Table 3). 반면에 하류구간 (D_r)

Table 3. The analysis of fish community structures, based on species richness index, species diversity index, evenness index, and dominance index collected from Walpyung Conservation Park during June 2010 ~ April 2011.

Sites	Species richness index			Species evenness index			Species diversity index			Community dominance index		
	P _{re}	M _{on}	P _{os}	P _{re}	M _{on}	P _{os}	P _{re}	M _{on}	P _{os}	P _{re}	M _{on}	P _{os}
U _r	2.464	1.712	2.363	0.711	0.774	0.638	1.971	1.700	1.685	0.213	0.248	0.276
M _r	3.586	3.008	2.840	0.632	0.831	0.575	1.982	2.251	1.693	0.267	0.135	0.310
D _r	2.852	2.176	2.198	0.707	0.708	0.485	2.004	1.697	1.279	0.193	0.282	0.471

에서는 비교적 많은 개체수가 채집되었으나 잡식성 이면서 내성종인 피라미가 단연 우점하여 (51.3%), 군집 우점도가 최고치를 보였다. 또한, 주변 오염 및 생태계 교란에 의한 군집편향 분포현상 (Skewed distribution)을 보여 변형된 군집구조를 갖고 있는 것으로 사료되었다 (Table 3). 이런 불안정한 군집구조를 보이는 하류구간 (D_r)의 어류서식환경은 타 지점에 비하여 열악한 물리적, 화학적 수질상태를 보였으며, 이러한 결과를 가져온 주요요인은 골재채취로 인한 하상 구조의 변화, 소 (Pool) 및 정체성 유수대 (Run)에 서식하는 외래어종인 배스에 의한 일반 어종의 감소, 오염 부하량 증가에 따른 수질악화 등으로 사료되었다. 상류구간 (U_r) 및 하류구간 (D_r)을 비교하였을 때, 상류구간 (U_r)의 경우, 종 풍부도는 낮으나 종 균등도와 다양도가 높고, 우점종인 피라미의 상대풍부도 역시 낮은 편으로 나타나 양호한 어류 서식환경을 보여주는 반면, 하류구간 (D_r)은 이와 반대의 어류분포 양상을 보여주었다. 현재 실시되고 있는 중류구간 (M_r)의 현장공사는 하천의 수질에 있어서 하류구간 (D_r)에 부유물 증가에 의한 하상구조의 단순화 현상을 가져다 준 것으로 사료되었다.

3. 어류의 길드 특성 분석 (Fish Guild Analysis)

월평공원 보존지역 내에서 분석된 어류의 내성도 (Tolerance guild) 및 섭식 길드 (Trophic guild)는 하천의 교란에 따른 내성종 및 민감종 변화에 대한 오염도 특성을 반영하였고, 또한 먹이연쇄에 대한 생태 피라미드의 변화를 제시하는 중요한 변수로 사용되었다. 어류의 내성도 분석에 따르면, 민감종 (Sensitive species, SS)은 전체 조사구간에서 3.3%, 중간종 (Intermediate species, IS)은 32.5%, 내성종 (Tolerance species, TS)은 64.2%로 나타나 단연 내성종이 우세한 것으로 나타났다 (Fig. 2). 전체 내성종 중 피라미의 상대풍부도가 72.7%로 주류를 이루었으며, 이런 특정 종의 우점 현상은 수환경 오염 및 공사와 같은 인간의 인위적 서식지 파괴에도 불구하고 서식지 적응력이 뛰어난 내성종이 보다 생존가능성이 높았을

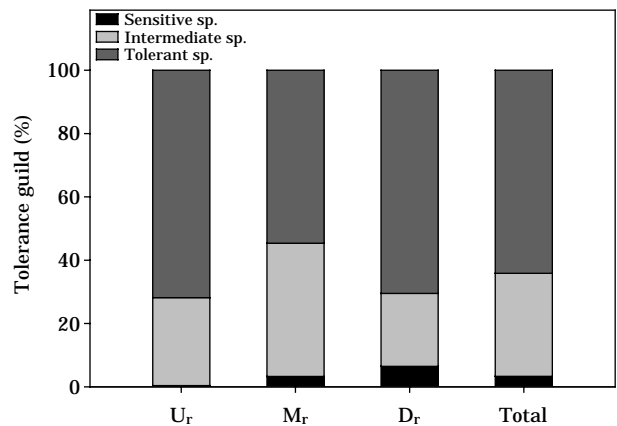


Fig. 2. Tolerance guild analysis, based on the approach of An *et al.* (2002) in Walpyung Conservation Park during June 2010 ~ April 2011.

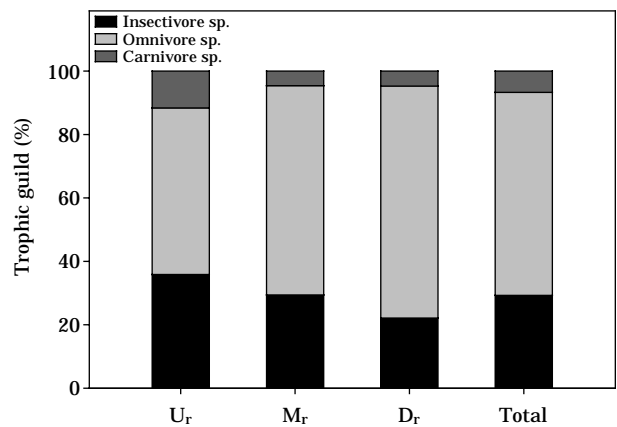


Fig. 3. Trophic guild analysis, based on the approach of An *et al.* (2002) in Walpyung Conservation Park during June 2010 ~ April 2011.

것으로 사료되었다. 반면에 쉬리 (*Coreoleuciscus splendidus*)와 같은 종은 용존산소가 높은 여울 서식지 및 수서 곤충과 같은 먹이 자원량에 민감하고, 화학적 유기오염 및 부영양화에도 민감하게 반응하여 많은 개체수 유지가

불가능했을 것으로 사료되었다. 내성도 어종 구성 측면에서, 각 내성도 별 주요 우점종을 보면, 내성종은 피라미(72.7%), 중간종은 납자루(26.8%), 민감종은 쉬리(67.0%)로 나타났다.

단위 CPUE별 조사구간 분석에 따르면, 중류구간(M₁)에서 민감종은 34개체, 3.3%로 나타났으며, 내성종은 타 조사구간에 비해 가장 낮게 나타났다(54.6%). 이런 특성은 현재 중류구간(M₁)에서 어류가 서식하기에 좋은 환경을 유지하고 있으나 여전히 일부 환경변화가 있을 경우 민감종이 극히 감소할 것으로 사료되어 이에 대한 보존이 시급한 것으로 사료되었다. 특히 이 구간에 법정보호종인 천연기념물 제454호 미호종개가 단지 3개체만 채집되어 단위 개체군 밀도가 매우 낮아 수환경의 개선이 시급한 것으로 나타났다. 반면, 내성종 구성비가 높게(70.5%) 나타난 하류구간(D₁)은 물리적 서식환경이 교란된 것으로 나타났다.

한편, 섭식 길드(Trophic guild) 분석에 따르면, 잡식종(Omnivore species, OS)은 전체 중 64.0%, 충식종(Insectivore species, IS)은 29.3%, 육식종(Carnivore species, CS)은 6.7%의 구성비를 보여 단연 잡식종 우점현상을 보였다(Fig. 3). 일반적으로 잡식종 우점현상은 먹이의 특이성(Food specificity)이 사라지고, 유기물 오염이 증가하는 경우 그 상대적인 비율이 증가하는 것으로 알려져 있어(Barbour *et al.*, 1999), 본 연구대상 수계는 전반적으로 서식지의 질 및 유기물 오염이 크게 진행된 것으로 사료되었다. 조사구간별 섭식구조 특성에 따르면, 상류, 중류, 하류구간에서 잡식종(OS) 비율은 각각 52.5%, 66.0%, 73.2%로서 모든 구간에서 잡식종이 우세하게 나타났으며, 충식종(IS)은 상류에서 하류 구간(D₁)으로 갈수록 감소하는 경향을 보였다. 섭식 구조별 어종 분석에 따르면, 잡식종에서 피라미가 72.9%, 충식종에서 누치가 31.6%를 차지하여 각각의 대표종으로 나타났다.

본 연구대상 하천의 중류구간(M₁)은 타 구간에 비하여 종 다양도가 높고 서식지가 적절히 보존되고 있으나, 내성종(TS) 및 잡식종(OS)의 우점화 현상은 도심하천의 전형적인 특성들로 판단되었다. 그러나 본 연구대상 구간에는 천연기념물 제454호로 지정된 미호종개의 극히 작은 개체군이 발견되어 보존방안 및 대책마련에 대한 연구가 시급한 것으로 나타났다. 특히, 현재 서남부의 도안신도시-내동을 연결하는 동서관통도로의 터널 공사가 본 조사구간 내 진행되고 있는 상황에서 천연기념물인 미호종개의 물리적 서식지의 교란 및 이로 인한 부유 퇴적물이 하천으로 유입될 것으로 예측되는 바 이에 대한 보존구역으로서의 시급한 생태 관리 및 대책마련이 요구된다.

적 요

본 연구에서는 월평공원 주변의 수생태계 보존을 위해 공원지역을 포함한 갑천의 3개 지점을 선정하여 2010~2011년 동안 총 5회에 걸쳐 어류상, 군집분석 및 길드 분석을 실시하였다. 총 31종 2,667개체가 채집되었으며, 전체 어종 중 주요 우점종은 피라미(*Zacco platypus*) 46.6% 및 납자루(*Acheilognathus lanceolatus*) 8.7%로서 이 두 종은 전체의 50%를 상회하였다. 한국 고유종으로는 돌마자(*Microphysogobio yaluensis*)를 포함하여 총 10종이고 개체수 상대풍부도는 8.7%로 나타났다. 또한 법정 보호종으로는 천연기념물 454호인 미호종개(*Iksookimia choii*) 1종 3개체가 채집되었다. 군집분석 결과에 따르면, 종 풍부도 지수(species richness index)는 다른 지점에 비해 많은 종이 출현한 중류구간(M₁)에서 3.145로 높게 나타났으며, 상류구간(U₁)에서 2.180로 가장 낮게 나타났다. 종 다양도 지수(species diversity index)는 상류구간(U₁) 1.785, 중류구간(M₁) 1.975, 하류구간(D₁) 1.660으로 나타나 중·하류 구간에서 유입되는 대전 도심의 점오염원 및 비점오염원에 의한 영향이 분명하게 나타났다. 어류의 내성도 길드(Tolerance guild) 분석에 따르면, 내성종이 전체 중 64.2%를 차지하였고, 반면, 민감종은 3.3%로 나타나 단연 내성종이 우세하게 나타났다. 섭식 길드(Trophic guild) 분석 측면에서는 잡식종(Omnivore species)은 64.0%, 충식종(Insectivore species)은 29.3%의 구성비를 보여 잡식종 우점현상이 뚜렷했다. 대도심 공원에 다양한 한국 고유종 및 천연기념물이 서식하고 있으므로, 향후 공원이 서식지 보존지역으로 지정되어 관리 보존되어야 할 것으로 사료된다.

사 사

본 연구는 대전녹색환경지원센터의 2009년도 연구개발 사업 지원에 의해 이루어진 것이며, 이에 감사드립니다.

인 용 문 헌

- An, K.G., D.H. Yeom and S.K. Lee. 2001. Rapid bioassessments of Kap stream using the index of biological integrity. *Korean Journal of Environmental Biology* 19(4): 261-269.
- An, K.G., J.Y. Lee, D.Y. Bae, J.H. Kim, S.J. Hwang, D.H. Won, J.K. Lee and C.S. Kim. 2006. Ecological assess-

- ments of aquatic environment using multi-metric model in major nationwide stream watersheds. *Journal of Korean Society on Water Quality* **22**(5): 796-804.
- An, K.G., J.Y. Shin and S.S. Park. 2002. An evaluation of a river health using the Index of Biological Integrity along with relations to chemical and habitat conditions. *Environment International* **28**(5): 411-420.
- Bae, D.Y. and K.G. An. 2006. Stream ecosystem assessments, based on a biological multimetric parameter model and water chemistry analysis. *Korean Journal of Limnology* **39**(2): 198-208.
- Barbour, M.T., J. Gerritsen, B.D. Snyder and J.B. Stribling. 1999. Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadeable rivers: Periphyton, benthic macroinvertebrates and fish, Second Edition. EPA 841-B-99-002. Office of Water, US EPA. Washington, D.C., USA.
- Choi, J.K., H.K. Byeon and H.K. Seok. 2000. Studies on the dynamics of fish community in Wonju stream. *Korean Journal of Limnology* **33**(3): 274-281.
- Choi, K.C. 1987. Nature of Chungnam Province. Freshwater fishes. Korea Foundation for the Advancement of Science and Technology, Jeongmun Publishing Co., Korea.
- Jeon, S.R. 1980. Studies on the distributions of the Korean freshwater fishes. PhD thesis, Chungang University, Korea.
- Karr, J.R. 1981. Assessment of biotic integrity using fish communities. *Fisheries* **6**(6): 21-27.
- Kim, I.S. and J.Y. Park. 2002. Freshwater fish of Korea. Kyo-Hak Publishing Co., Ltd., Seoul, Korea.
- Kim, J.K. 2007. Basic strategies of stream restoration for three major streams in Daejeon Metropolitan City. *Korea River Association, River and Culture* **3**(4): 31-36.
- KLHC (Korea Land and Housing Corporation). 2011. Preliminary study for designations of wetland and ecological landscape conservation area in the region including Walpyung Park and Gap Stream.
- Lee, C.L. 2001. Ichthyofauna and fish community from the Gap Stream water system, Korea. *Korean Journal of Environmental Biology* **19**(4): 292-301.
- Lee, H.Y., C.H. Oh, E.S. Kim, Y.W. Son and K.S. Park. 2010. The vegetation and soil characteristics of urban forest as geological location in Daejeon, Korea. *Korean Journal of Environmental Ecology* **24**(5): 566-574.
- Lee, J.H. and K.G. An. 2010. Ecological health assessment based on fish assemblages along with total mercury concentrations of *Zacco platypus* in Miho Stream. *Korean Journal of Limnology* **43**(2): 288-297.
- Margalef, R. 1958. Information theory in ecology. *General Systems Yearbook* **3**: 36-71.
- MEK (Ministry of Environment, Korea). 2000. Environmental Statistics Almanac. Vol. 13. p. 623.
- MEK (Ministry of Environment, Korea). 2006. Researches for integrative assessment methodology of aquatic environments (III): Development of aquatic ecosystem health assessment and evaluation system. National Institute of Environmental Research (NIER). Incheon, Korea.
- MEK (Ministry of Environment, Korea). 2007. Establishment of monitoring network for survey and evaluation of aquatic ecosystem health (III). National Institute of Environmental Research (NIER). Incheon, Korea.
- MEK (Ministry of Environment, Korea). 2008. Survey and Evaluation of Aquatic Ecosystem Health in Korea. National Institute of Environmental Research (NIER). Incheon, Korea.
- Pielou, E.C. 1975. Ecological diversity. John Wiley and Son, Inc., NY.
- Plafkin, J.L., M.T. Barbour, K.D. Porter, S.K. Gross and R.M. Hughes. 1989. Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadeable rivers: Benthic macroinvertebrates and fish. EPA/444-4-89-001. Office of Water regulations and standards. US EPA. Washington, D.C., USA.
- Ryu, B.R. 2007. Present status of three major streams for stream restoration in Daejeon Metropolitan City. *Korea River Association, River and Culture* **3**(4): 37-41.
- Sanders, R.E., R.J. Miltner, C.O. Yoder and E.T. Rankin. 1999. The use of external deformities, erosion, lesions, and tumors (DELT anomalies) in fish assemblages for characterizing aquatic resources: a case study of seven Ohio streams, p. 225-248. *In: Assessing the sustainability and biological integrity of water resources using fish communities* (Simon, T.P. eds.). CRC Press, Boca Raton, FL., USA.
- Shannon, C.E. and W. Weaver. 1949. The mathematical theory of communication. University of Illinois Press, Urbana, USA.
- Simpson, E.H. 1949. Measurement of diversity. *Nature* **163**: 688.
- Son, Y.M. and H.B. Song. 2006. Freshwater fishes of Geum River, Korea. Jisung Publishing Co., Seoul, Korea.
- Strahler, A.N. 1957. Quantitative analysis of watershed geomorphology. *Transactions of American Geophysical Union* **8**(6): 913-920.
- Wentworth, C.K. 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. *Journal of Geology* **30**(5): 377-392.

(Manuscript received 14 January 2012,

Revised 15 March 2012

Revision accepted 20 July 2012)