



Improvement of river environment management effectiveness

Yeo, Hong Koo^{a*} · Kang, Joon-Gu^b

^aSeinor Research Fellow, Department of Hydro Science and Engineering Research, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology, Goyang, Korea

^bResearch Fellow, Department of Hydro Science and Engineering Research, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology, Goyang, Korea

Paper number: 22-100

Received: 25 October 2022; Revised: 18 November 2022; Accepted: 18 November 2022

Abstract

Since the introduction of the eco-friendly concepts in river management more than 40 years ago, many efforts have been made, such as the improvement of laws and systems, and research and development, and now river environment management is becoming the main issue of river management along with the flood damage reduction. This paper reviewed the history of improvement in relevant laws, and the current river plans prescribed by law. And as a way to improve the effectiveness of river environment management, the importance and implementation method of the level of naturalness survey of physical habitats in rivers were proposed.

Keywords: River environment management, River plans prescribed by law, The level of naturalness survey of physical habitats

하천 환경 관리 실효성 개선방안에 대한 고찰

여홍구^{a*} · 강준구^b

^a한국건설기술연구원 수자원하천연구본부 선임연구위원, ^b한국건설기술연구원 수자원하천연구본부 연구위원

요지

40여년 전 하천관리에 하천환경개념이 도입된 이래 법과 제도개선, 연구개발 등 많은 노력이 경주되어 왔고, 이제 하천환경관리는 치수분야와 더불어 하천관리의 주요 이슈로 자리잡아가고 있다. 본고에서는 관련 법제도의 변천사 및 현행 법정계획 등을 검토하고, 하천환경관리의 실효성을 제고할 수 있는 방안으로서 하천 물리 자연도 조사의 중요성과 시행방안을 제안하였다.

핵심용어: 하천환경관리, 법정하천계획, 물리서식처 자연도 조사

1. 서론

자연환경에 대한 인간의 부족했던 배려는 기후변화로 되 돌아오고 있다. 인간이 지속가능하게 잘 살아갈 수 있을지 여부는 자연환경을 얼마나 잘 지켜내느냐에 달려있다. 과거 자연을 이용과 극복의 대상으로만 보던 시절도 있었지만 이제는 자연기반해법(Natural Based Solution, NBS)을 찾아 자연과 더불어 살아가려 노력하는 시대가 되었다.

국토의 혈관으로 종종 묘사되는 하천은 공공영역으로서 국가는 하천에서 발생하는 홍수피해를 최대한 저감시켜야 하며, 국토환경의 중요한 부분으로서 하천환경을 지키고 관리해야 할 책무가 있다. 국가는 법과 제도를 정비하고 수행해감으로써 이러한 책무들을 이행하게 된다.

1961년 제정된 초기 하천법은 제1조에서 그 목적을 “본법은 하수로 인한 피해를 예방하고 하천사용의 이익을 증진시키기 위하여 하천의 지정, 관리, 사용 및 보전과 비용에 관한 사항을 규정함으로써 하천관리의 적정을 기하며 공공복리의 증진에 기여함을 목적으로 한다.”로 명시하고 있다. 하천의 보전에 대한 사항으로는 제33조(하천에 관한 금지행위)에 유독물

*Corresponding Author. Tel: +82-31-910-0279
E-mail: yeo917@kict.re.kr (Yeo, Hong Koo)

또는 동물 사체 버리는 행위, 수원 변경 해위, 하천 부속물 손괴 행위, 다량의 토석 투여나 하천 침도에 영향을 줄 수 있는 행위 만 금지행위로 수록되어 있다. 전후 경재재건 및 자립이 가장 중요한 이슈였던 당시 상황으로 볼 때 하천사용 이익 증진이 강조됨은 당연한 것으로 생각된다.

하천관리에 있어 하천환경 개선 및 친수공간 개념이 도입된 것은 1980년대에 들어서이다. 친수공간 조성을 위한 한강 종합개발사업(1982~1986)이 추진되었고 환경청 신설로 공공수역 수질관리 업무가 시작되었다(Wu *et al.*, 2018). 1980년대 후반부터 우리나라에도 미국, 유럽, 일본 등의 근자연형 하천가꾸기, 다자연형 하천가꾸기, 하천복원사업 등등의 사례들이 소개되었고, 국민생활수준 향상 및 국민관심 증대에 힘입어 1990년대 후반부터 하천환경과 관련한 각종 연구 및 시범사업 등이 시작되었다(MOLIT, 2014).

1999년 하천법 전부개정시 총칙 제1조에 "...하천환경의 정비·보전을 위하여..."라고 명시함으로써 하천환경분야가 하천법의 목적으로 추가되었고, 동법 제2장 하천의 관리 제 17조 하천정비기본계획에 "② 하천정비기본계획은 수해발생의 상황, 수자원 개발·이용의 현황 및 하천환경 등을 고려하여 수계별로 수립하여야 한다."고 명시함으로써 하천환경이 치수, 이수와 더불어 하천관리의 기본 이슈로서 자리매김하게 되었다.

2000년대 이후 당시 하천관리 주무부처였던 국토교통부에서는 자연친화적 하천정비법 개발(2000~2004), 자연과 함께하는 하천복원기술개발(2006~2011), 자연과 인간이 공존하는 생태하천 조성 기술 개발(2012~2018) 등 정부학술연구용역 및 국가연구개발사업들이 진행되는 한편, 경안천(2001~2004), 성환천(2001~2004), 동복천(2002~2005), 황구지천(2003~20012) 등의 하천환경정비 시범사업과 생태하천 조성사업, 고향의 강 사업, 물순환형 하천정비사업 등 다양한 자연친화적 하천조성사업이 시도되었다. 사업명칭에 포함된 "정비", "조성" 등의 표현이 암시하듯 주된 방향은 자연상태의 하천모습을 최대한 모방하여 하천환경을 개선하자는 것이라 볼 수 있다.

환경보전에 관한 사무를 관장하기 위해 1979년에 신설된 환경청(보건사회부장관소속)은 1994년에 환경부로 승격했고 그 임무는 자연환경 및 생활환경의 보전과 환경오염방지였다. 환경부의 하천환경관리는 1987년 수질개선에 중점을 둔 오염하천 정화사업 추진으로 시작하여 2002년부터 자연형 하천복원 사업으로 전환하였고 2009년부터 수생태계 건강성 회복에 초점을 둔 생태하천 복원사업으로 전환되어 추진되었다. 지자체의 생태하천복원사업 추진시 사업목적 불명확, 획일화된 복원계획 수립 등의 문제점을 해소하고, 국토교통

부 사업(지방하천정비사업)과 환경부 사업(생태하천복원사업)간의 유사·중복 문제 해결을 위해 공동 제정한 지침내용을 반영하기 위해 2014년에 생태하천복원사업 업무지침이 전면 개정되었다. 지침에서 제시한 생태하천 복원의 6가지 기본 방향 중 '수생태계 건강성의 회복에 초점을 두고 사업계획을 수립'의 내용설명으로 "해당 하천의 생태계를 구성하고 있는 물리·화학·생물학적 요소들의 과거와 현재 상태를 조사하여 생태계의 훼손 현황과 원인을 정확히 이해하고 그 원인을 해결하는 데 초점을 맞춘 복원대책을 수립"이라 명시되었다(ME, 2014). 이는 실제 데이터를 근거로 현황을 분석하고 문제의 해결을 모색한다는 점에서 생태계복원 또는 하천환경개선에 대해 보다 실효성이 클 것으로 기대되는 방향이다.

2018년 6월 물관리 기본법이 제정되고 국토교통부와 환경부간의 물관리 조직 통합이 시작되었다. 2022년 1월 하천 및 하천시설물관리를 담당하던 국토교통부 하천계획과 및 지방국토관리청의 하천국들이 환경부 및 유역환경청으로 완전히 이관 되면서 하천관리의 주무부처가 환경부로 통합되었다. 이에 따라 물관련 법, 제도, 법정계획 및 사업들의 정비가 시급하다. 물관리의 최상위계획인 국가물관리기본계획이 수립됨에 따라 과거 수자원분야 최상위계획이었던 수자원장기종합계획과 물환경관리분야 최상위계획이었던 국가물환경관리계획 등의 위상 및 역할도 재조정 되어야 할 것이다.

2. 제1차 국가물관리 기본계획 상의 하천환경관리 방향

물관리기본법에 의거하여 수립된 제1차 국가물관리기본계획[2021~2030]은 물 관련 국가 최상위 계획이며 다른 물 관련 계획들은 관련사항에 대하여 국가물관리기본계획과 부합하도록 해야 한다. 국가물관리기본계획은 물관리기본법 물관리의 12대 기본원칙을 준수한다. 그 중 "2.(건전한 물순환) 국가와 지방자치단체는 생태계의 유지와 인간의 활동을 위한 물의 기능이 정상적으로 유지될 수 있도록 건전한 물순환을 위해 노력한다. 3.(수생태환경의 보전) 국가와 지방자치단체는 생물 서식공간으로서의 물의 기능·가치를 고려하여 훼손된 수생태 환경 개선·복원 등 지속가능한 수생태환경 보전을 위해 노력한다."의 원칙은 물이 가지고 있던 원래의 메카니즘 회복 및 수생태환경 보전을 위한 개선노력 추구 등 하천환경관리에 있어 우선시해야 할 기본 방향을 선언하고 있다.

제1차 국가물관리기본계획에서는 "인간 중심"에서 "자연과 인간의 균형점"을 지향하여 "건전한 물순환 달성"을 2030

년 목표로 수립하고, 전통적 물관리 3대 분야별(환경(수질, 수생태), 이수, 치수) 전략과 이를 효과적으로 추진하기 위한 기반·역량 강화 전략을 수립하였다. 이 중 첫 번째 분야는 “물환경의 자연성 회복”이다. 이화학적 요인, 생물학적 요인, 물리적 서식환경, 친수요인 등을 종합적으로 고려하는 미래 관리 방향 설정과 함께 2030년 분야목표로서 “공공수역의 깨끗한 수질 확보를 위한 노력을 지속하면서, 수생태계 건강성 확보, 종 다양성 회복, 서식처 복원에 보다 힘쓰고, 국민이 안심하고 즐길 수 있는 하천공간을 지속적으로 확대”로 설정하였다.

이에 따른 시행방향으로 오염원 관리 강화를 통한 목표수질 달성, 하천유역의 자연성 회복 및 수생태계 건강성 확보, 물환경 관리 기준 및 관리체계 개선 등 5대 추진전략과 21개 추진과제가 설정되었다(Joint with Relevant Ministries, 2021).

3. 하천환경관리 실행 관련 법정계획

물관리기본법 시행(2018.6) 이후 물관련 주요 법정계획 체

계는 Fig. 1과 같다. 그 중 하천환경과 가장 밀접하게 연관된 대표적 법정계획은 하천법에 근거한 하천기본계획과 수생태계복원계획을 들 수 있다.

하천관리의 가장 기본이 되는 하천기본계획은 전술한 바와 같이 하천환경이 주요 이슈 중 하나가 됨에 따라 치수, 이수, 환경 및 친수 등에 관한 제반사항을 검토하여 하천의 체계적인 정비와 하천의 이용 및 자연친화적 관리 등을 위한 종합계획이 되도록 수립해야 한다. 기 고시된 하천기본계획 수립 지침(2018.12., 국토교통부 고시 제2018-992호)에 따르면 하천환경특성분석은 하천 물리특성, 생물특성, 수질특성을 종합적으로 고려하여 하천환경 관리지표인 하천환경 자연도를 산정하도록 되어있다. 하천환경 자연도는 하천 물리특성 등급 40%, 생물특성 등급 40%, 수질특성 등급 20%의 가중치를 반영하여 합산하여 산정한다(MOLIT, 2018).

수생태계복원계획은 물환경보전법 제27조의2에 따라 추진하는 “생태하천복원사업”의 사업계획이다. 생태하천복원사업 업무추진 지침(13차 개정; ME, 2021)에 따르면 “생태하천복원사업은 훼손된 수생태계의 건강성을 회복하기 위한 목

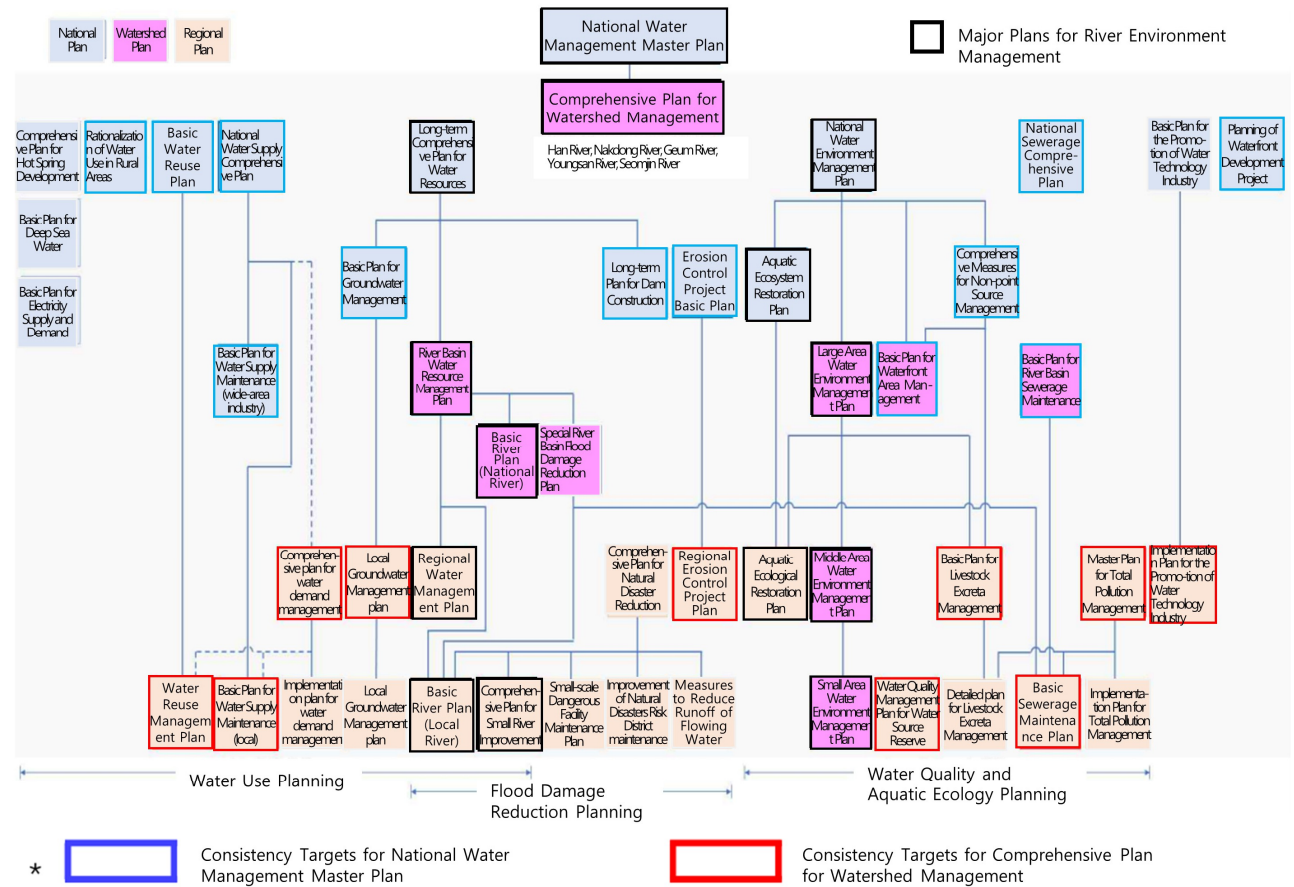


Fig. 1. Major river plans prescribed by law for river environment (modify picture on 8p of the 1st national water management master plan (2021-2030))

Table 1. Types of areas where project needs are reviewed

Type of Area	Assessment Focus / Available data
An area where it is necessary to restore past habitats or create new habitats for the restoration of endangered species, flagpole species, etc	Physical habitats
Areas threatened by the protection of aquatic ecosystems by blocking longitudinal and lateral continuity of aquatic ecosystems due to artificial facilities such as dams, estuary banks, seawalls, small dams, banks, etc	longitudinal and lateral continuity / Continuity Assessment Data
Areas where the function and value of aquatic ecosystems are significantly degraded due to deterioration of water quality or decreased water quantity	Water quality and Environmental ecological flow / Water Quality Monitoring Network data
Areas that need to be improved through artificial management, etc. due to poor conservation of aquatic ecosystems, such as damage to biological habitats.	Physical habitats
Other areas where the unique environmental and ecological functions and values of aquatic ecosystems have been significantly degraded based on the results of the evaluation of the health of aquatic ecosystems	Aquatic Ecosystem Values/Assessment Data of Aquatic Ecosystem Health

※ Aquatic Ecosystem Health Assessment Items: 1. Epilithic Diatom, 2. Benthic Macroinvertebrates, 3. Fish, 4. Riparian Vegetation, 5. Habitat and Riparian Condition.

적으로 훼손 이전과 유사한 수생태계 또는 변화한 여건에 적합한 기능을 수행하는 대체 수생태계를 조성하는 것임”으로 정의하고 있고 다음의 Table 1과 같이 5개 유형에 해당하는 지역에 대해 사업필요성 검토 및 복원목표와 우선순위를 결정하도록 하고 있다. 또한 생태하천복원사업은 기본적으로 선정한 전체 하천이 오염되지 않은 상태를 전제했을 때 그에 준하는 하천을 참조하천으로 선정하여 사업대상하천의 현황과 비교·평가함으로써 사업의 목표와 방향을 설정하도록 되어있다.

수생태계복원사업 필요성 검토 지역의 대상 유형을 물리적, 화학적, 생물적 요소 기준으로 분류해볼 경우, 생물종 복원을 위한 서식지 복원 또는 조성, 인위적 시설로 인해 연속성이 차단되는 수생태계의 물리적 환경위험, 서식지 훼손 등을 개선할 인위적 관리 등 5개 유형 중 세 경우가 물리적 서식환경 개선이 주안점이다.

수질 악화나 수량감소로 인한 수생태계 기능 및 가치 저하 지역은 화학적 요소(평시 수질)와 물리적 요소(환경생태유량)를 복합적으로 판단하여야 한다. 환경 생태적 기능과 가치가 현저하게 저하된 지역은 수생태계 건강성 평가 결과를 바탕으로 검토되므로 생물적 요소가 주안점이지만 다섯 번째 평가항목으로 서식 및 수변환경 즉 물리적 요소가 포함되어 있다.

4. 하천환경관리를 위한 자료 기초자료 수집

대부분의 사업은 진단, 계획, 실행, 유지관리 단계로 진행된다. 사업 대상에 대해 목적하는 바를 잘 대변할 수 있는 지표들

을 설정하고 정보들을 수집 분석하여 대상물의 현황을 진단하고 문제점을 파악하여 개선계획을 세우고 실행한 후 지속적인 유지관리를 하게 된다. 국가사업의 경우 특히 합리적 사업목표설정 및 효율적 예산투자를 통해 우리나라 전역을 균형있게 관리해 가려면 국민 누구나가 수용할 수 있는 객관적이고 합리적인 진단평가과정이 필요하다. 또한 자료 현행화를 통한 주기적인 현황 진단으로 개선 효과를 확인하고 추후 예산투자 우선순위를 결정해야 한다. 이를 위해 반드시 선행되어야 할 것은 현황에 대한 객관적 조사 및 효율적인 DB구축 운영이다.

하천환경 진단평가는 기본적으로 수질특성, 생물상 그리고 수문상황에 연계된 서식처 조건을 나타내는 물리특성을 조사하고 그 분석결과를 토대로 수행된다. 조사는 대부분 현장조사 방법이 주로 사용되고 있다. 하천환경 관리를 위한 이상적인 여건은 관리 주체가 관할하는 유역내 모든 하천에 대해서 수질특성, 생물상, 물리특성에 대한 현황자료가 조사되어 DB로 구축·운영되는 상황일 것이다.

충분한 자료를 토대로 보다 정확한 진단평가가 가능하며 합리적인 개선방향을 도출할 수 있게 된다. 또한 정기적인 모니터링을 통해 자료들이 현행화되도록 운영함으로써 변화양상을 파악할 수 있고 하천환경 관리를 위한 노력들의 적절성, 유효성을 점검하고 개선할 수 있을 것이다. 그러나 기초조사 및 조사자료의 운용 측면에서 볼 때 현재 국내여건은 성과위주의 예산투자 경향 및 기초자료의 중요성에 대한 부족한 인식 등의 한계로 매우 열악한 상황이다.

4.1 수질특성 자료

하천기본계획의 경우 수질특성은 환경부 “하천 생활환경

기준”을 적용하여 PH, BOD, COD, TOC, SS, DO, DO, T-P, 대장균군 등에 대하여 평가한다. 수생태계 복원계획에서는 기초조사과정에서 평시 수질을 포함하고 있으며, 수생태계 훼손실태 진단방향의 일환으로 BOD, TOC, SS, DO, T-N, T-P, 대장균군, 오염원, 저니질 등의 자료를 포함하여 수질을 진단하고, 수질환경 기준에 의거 상태를 평가하도록 되어있다. 또한 사업성과 확인 등을 위하여 수온, BOD, TOC, DO, SS, pH, TN, TP 등에 대해 수질오염공정시험법(환경부)을 사용하여 계절별로 모니터링이 수행되고 있다.

가용 수질 자료로서 환경정책기본법과 물환경보전법을 토대로 환경부에서 운영하고 있는 수질측정망 자료가 있다. 현재 수질측정망은 한강권역 533지점, 낙동강권역 588지점, 금강권역 419지점 그리고 영산강-섬진강권역 411지점으로 전국에 총 1952개 지점으로 구성되어 있으며 1989년부터 조사 자료를 축적하여 물환경정보시스템(WEIS, 2022)을 통해 자료를 제공하고 있다. 또한 수질오염사고 대응을 위해 전국 72개소(하천 68개소)의 수질자동측정망을 운영하여 실시간 수질정보를 서비스하고 있다.

수질자료는 각 조사 항목별로 조사지점, 조사 시기(시각별, 일별, 계절별 등), 수문상황(강수유무, 유량 등) 등 여러 여건들에 따라 차이를 보일 수 있다. 따라서 생물상자료와 연계된 검토를 위해서는 해당지역의 적절한 지점의 수질자료를 적절한 시기에 수집해야겠지만, 해당 하천 또는 구간을 대표하는 수질자료는 충분한 기간 동안 동일지점에서 측정된 자료를 검토하여 평시수질로 평가하는 것이 바람직할 것으로 사료된다. 환경부 수질자동측정망의 확대 운영은 단지 수질오염사고 대응역량 강화뿐만 아니라 평상시 하천환경관리 측면에서도 유의미한 기초 현황자료를 제공해 줄 수 있다.

4.2 생물상 자료

하천기본계획의 경우 생물특성은 식생, 수서무척추동물, 어류, 조류 등 4개 분류군에 대해 각각 지수화하여 5등급 체계로 평가된 등급에 각각 30%, 20%, 30%, 20%의 가중치를 부여하고 하도구간별로 생물특성이 평가되고 있다. 수생태계 복원계획은 하천복원의 목표를 수생태계 연속성 및 생물다양성 확보를 통한 생태적 건강성 증진으로 보고, 생물다양성 자료로서 식물상, 육상곤충, 양서·파충류, 조(鳥)류 등을 조사하고 수생태계 건강성 자료로서 부착돌말류, 저서성대형무척추동물, 어류, 수변식생지수, 서식 및 수변환경을 조사하도록 되어있다(NIER, 2019).

물환경보전법에 따라 환경부장관은 수생태계의 현황을 전국적으로 조사하여야하고 그 결과를 바탕으로 수생태계 건강

성을 평가한 후 결과를 공개할 의무가 있다. 이에 따라 현재 전국에 3,883개소(하천 3035개소)의 생물측정망이 구축되어 운영되고 있으며 지점 및 항목에 따라 차이는 있으나 2011년부터 부착돌말류, 저서성 대형 무척추동물, 어류, 수변식생 등 생물상에 대해 건강성평가등급 및 출현종 자료(서식 및 수변환경 항목에 대해서는 건강성평가등급만)를 서비스하고 있다.

환경부 하천관리지리정보시스템에 따르면 우리나라는 3837개 하천(국가하천 62, 지방하천 3775)이 있고, 총 연장은 29,837.67 km (국가하천 2,997.32 km, 지방하천 26,840.35 km)이다(RIMGIS, 2022). 단순히 생각하면 현재 운영되고 있는 생물측정망은 하천당 1개소, 7.68 km 당 1개소 정도 수준으로 측정망의 확대 운영이 필요하다. 최소한 하천의 급경사 구간, 중경사구간, 완경사구간 별 1개소는 운영되어야 해당 하천의 생물상을 대변할 수 있을 것으로 사료된다.

4.3 물리특성 자료

하천의 물리특성은 수변식생과 함께 서식환경을 의미한다. 종의 다양성, 개체수의 풍부함 여부 등 생물상의 특징은 서식환경 조건에 반응하여 나타난 결과로 볼 수 있다. 또한 하천의 물리특성은 인위적인 개선을 일정정도 직접 시도할 수 있는 영역이다.

하천기본계획의 경우 하천물리특성은 하도서식처, 하안 서식처, 하천교란의 3개 영역의 10개 평가지표로 점수화하여 5등급으로 평가한다(Table 2). 영역명칭에서 알 수 있듯이 물리특성은 하천 내 공간들과 그 공간에서 나타나는 수문상황(수위, 유속 등)들이 서식처로서 얼마나 좋은 상태인지를 평가하는 것이다. 하천환경이 국내에 도입된 이래 풍부하고 건강한 자연생태계에서 나타나는 서식처로서의 하천물리특성들이 연구되어 왔고, 연구결과들을 하천환경 개선 실무적용을 위해 평가지표화하려는 노력들이 꾸준히 진행되고 있다.

현재 사용되는 지표들은 당시 최신 연구결과로서 “자연과 인간이 공존하는 생태하천 조성 기술 개발(2012~2018)” 연구단의 연구 성과를 수립지침에 반영(2018.12)한 것이다. Table 2의 평가기준에서 보여주듯이 하천 물리특성은 하천의 형상특성, 하상재료의 구성, 유속·수심의 다양성, 인위적 교란 특성 등 대부분 현재 하천에 대한 기초적인 자료들을 기반으로 평가된다(MOLIT, 2018).

수생태복원계획에서 사용되는 자료로 수생태계 건강성 평가항목 중 서식 및 수변환경 항목은 물리특성을 나타내는 자료이다. 관련지침에 따르면 조사구간은 조사정점에서 상·하류 방향으로 각각 1 km씩의 가시거리 확보가 가능한 구간을 선정하여 각 조사항목별로 지침에 제시된 방법에 따라 조사를

수행한다. 조사항목은 종횡사주 발생횟수, 하도 정비 및 자연성 정도, 유속다양성, 수면폭과 하폭 비율, 저수로 하안공 특성, 하안재료의 인공화정도, 지배적인 하상상태, 인공구조물, 제내외지 토지이용 등 10개 항목을 20점 만점으로 평가하여 합산 후 1/2 한값을 지표 값으로 사용한다. “가시거리 확보가 가능한”이란 표현이 나타나고 있듯이 자료 조사의 대부분은 선정된 2 km 구간내에서 조사자의 시각적 관찰 결과이다. 물론 추후에 10개 조사항목에 대한 환경상태 확인을 위한 사진촬영, 현지조사표 기록 등을 공유하여 연구원간 의견교환 후 항목별 점수를 확정하도록 명시하고 있으나 조사결과의 일관성, 객관성을 보장하기에는 부족함이 있다. 그리고 물환경정보시스템에서 서비스하고 있는 평가결과 역시 등급 값만을 제공하고 있어 조사항목별 자료 활용에 한계가 있으며 파일로 별도 보관하도록 되어있는 사진촬영자료의 체계적인 DB화 및 활용방안을 모색할 필요가 있다. 하천 물리특성은 기본적으로 해당 하천의 지형과 수문상황이 서로 연동하여 나타난 특정

영, 현지조사표 기록 등을 공유하여 연구원간 의견교환 후 항목별 점수를 확정하도록 명시하고 있으나 조사결과의 일관성, 객관성을 보장하기에는 부족함이 있다. 그리고 물환경정보시스템에서 서비스하고 있는 평가결과 역시 등급 값만을 제공하고 있어 조사항목별 자료 활용에 한계가 있으며 파일로 별도 보관하도록 되어있는 사진촬영자료의 체계적인 DB화 및 활용방안을 모색할 필요가 있다. 하천 물리특성은 기본적으로 해당 하천의 지형과 수문상황이 서로 연동하여 나타난 특정

Table 2. Evaluation method and criteria for physical characteristics of rivers

(1) Steep river

Area	Assessment Index	Assessment Criteria				
		Very Good (Grade 1)	Good (Grade 2)	Normal (Grade 3)	Bad (Grade 4)	Very Bad (Grade 5)
		20~18 ≥ Score	18~14 ≥ Score	14~8 ≥ Score	8~4 ≥ Score	4 > Score
C h a n n a l H a b i t a t	① Effective Habitat Suitability	bolder & cobble etc. stable habitat area is more than 70%	bolder & cobble etc. stable habitat area is 70~40%	bolder & cobble etc. stable habitat area is 40~30% (Riverbed disturbance occurred)	bolder & cobble etc. stable habitat area is 30~20% (Frequent river bed disturbance)	bolder & cobble etc. stable habitat area is less than 20% (lack of habitat)
	② Major point river bed burial degree	At the center of the step, 0-25% of the voids around the bolder & cobble are buried in coarse particles (sand, etc.)	At the center of the step, 25-45% of the voids around the bolder & cobble are buried in coarse particles (sand, etc.)	At the center of the step, 45-65% of the voids around the bolder & cobble are buried in coarse particles (sand, etc.)	At the center of the step, 65-85% of the voids around the bolder & cobble are buried in coarse particles (sand, etc.)	At the center of the step, more than 85% of the voids around the bolder & cobble are buried in coarse particles (sand, etc.)
	③ vel.-dep. diversity	reference vel. 0.3m/sec (Fast, Slow), reference depth 0.5m (Deep, Shallow) Type 4 : Fa-De, Fa-Sh, Sl-De, Sl-Sh				
		4 types of step-pool Area are more than 85% of the total step-pool Area of the section	4 types of step-pool Area are 85-70% of the total step-pool Area of the section	4 types of step-pool Area are 70-50% of the total step-pool Area of the section	4 types of step-pool Area are 50-30% of the total step-pool Area of the section	4 types of step-pool Area are less than 30% of the total step-pool Area of the section
	④ River Bed stability	Island, sand bar, etc. sediment impact section area is not more than 5%	sediment impact section area is not more than 5-20%	sediment impact section area is not more than 20-35% (Deposition Occurred in Pool)	sediment impact section area is not more than 35-50% (Deposition Occurred in Pool)	sediment impact section area is more than 50% (Deposition Occurred in Pool)
	⑤ Water Surface stability	No change in the water surface of the low flow channel, so there is almost no exposure to the riverbed	75% or more of the water surface area of the low flow channel (riverbed exposure not more than 25%)	75-50% of the water surface area of the low flow channel (riffle's reverbed is exposed by 50% or more than 50%)	50-25% of the water surface area of the low flow channel (Ripple's reverbed is mostly exposed)	Not more than 25% of the water surface area of the low flow channel (Most of the reverbeds are exposed)
	weighted factor	nature 1.0 / stepping stone 0.9 / dredging 0.8 / small dam & drop structure height (0.5 m) 0.7 / small dam & drop structure height (0.5~1.0 m) 0.6 / small dam & drop structure height (more than 1.0 m) 0.5				
	⑥ Step Frequency	The frequency of appearance of steps in steep natural rivers is based on the width of low flow channel 1:1~4				
		Steps appear at 1-4 times the width of the low flow channel	Steps appear at 4-6 times the width of the low flow channel	Steps appear at 6-8 times the width of the low flow channel	Steps appear at 8-10 times the width of the low flow channel	Steps appear at intervals of more than 10 times the width of the low flow channel

Table 2. Evaluation method and criteria for physical characteristics of rivers (Continue)

(1) Steep river

Area	Assessment Index	Assessment Criteria				
		Very Good (Grade 1)	Good (Grade 2)	Normal (Grade 3)	Bad (Grade 4)	Very Bad (Grade 5)
		20~18 ≥ Score	18~14 ≥ Score	14~8 ≥ Score	8~4 ≥ Score	4 > Score
Riparian Naturalness (Cross-sectional Shape)	⑦	The length of the natural state of the lateral connectivity of the riparian habitat is more than 70% of the riparian	The length of the natural state of the lateral connectivity of the riparian habitat is 70-50% of the riparian (Partial single channel artificial revetment)	The length of the natural state of the lateral connectivity of the riparian habitat is 50-30% of the riparian (Much of the single channel artificial revetment)	The length of the natural state of the lateral connectivity of the riparian habitat is 30-10% of the riparian (single channel artificial revetment is dominant)	The length of the natural state of the lateral connectivity of the riparian habitat is less than 10% of the riparian (Most of the single channel artificial revetment)
	Riparian stability (left, right bank)	⑧	Less than 5% of river shore length of trace of erosion or collapse	5-30% of river shore length of trace of erosion or collapse	30-50% of river shore length of trace of erosion or collapse (Erosion can occur during flooding)	50-70% of river shore length of trace of erosion or collapse (traces of erosion in the bend)
weighted factor		natural bank 1.0 / natural stone masonry (filling of miscellaneous stones) revetment 0.9 / stone masonry (filling of miscellaneous stones) revetment 0.8 / stone masonry revetment 0.6 / stone masonry (moltar) and concrete block revetment 0.5				
Disturbed	⑨ Channal modified (left, right bank)	The length of traces of river maintenance, such as channelization and revetment, shall not exceed 5% of the riverbank	The length of traces of river maintenance, such as channelization and revetment, is 5-30% of the riverbank	The length of traces of river maintenance, such as channelization and revetment, is 30-50% of the riverbank	The length of traces of river maintenance, such as channelization and revetment, is 50-70% of the riverbank (riverine habitat is severely damaged)	The length of traces of river maintenance, such as channelization and revetment, is more than 70% of the riverbank (riverine habitat is completely removed)
		weighted factor	natural bank 1.0 / natural stone masonry (filling of miscellaneous stones) revetment 0.9 / stone masonry (filling of miscellaneous stones) revetment 0.8 / stone masonry revetment 0.6 / stone masonry (moltar) and concrete block revetment 0.5			
	⑩ Crossing Structure	There are no crossing structures that affect the longitudinal connectivity of river habitats, such as small dam,s and drop structures	There is a crossing structure that affects the longitudinal connectivity of living things, such as small dam,s and drop structures, and the height is less than 0.5m	There is a crossing structure that affects the longitudinal connectivity of living things, such as small dam,s and drop structures, and the height is 0.5~1.0m	There is a crossing structure that affects the longitudinal connectivity of living things, such as small dam,s and drop structures, and the height is 1.0~1.5m	There is a crossing structure that affects the longitudinal connectivity of living things, such as small dam,s and drop structures, and the height is more than 1.5m
weighted factor	The interval between the appearance of steps between the river crossing structures is not more than 4 times the width of the reservoir 1.0 / 4 to 6 times 0.9 / 6 to 8 times 0.8 / 8 to 10 times 0.7 / 10 times or more 0.6					

Guidelines for Establishing a Basic River Plan, (MOLIT Notice No. 2018-992, ref. 3)

시점의 결과이며, 이들 지형과 흐름의 연동작용은 그 영향이 상류에서 하류까지 연속된다. 즉 특정 지점(혹은 영역)의 서식 처로서의 현재 물리특성들은 그 원인이 상당히 먼 상류영역에서 기인한 것일 수 있으므로 하천 전체를 일관할 필요가 있다.

5. 하천환경관리정책 제언

제1차 국가물관리기본계획(2021-2030)의 “물환경의 자연성 회복”분야 목표인 깨끗한 수질 확보 노력, 수생태계 건강성 확보, 종 다양성 회복, 서식처 복원 노력 등을 효율적으로 완수하기 위해서는 국내 하천환경의 현 상태를 객관적으로

진단하는 것이 중요하다. 그리고 객관적인 진단평가에 필요한 기초자료 조사 및 체계적인 조사자료 관리 및 운영이 무엇보다 시급하고 중요하다. 더욱이 현행 하천유역수자원관리계획의 수립 및 시행을 규정한 수자원법(제18조)의 시행령 제7조에 따르면 환경부장관은 이수안전도, 치수안전도와 함께 하천환경자연도를 고시할 의무가 있으므로, 이를 원활히 수행하기 위한 제도적, 실행방법론적 뒷받침이 필요하다.

하천관련 기초자료의 조사항목은 특정 사업목적에 의해 특화된 경우도 있지만 조사자료의 분석방법에 따라 여러 가지 특성을 대표하는 지표로 활용될 수 있다. 하도측량, 하상재료조사, 인공횡단구조물조사 등은 해당유역의 수문자료와 함께 치수계획 및 하도관리의 기본적인 조사항목이면서 동시에 하천 서식처 물리특성을 추출해낼 수 있는 기초자료를 제공할 수 있다.

기초조사자료는 일관성있는 조사방법에 따라 조사된 자료의 객관성이 보장되어야 하며, 지속적인 모니터링을 통한 자료누적으로 변동사항을 파악할 수 있어야 효율성이 높다. 전체 하천에 대해 적절한 기간마다 조사하고 자료를 구축하는 것이 가장 이상적이겠으나 현실적으로 국가예산의 투입 없이 단기간에 충분한 조사자료를 구축하는 것은 거의 불가능하다.

5.1 정기적인 전국 하천 물리 자연도 조사 사업 시행

우리나라가 지향하는 물관리방향에 부합하도록 하천환경을 효율적으로 관리하기 위해서는 정기적인 전국 하천 물리자연도 조사사업의 시행이 필요하다. 하천환경 현황진단을 위한 기본특성들 중 수질특성 및 생물특성은 현재 운영되고 있는 국가측정망을 최대한 확대하고 지속적으로 운영함으로써 자료를 확보하는 것이 효율적인 방안이라 사료된다. 물리특성의 경우 전술한 바와 같이 하천 전 구간을 망라할 수 있는 조사가 바람직하며 따라서 우리나라 하천망 기반으로 조사자료를 관리할 체계 또한 필요하다. 이러한 물리 서식환경 자료가 조사·구축되어 활용되기 위해서는 법정 조사사업 시행으로 강제할 필요가 있다. 법정사업 효과의 예로 환경부 물환경정보시스템에서 관리하는 생물측정망을 들 수 있다. 물환경보전법 기반 수생태계건강성평가 사업은 수생태계 현황에 대한 전국적인 조사 및 결과 공개를 의무화하였고, 이로 인해 물환경관리계획의 수생태계 목표수립, 생태하천복원사업 계획수립 등에 활용되는 전국 생물특성에 대한 중요한 판단자료들이 구축 운영되고 있다. 하천 물리특성 조사 분야에서도 이 같은 제도적 뒷받침이 필요하다.

5.2 하천기본계획 수립자료 관리 강화

하천기본계획 수립지침(2018.12) 고시 이후 수립되고 있는

하천기본계획에서는 종합분석편 하천환경특성 분석 부분에 물리특성, 생물특성, 수질특성의 평가결과 및 평가등급이 기술되고 있고, 이 평가결과는 하천환경 종합계획에서 하천환경 목표설정, 하천환경 정비 및 관리계획 수립에 사용되고 있다(BROCM, 2020). 그러나 물리특성의 경우 본보고서에서 구간별 평가등급만을 표로 제시하고 있어 수집자료의 효율적 활용에 한계가 있다. 물리특성자료는 전술한 바와 같이 하도 서식처, 하안서식처, 하천교란 3개영역에서 서식처 상황을 나타내는 10개의 지표들로 이루어지며 각각의 항목들은 현재의 문제 및 개선방법을 도출하는 열쇠가 된다. 따라서 물리특성부분에 대해서는 구간별로 10개 항목 각각에 대한 수집자료와 평가결과까지 DB화하고 누적 관리하여야 바람직하다.

과거 RIMGIS는 하천기본계획 보고서 위주로 관리하여 왔고 현재 진행 중인 RIMGIS개선작업에서는 횡단면, 시설물 등을 지도에 맵핑하여 디지털화함으로써 활용성을 제고하려고 있다. 그러나 현 개선작업에서도 하천물리특성자료의 관리부분은 포함되어있지 않다. 하천기본계획은 하천관리를 위한 하천특성들의 수집부터 시작하여 분석 및 검토하고 이를 토대로 실행계획을 수립하는 과정이라는 점, 그리고 이제는 치수와 환경을 동시에 고려하여 최선의 하천관리방안을 수립해야 한다는 점을 감안할 때 하천기본계획 수립 및 관리과정에서 하천물리특성자료의 관리는 더욱 비중있게 다루어져야 할 것이다.

5.3 기존 유역조사사업에 하천 물리 자연도 조사 확대 반영

하천유역의 관리 및 국가개발계획의 수립 등에 필요한 정보 제공을 위한 법정 조사사업으로 하천유역조사사업이 있다(수자원법 제2장 수자원조사 등 제6조(하천유역조사의 실시)). 하천유역조사사업에서는 하천유역의 특성 및 기본 현황, 하천유역의 이수(利水) 현황 및 치수(治水) 현황, 하천 환경, 그 밖에 하천유역의 현황 및 그 이용·관리에 관한 사항을 조사하도록 규정되어 있으며, 그 조사내용은 국가수자원관리종합정보시스템(WAMIS, 2022)에서 관리하고 있다. 조사사업에서 다루는 방대한 자료들은 대부분 각 부처에서 생산되는 해당유역과 관련된 각종 계획, 조사자료 등을 조사 수집하는 방법으로 정리된다(ME, 2022).

조사사업에서는 물리특성 평가의 기초가 되는 하천의 지형 특성, 하천변화 등의 기본현황조사와 환경생태조사 등이 시행토록 규정되어 있으며, 환경생태조사의 각 항목 중 하천공간 조사는 현장표본조사를 시행하도록 되어있다. 현재(2022.9) 국가수자원관리 종합정보시스템환경생태분야의 하천공간

평가에서는 중권역단위로 1개 조사지점의 사진자료와 함께 하도상태, 공간활용, 친수이용, 수질, 수역 및 홍수터 자연성 등등의 항목들을 표로 제공하고 있다.

하천유역조사사업은 전국을 대상으로 기본적인 정보제공을 위한 법정조사사업이므로 하천서식처 물리특성 정보를 전국단위로 구축하고 관리하기에 적절한 기존 사업으로 판단된다. 조사자료를 관리하는 국가수자원관리종합정보시스템(WAMIS)에 전국 하천에 대한 물리특성정보를 구축하여 운영한다면 하천관리 및 각종 국가계획 수립시 중요한 정보를 제공하는 창이 될 것으로 생각된다. 자료관리를 위해 현 시스템의 환경생태분야 메뉴에 물리서식처특성 항목을 추가하고 관리 모듈을 탑재할 필요가 있다. 정보를 담을 그릇이 준비되면 우선 현 하천기본계획상(2018년 지침을 준수하는) 수행된 물리특성자료 조사 및 평가결과들을 수집하여 DB화하고 지속적으로 확대해 간다면, 물리특성조사 사업의 시행규모에 좌우되겠지만 일정기간 후에는 전국 하천에 대한 일관되고 객관적인 서식처 물리특성 상태를 개괄할 수 있게 될 것이다.

6. 결론

하천환경관리는 기후변화를 지나 기후위기가 화두가 된 현재의 우리의 책무이자 국가물관리 방향의 중요한 하나의 축이다. 하천환경 개념이 국내에 도입된 이후 많은 노력으로 연구개발, 법제도 정비, 개선된 정책들의 시행 등이 이루어지고 있으나 이 모든 것들의 기반이 되는 기초조사 및 조사자료를 통한 객관적 진단 부분의 효과적 운영은 아직 다소 미흡한 실정이다. 하천환경의 기반이자 하천사업에서 환경개선을 위한 조절이 가능한 서식처 물리특성 부분에 대해 현재 제도적 여건을 검토해보고 하천환경관리의 실효성 제고방안으로서 다음을 제안한다.

- 정기적인 전국 하천 물리 자연도 조사 사업 시행
하천 서식처 물리특성 조사를 법정 조사사업으로 시행하여 전국단위 하천 서식처 물리특성의 현황을 진단하고 정기적 자료 현행화를 통해 하천환경개선사업의 목표설정, 효과평가 및 개선사업계획 수립의 근거자료로 활용한다.
- 하천기본계획 수립자료 관리 강화
현 지침에 의거 하천기본계획 수립시 수집되는 물리특성 자료 및 항목별 분석평가 자료는 보고서 수록 또는 별도자료 제출을 의무화하고 RIMGIS에서 정리·제공한다.

- 기존 하천유역조사사업에 하천 물리 자연도 조사 확대 반영
하천유역조사사업에 하천 물리 자연도 조사 항목을 추가하고 WAMIS 환경생태 메뉴에 서식처 물리특성 관리 모듈을 추가하여 지속적으로 전국단위 하천 물리 자연도 정보관리를 시행한다.

감사의 글

본 연구는 환경부의 재원으로 한국환경산업기술원의 물관리연구사업의 지원을 받아 연구되었습니다(1615012820).

Conflicts of Interest

The authors declare no conflict of interest.

References

- Busan Regional Office of Construction and Management (BROCM) (2020). *The Geumho-River basic river plan (Change) report*. No. 2020-617.
- Joint with Relevant Ministries (2021). *1st national water management master plan (2021-2030)*. No. 2021-448, Ministry of Environment.
- Ministry of Environment (ME) (2014). *Guidelines for the promotion of ecological river restoration project (7th Amendment)*.
- Ministry of Environment (ME) (2021). *Guidelines for the promotion of ecological river restoration project (13th Amendment)*.
- Ministry of Environment (ME) (2022). *Guidelines for river basin investigation*, No. 1529.
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport (MOLIT) (2014). *A case study on the construction of nature-friendly rivers*. Gapsolmun.
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport (MOLIT) (2018). *Guidelines for establishing a basic river plan*. No. 2018-992.
- National Institute of Environmental Research (NIER) (2019). *Guidelines on the current status survey of aquatic ecosystems and methods of evaluation of health, etc - River Part -*, No. 2019-52.
- River Management Geographic Information System (RIMGIS) (2022). accessed 16 September 2022, <<https://www.river.go.kr/>>.
- Water Environment Information System (WEIS) (2022). accessed 26 September 2022, <<https://water.nier.go.kr/web/>>.
- Water Resources Management Information System (WAMIS) (2022). accessed 16 September 2022, <<http://www.wamis.go.kr/>>.
- Wu, H.S., Oh, K.C., Ryu, K.K., and Choi, S.U. (2018). *River engineering*, Cheongmungag, p. 43.