

환경유량산정 및 하천건강성평가를 위한 어류모니터링 기법 확립

Establishment of Fish Monitoring Technique for Estimation of Environmental Flow and Stream Health Assessment

서진원*, 임인수**, 김기형***, 김정곤****

Jinwon Seo, Insoo Lim, Gee Hyoung Kim, Jyong gon Kim

요지

하천의 건강성을 유지하고 수환경의 정상적인 기능을 회복하기 위해서는 수서생물들에게 알맞은 서식환경 조성, 점오염원 및 비점오염원 차단, 적절한 유량과 같은 다양한 조건이 요구된다(Gore 1895; Gore et al. 1989). 이 중 유량은 수생태계를 이루는 물리적, 화학적, 생물학적 요소들 가운데 기본이 된다고 할 수 있다(Bunn and Arthington 2002; Nilsson and Svedmark 2002; Arthington et al. 2006). 국내 하천관리를 위한 하천유지유량의 산정에서 고려하고 있는 갈수량, 하천생태계, 하천수질 등 8가지 항목 가운데 최근 생태계와 환경에 대한 사회적·국민적 관심이 증가하면서 하천생태계를 고려한 환경유량의 중요성이 부각되었으나, 현실적으로 생태계를 고려한 정량적 조사자료 구축 및 환경유량산정 등의 객관적 자료는 미흡한 실정이다. 특히, 과거 해당수계 및 하천의 어류분포 현황 파악을 중심으로 이루어진 어류조사는 환경유량 산정 시 기초자료로 활용하거나 직·간접적으로 어류상이 변화하는 원인을 분석하는 자료로 활용하기에는 객관성이 결여되어 있다고 할 수 있다. 어류모니터링 기법 확립은 환경유량산정에 있어 요구되는 정량화와 자료의 객관성을 높이기 위한 작업으로 문헌조사와 청문조사를 포함한 사전조사, 현장조사, 조사결과 정리, 고찰 등의 총 4가지 과정을 기본으로 실시하는 것으로 정하였다(그림. 1). 청문조사와 문헌조사 등의 사전조사를 통해 기존자료를 확보하고 현장의 답사, 조사구간, 방법, 시기 등의 선정을 통해 두 번째 단계인 현장조사의 효율성을 높였다. 현장조사에서는 어류분포 현황 외에도 해당지점의 하상재료, 식생, 유속, 수심, 수질 등 조사지점의 수 환경요소 전반을 기록하여 어류의 서식과 물리·화학적 수환경과의 상호관계를 파악하고자 하였다. 마지막으로 고찰단계에서는 조사대상 지역 전반적인 어류상 특징과 함께 보호종, 한국고유종, 외래도입종 출현유무 및 빈도, 물리적, 화학적 수환경의 특징, 수환경에 따른 어류상 특징 등의 분석과 함께 조사하천의 건강성을 평가하고자 하였다. 본 연구는 어류모니터링 기법 확립을 통해 환경유량산정 시 요구되는 객관적 기초자료를 구축하고 나아가 오염물질 유입, 하천정비사업 등의 각종 교란요인에 의해 발생할 수 있는 문제점들에 능동적으로 대처하고 교란에 의해 약화된 수환경의 복원을 위해 요구되는 객관적 기초자료 생산에 목적이 있다.

핵심요지 : 환경유량, 하천건강성평가, 어류모니터링, 하천복원

* 정회원 · 한국수자원공사 수자원연구원 · E-mail : jinwonseo91@kwater.or.kr

** 비회원 · 한국수자원공사 수자원연구원 · E-mail : banssok@naver.com

*** 정회원 · 한국수자원공사 수자원연구원 · E-mail : water0418@paran.com

**** 정회원 · 한국수자원공사 수자원연구원 · E-mail : jkkim@kwater.or.kr

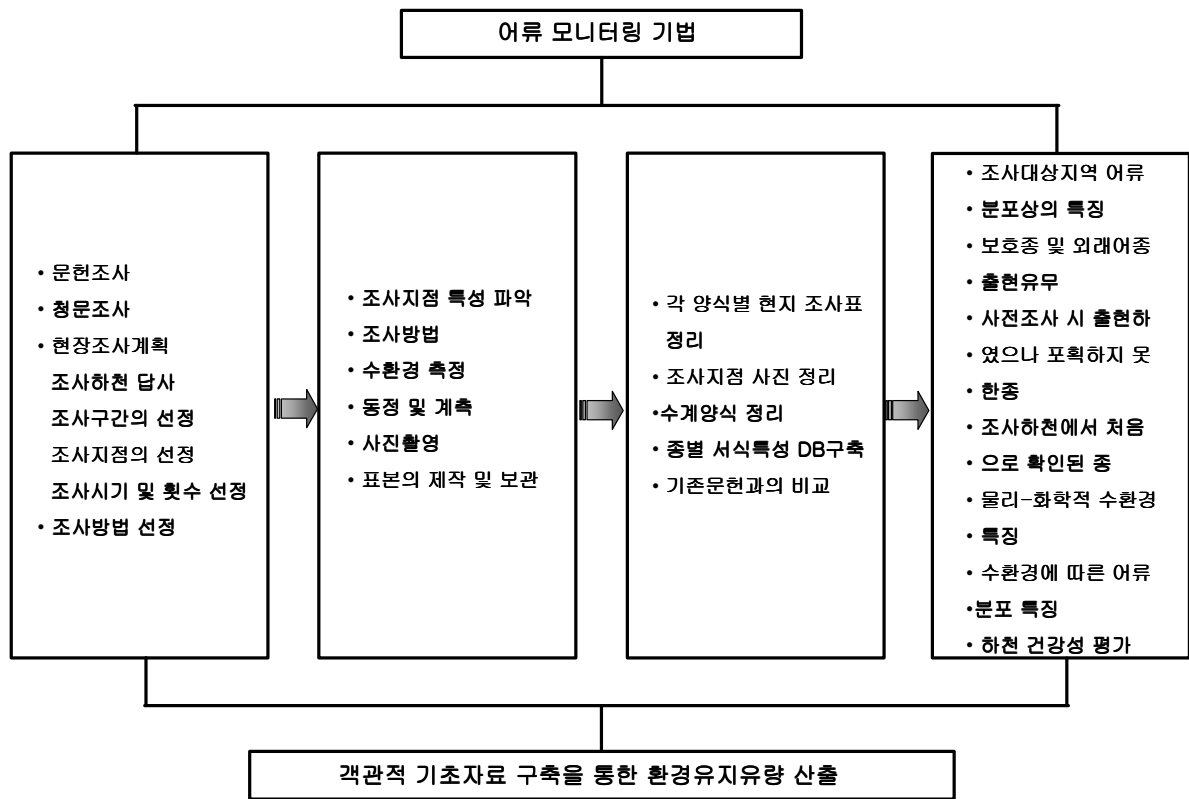


그림. 1 어류모니터링기법의 수립

1. 서론

최근 경제성장과 더불어 청정한 환경에서 안정된 생활을 영위하고자 하는 국민들의 욕구가 증가함에 따라 환경의 보전 및 복원에 대한 관심이 높아지고 있다(김동욱 2004). 특히 하천의 경우 시민들의 레저 활동 및 휴식을 위한 공간으로 활용되고 있어 청정한 환경 유지를 위한 노력이 필요로 되어 진다. 그러나 도심하천을 비롯한 국내 하천의 경우 오염원 증가에 따른 오염물질의 유입, 홍수방지를 위한 하천정비 등의 다양한 원인에 의해 수질악화, 수생태계 종 다양도 감소 등의 문제가 발생하고 있다는 것은 부정할 수 없는 사실이다(김규호 1999).

하천의 자정 능력을 향상시키고 하천의 정상적인 기능을 회복하기 위해서는 수생물의 서식환경 조성, 오염원 차단, 적정 하천유지유량 유지 등의 다양한 조건이 요구된다(Gore 1895; Gore et al. 1989). 이 중 하천유지유량의 유지는 기타 서식환경 조성에 있어 기본이 된다고 할 수 있다(Bunn and Arthington 2002; Nilsson and Svedmark 2002; Arthington et al. 2006). 국내의 하천 관리를 위한 하천유지유량의 산정에서 고려하고 있는 갈수량, 하천생태계, 하천수질 등 8가지 항목 가운데 환경에 대한 사회적 관심이 증가하면서 하천생태계를 고려한 유량의 중요성이 증가하게 되었으나, 현실적으로 하천생태계를 고려한 유량의 산정방법, 정량화, 기초DB 등의 객관적 자료는 미흡한 실정이다. 특히, 어류 및 수생태계 복원을 위해 필요한 어류생태를 고려한 유량의 산정방법은 아직까지 기초적인 단계에 머물러 있는 상황이다. 국내에 서식하고 있는 한국고유종 및 토착어종들은 여울과 소가 반복되는 하천의 특성을 이용하여 서식하고 산란한다. 이는 다양한 종의 서식을 위해서는 다양한 수환경이 제공되어야 한다는 것을 의미한다. 국내 하천은 노년기 평형 하천

으로 많은 하천들이 사행하천의 특성을 보이고 있다. 이런 형태의 하천은 여울과 소를 형성하여 다양한 수심 및 유속을 제공하여 다양한 부유성 어종 및 저서성 어종 등 수심 및 유속에 민감하게 반응하는 종의 서식을 가능하게 한다. 그러나 홍수방지를 위한 하천정비, 유량감소 등의 하천 교란요인에 의해 국내 하천의 경우 직선화되어 수환경이 단순화되고 이에 따라 종 다양도는 감소하고 있다. 또한 갈수기에 해당되는 4~6월이 어류의 산란기가 집중되는 시기이지만, 효율적인 용수공급을 위한 유량 조절로 인해 어류의 산란에 영향을 끼치고, 이에 따라 종 다양도 및 개체수가 감소하여 하천 내 소수가 서식하는 특정 종은 절멸하는 상황을 초래하기도 한다.

과거 국내 어류조사는 해당수계 및 하천의 어류분포 현황 파악을 중심으로 이루어져 왔기 때문에 유량산정 시 기초자료로 활용하거나 직·간접적인 교란요인으로 변화하는 생물상 변화 원인을 분석하는 자료로 활용하기에는 자료의 객관성이 결여되어 있다. 본 연구는 어류생태를 위한 모니터링 기법을 확립하고, 어종별 서식환경 특성을 파악하여 어류 생태계에 필요한 적정 유량을 산정에 요구되는 객관적인 기초 자료를 구축하기 위한 어류생태 모니터링의 일반적인 사항의 수립에 목적이 있다.

2. 조사방법 및 조사구간

조사는 금강수계 대청댐 하류, 용담댐 하류 등 2개지점을 선정하여 실시하였으며 사전조사, 현장조사, 조사결과정리, 고찰 등의 4가지 과정을 기본으로 실시하였다(그림. 2). 사전조사에서는 문헌조사, 청문조사를 통해 기존 어류현황을 파악하였고, 현장조사계획의 수립을 통해 현장조사의 효율성을 높이고자 하였다. 현장조사에서는 투망, 족대, 통발 등의 어류 포획도구를 이용하여 어류 분포현황을 파악하였고 하상재료, 유속, 수심 등의 수환경을 측정하였다. 조사결과는 현지조사표를 기본으로 기존문헌과의 비교, 종별 서식특성DB 등을 작성하였다.

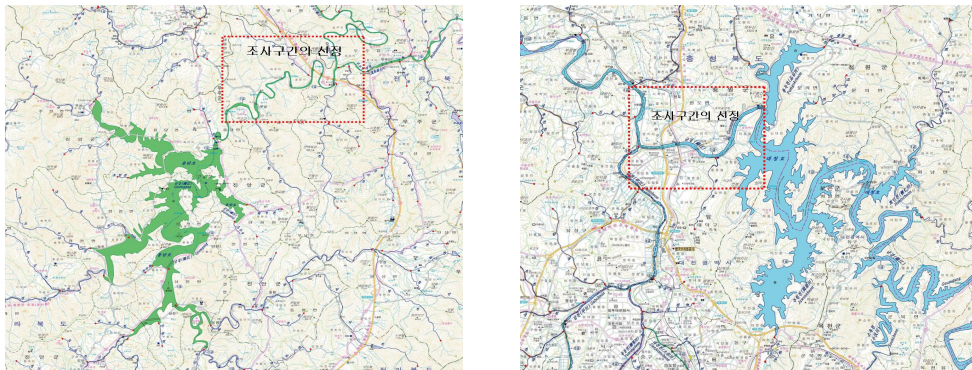


그림. 2 조사지점(좌 : 용담댐하류, 우 : 대청댐 하류)

3. 조사결과 및 고찰

용담댐 및 대청댐 하류 2개 지점을 선정하여 어류조사를 실시한 결과 총 6과 19종 260개체(대청댐 하류 : 2과 11종 133개체, 용담댐 하류 : 5과 14종 127개체)의 서식을 확인할 수 있었다(표 1). 분류군별 서식현황을 살펴보면 잉어과 분류군이 68.4%(13종)으로 가장 높은 출현율을 보였으며, 다음으로 망둑어과 10.5%(2종), 그 밖의 분류군은 5.3%(1종)의 출현율을 보였다. 우점종은 우리나라 대부분 중·하류 하천에서 우점하는 종인 피라미가 25.4%의 비교풍부도(출현개체수/총개체수×100)보였으며, 대청댐 하류에서 다수가 포획된 민물검정망둑이 20%의 비교풍부도를 보여

표 1 금강수계 어류조사 결과

| Species | 금강수계 | | 총합계 |
|--|-----------|-----------|-----|
| | 금강(대청댐하류) | 금강(용담댐하류) | |
| Cyprinidae 잉어과 | | | |
| <i>Acheilognathus intermedia</i> 납자루 | 3 | | 3 |
| <i>Acheilognathus yamatsutae</i> 줄납자루 | | 26 | 26 |
| <i>Pseudopungtungia nigra</i> 감돌고기 | | 26 | 26 |
| <i>Pungtungia herzi</i> 뜰고기 | 1 | 2 | 3 |
| <i>Coreoleuciscus splendidus</i> 쉬리 | 1 | 18 | 19 |
| <i>Sarchocheilichthys varigatus wakiyae</i> 참중고기 | | 6 | 6 |
| <i>Squalidus gracilis majimae</i> 긴물개 | 2 | | 2 |
| <i>Hemibarbus labeo</i> 누치 | 8 | 1 | 9 |
| <i>Hemibarbus longirostris</i> 참마자 | 3 | 1 | 4 |
| <i>Pseudogobio esocinus</i> 모래무지 | 1 | | 1 |
| <i>zacco koreanus</i> 참갈겨니 | 21 | 9 | 30 |
| <i>Zacco platypus</i> 피라미 | 39 | 27 | 66 |
| <i>Opsarlichthys bidens</i> ㄱ리 | | 1 | 1 |
| Cobitidae 미꾸리과 | | | |
| <i>Iksookimia koreensis</i> 참종개 | | 4 | 4 |
| Bagridae 동자개과 | | | |
| <i>Pseudobagrus koreanus</i> 눈동자개 | | 2 | 2 |
| Centropomidae 꺾지과 | | | |
| <i>Coreoperca herzi</i> 꺾지 | | 2 | 2 |
| Odontobutidae 동사리과 | | | |
| <i>Odontobutis platycephala</i> 동사리 | | 2 | 2 |
| Gobiidae 망둑어과 | | | |
| <i>Rhinogobius brunneus</i> 밀어 | 2 | | 2 |
| <i>Tridentiger brevispinis</i> 민물검정망둑 | 52 | | 52 |
| 과 수 | 2 | 5 | 6 |
| 종 수 | 11 | 14 | 19 |
| 개체수 | 133 | 127 | 260 |

아우점종으로 확인되었다. 특히 멸종위기야생동·식물 I 급종인 감돌고기가 용담댐 하류 조사지점에서 다수가 조사되어 10%의 비교적 높은 비교풍부도를 보였다. 한국고유종은 10종이 출현하여 52.3%의 높은 출현율을 보였으며 외래어종의 서식은 확인할 수 없었다.

수환경에 따른 어류분포의 특성을 파악하기 위해 유속 및 수심을 측정할결과 대청댐 하류지점의 경우 다수가 포획된 민물검정망둑은 유속 분포가 0 ~ 0.88m/sec로 확인되었으며, 서식범위가 넓어 다양한 수환경에 서식하는 피라미는 본 조사에서 0 ~ 0.56m/sec 범위의 유속의 비교적 느린 곳에서 다수가 포획되었으나 조사구간을 확대할 경우 유속이 빠른 곳을 포함하는 좀 더 넓은 구간에서의 서식을 확인할 수 있을 것으로 보인다. 쉬리는 비교적 유속이 빠른 여울부에 서식하는 종으로 본 조사에서 비록 1개체의 소수가 확인되었으나 차 후 모니터링 시 여울부의 조사횟수를

증가시킨다면 쉬리가 선호하는 유속 범위를 확인할 수 있을 것으로 사료된다. 수심의 경우 조사가 조사자가 도보로 이동할 수 있는 범위로 제한되어 모든 조사구간이 1m 이내의 수심을 보였다. 하천 바닥에서 주로 서식하는 민물검정망둑이 최소 0.2m 최대 0.9m 수심까지 확인되었다. 유사한 종으로서 같은 속(genus)에 해당하는 참갈겨니와 피라미를 살펴보면 피라미가 좀더 넓은 수심 분포를 보였다(표 2). 용담댐 하류는 비교적 자연형 하천의 형태를 잘 유지하고 있어 여울구간과 소 등의 다양한 물리적 수환경이 존재하는 것으로 나타났다. 종과 수환경의 연관성을 확인한 결과 포획된 종 대부분 여울과 유수역 등의 수체의 흐름이 있는 곳에서 서식을 선호하는 종이었다. 누치 및 참마자는 소수 개체의 서식을 확인하여 대표성을 갖기 위해서는 차 후 조사 시 집중 포획해야 할 것으로 보인다(표 3). 본 조사에서 포획된 보호종 감돌고기의 서식분포를 살펴보면 유속은 0.12~ 0.8m/sec, 수심은 0.35 ~ 0.82m로 나타난 것으로 보아 감돌고기는 수심이 낮고 수체의 흐름이 완만한 곳에서 서식하는 것으로 확인되었다(그림. 3).

표 2 종별 유속 및 수심(대청댐 하류)

| Species | 유속(m/sec) | | | 수심(m) | | |
|---------|-----------|------|------|-------|------|------|
| | 최대 | 최소 | 평균 | 최대 | 최소 | 평균 |
| 긴몰개 | 0.25 | 0.11 | 0.18 | 0.5 | 0.45 | 0.48 |
| 납자루 | 0 | 0 | 0 | 0.62 | 0.62 | 0.62 |
| 누치 | 0.25 | 0.06 | 0.21 | 0.75 | 0.45 | 0.53 |
| 돌고기 | 0.06 | 0.06 | 0.06 | 0.75 | 0.75 | 0.75 |
| 모래무지 | 0.47 | 0.47 | 0.47 | 0.5 | 0.5 | 0.5 |
| 민물검정망둑 | 0.88 | 0 | 0.34 | 0.9 | 0.2 | 0.55 |
| 밀어 | 0.45 | 0.45 | 0.45 | 0.56 | 0.56 | 0.56 |
| 쉬리 | 0.84 | 0.84 | 0.84 | 0.46 | 0.46 | 0.46 |
| 참갈겨니 | 0.84 | 0 | 22 | 0.68 | 0.4 | 0.52 |
| 참마자 | 0.54 | 0.02 | 0.27 | 0.85 | 0.4 | 0.58 |
| 피라미 | 0.56 | 0 | 0.22 | 0.9 | 0.3 | 0.54 |

표 3 종별 유속 및 수심(용담댐 하류)

| Species | 유속(m/sec) | | | 수심(m) | | |
|---------|-----------|------|------|-------|------|------|
| | 최대 | 최소 | 평균 | 최대 | 최소 | 평균 |
| 감돌고기 | 0.8 | 0.12 | 0.48 | 0.82 | 0.35 | 0.53 |
| 프리 | 0.35 | 0.35 | 0.35 | 0.32 | 0.32 | 0.32 |
| 누치 | 0.12 | 0.12 | 0.12 | 0.7 | 0.7 | 0.7 |
| 돌고기 | 0.58 | 0.22 | 0.4 | 0.82 | 0.5 | 0.66 |
| 쉬리 | 0.93 | 0.28 | 0.54 | 0.68 | 0.4 | 0.52 |
| 줄납자루 | 0.93 | 0.12 | 0.5 | 0.82 | 0.32 | 0.55 |
| 참갈겨니 | 0.93 | 0.33 | 0.56 | 0.6 | 0.4 | 0.48 |
| 참마자 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.55 | 0.55 | 0.55 |
| 참중개 | 0 | 0 | 0 | 0.3 | 0.3 | 0.3 |
| 참중고기 | 0.8 | 0.1 | 0.44 | 0.7 | 0.45 | 0.59 |
| 피라미 | 0.93 | 0.12 | 0.54 | 0.7 | 0.32 | 0.49 |

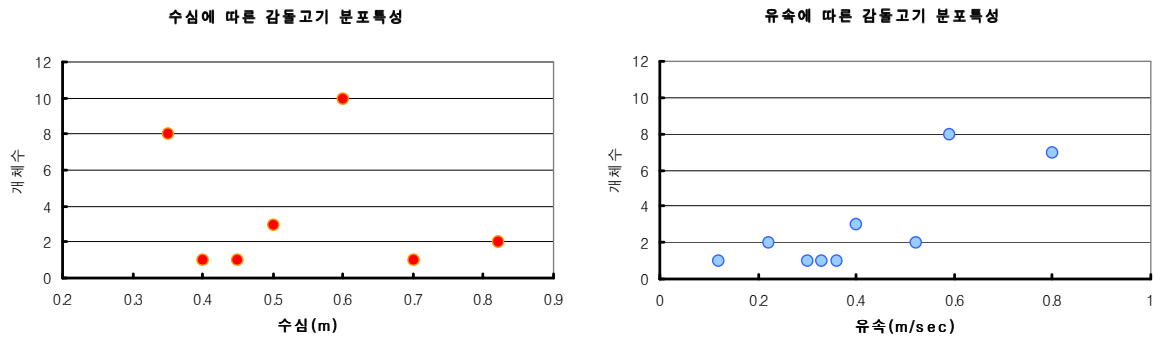


그림 3. 수심 및 유속에 따른 감돌고기(보호종) 서식분포

4. 참고문헌

- 김규호. 1999. 하천 어류 서식 환경의 평가와 최적유량 산정. 연세대학교 대학원 박사학위논문. p 180.
- 김동욱. 2004. 환경영향평가. p 595.
- 김익수. 1997. 한국동식물도감, 제37권 동물편(담수어류). 교육부, 37, pp. 30~629.
- 김익수, 박종영. 2002. 한국의 민물고기. 교학사.
- Bunn, S. E., and A. H. Arthington. 2002. Basic principles and ecological consequences of altered flow regimes for aquatic biodiversity. *Environmental Management* 30: 492-507.
- Gore, J. A. 1895. *The restoration of rivers and streams: theories and experience*, an Ann Arbor Science Book, Butterworth Publishers, Stoneham, Miami.
- Gore, J. A., J. M. Nestler, and J. B. Layzer. 1989. Instream flow predictions and management options for biota affected by peaking-power hydroelectric operations. *Regulated Rivers* 3:35-48.
- Nelson, J. S. 1994. *Fishes of the world*(3rd ed.). John Wiley & Sons, New York.
- Nilsson, C., and M. Svedmark. 2002. Basic principles and ecological consequences of changing water regime: riparian plant communities. *Environmental Management* 30: 468-480.

감사의 글

본 연구는 국토해양부 및 한국건설교통기술평가원 건설기술혁신사업 연구지원(06건설핵심B01)에 의해 수행되었습니다.