

낙동강 자연성 회복 구상(안) 보고서

2
0
2
1
5
7

2021. 5. 7





I **유역 현황**

1.1 낙동강 유역의 특성

1.2 유역의 관리 여건

I. 유역 현황

1.1 낙동강 유역의 특성

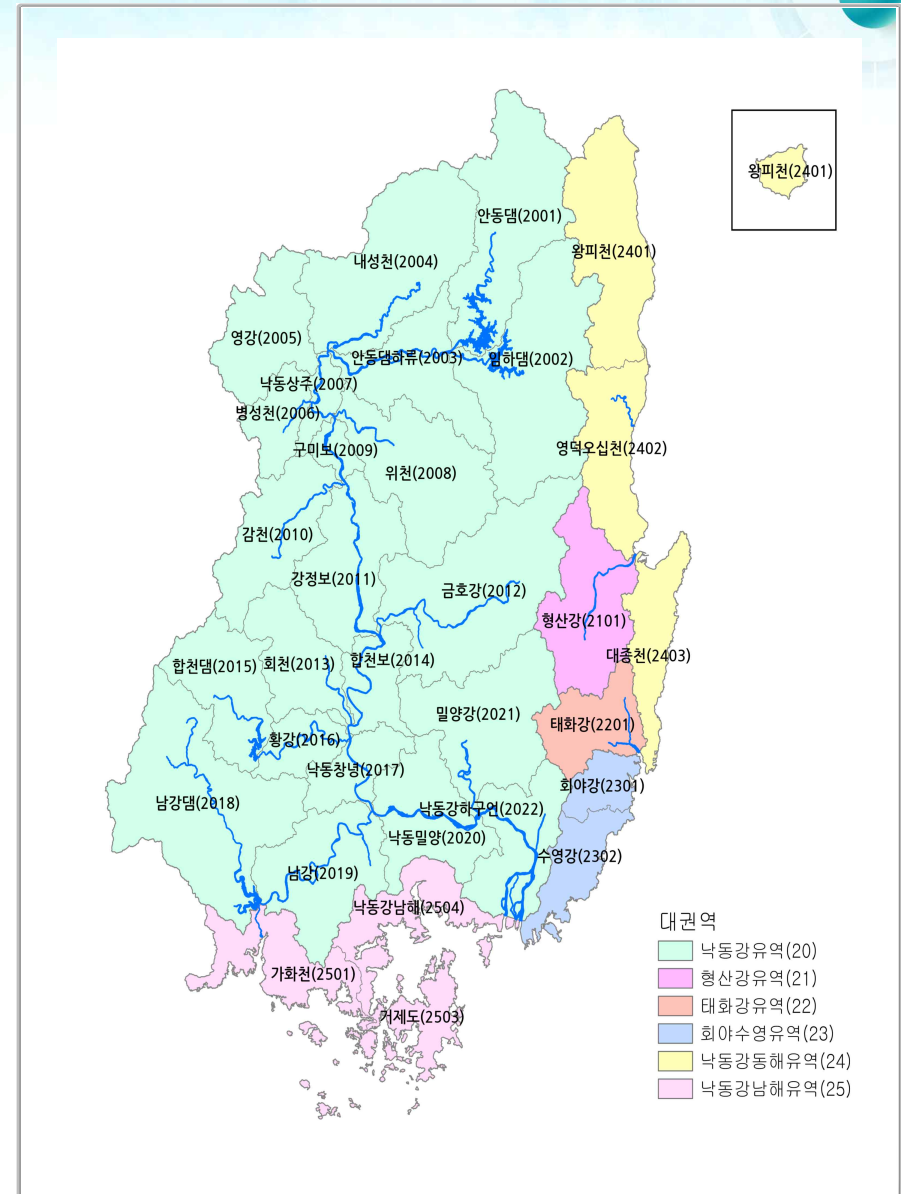
- 낙동강 수계는 낙동강 본류, 형산강, 태화강, 회야수영, 낙동강동해·남해로 구성되어 유역면적은 총 31,784km², 낙동강 본류 유로연장 510km, 연평균 유출량은 207억m³, 연평균 강수량은 1,190mm이며, 1,184개의 하천이 있음

1.1.1. 유역구분

- 대권역 6개, 중권역 32개, 표준유역 267개로 구성

<표 1-1> 유역 구분

유역	단위유역	중권역
낙동강	6개	32개
	낙동강	안동댐, 임하댐, 안동댐하류, 내성천, 영강, 낙동상주, 병성천, 낙동상주, 위천, 구미보, 감천, 강정고령보, 금호강, 회천, 창녕함안보, 합천댐, 황강, 낙동창녕, 남강댐, 남강, 낙동밀양, 밀양강, 낙동강하구언
	형산강	형산강
	태화강	태화강
	회야강	회야강, 수영강
	낙동강동해	왕피천, 영덕오십천, 대종천
	낙동강남해	가화천, 거제도, 낙동강남해



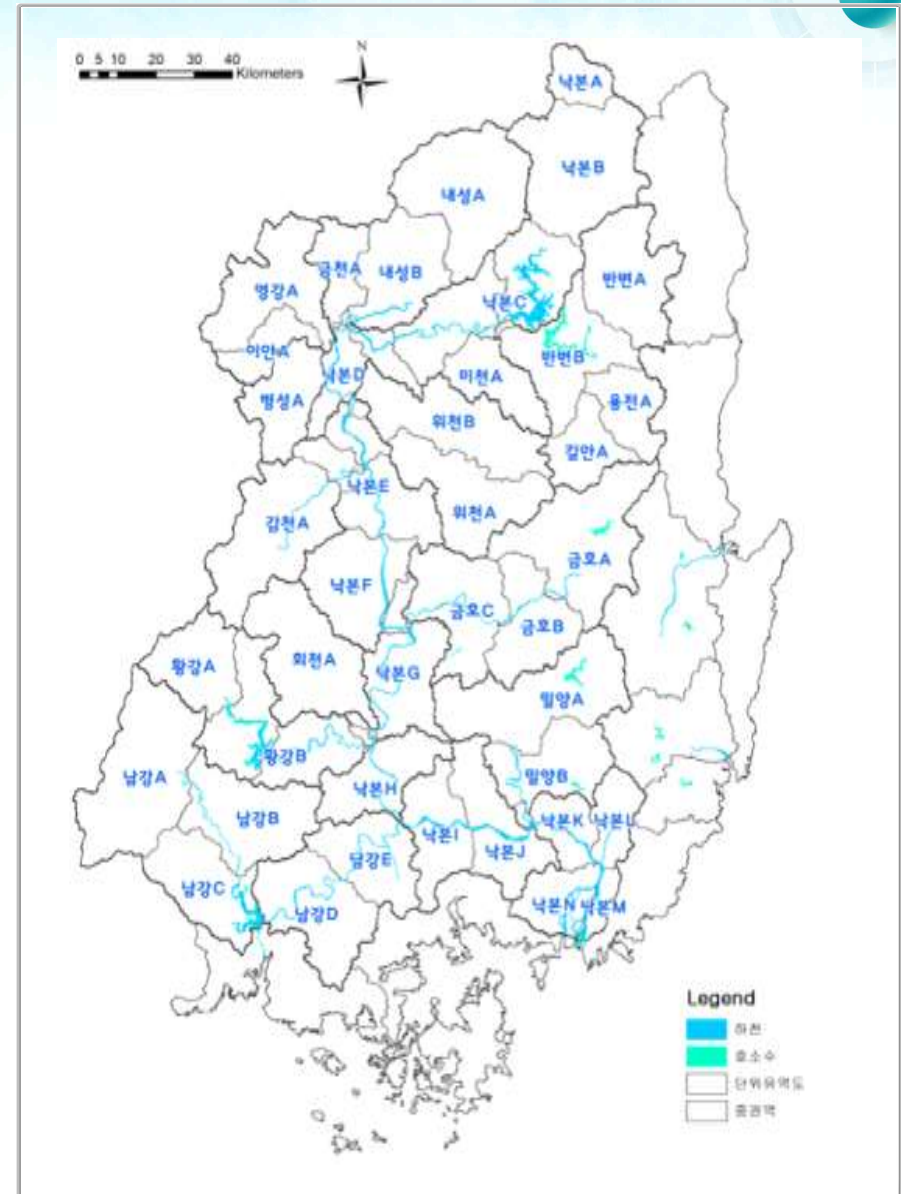
<그림 1-1> 낙동강유역 대권역 현황

1.1.2. 수질오염총량단위

□ 낙동강 본류를 중심으로 총 41개의 단위유역으로 설정

<표 1-2> 낙동강 대권역 현황 및 유역 구분도

No	단위유역	중권역	측정지점	No	단위유역	중권역	측정지점
1	낙본A	안동댐	황지3	22	금호B	금호강	금호강2A
2	낙본B	안동댐	도산	23	금호C	금호강	금호강6
3	반변A	임하댐	반변천1A	24	낙본G	낙동고령	대암-1
4	용전A	임하댐	용전천2	25	회천A	회천	회천2-1
5	길안A	임하댐	길안천2	26	황강A	합천댐	황강1
6	반변B	임하댐	반변천2-1	27	황강B	황강	황강5
7	미천A	안동댐하류	미천	28	낙본H	낙동창녕	용산
8	낙본C	안동댐하류	안동5	29	남강A	남강댐	경호강1
9	내성A	내성천	내성천5	30	남강B	남강댐	경호강2
10	내성B	내성천	내성천3-1	31	남강C	남강	남강
11	금천A	내성천	금천	32	남강D	남강	남강2A
12	영강A	영강	영강2-1	33	남강E	남강	남강4-1
13	이안A	영강	이안천	34	낙본I	낙동밀양	북면
14	병성A	병성천	병성천-1	35	낙본J	낙동밀양	삼랑진A
15	위천A	위천	위천1A	36	밀양A	밀양강	밀양강A
16	위천B	위천	위천6	37	밀양B	밀양강	밀양강3
17	낙본D	낙동구미	상주3	38	낙본K	하구언	물금
18	감천A	감천	감천1A	39	낙본L	하구언	금곡
19	낙본E	낙동왜관	구미	40	낙본M	하구언	하구언1
20	낙본F	낙동왜관	용암	41	낙본N	하구언	하구언2
21	금호A	금호강	금호강1A				



<그림 1-2> 낙동강유역 총량 단위유역 현황도

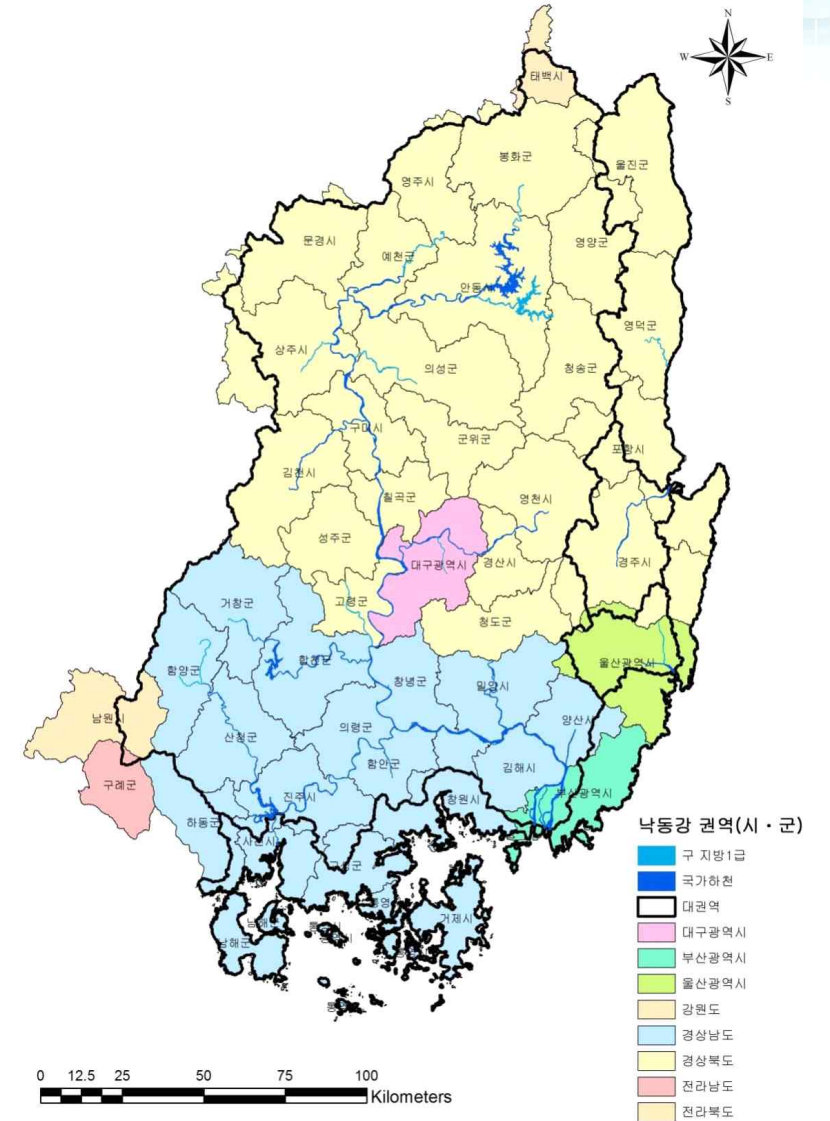
1.1.3. 행정구역 현황

- 행정구역은 『지방자치단체 행정구역 및 인구현황(2017, 행정안전부)』 기준 특별시 1개, 광역시 6개, 특별자치시 1개, 도 8개, 특별자치도 1개로 구성
- 낙동강 유역은 3개의 광역시(대구, 부산, 울산), 5개의 도(강원 일부[태백시], 경남, 경북, 전남 일부[구례군], 전북 일부[남원시]) 44개의 시·군으로 구성

<표 1-3> 낙동강 유역 행정구역 및 면적 현황

광역시·도	시·군	면적(km ²)	면적비율(%)	광역시·도	시·군	면적(km ²)	면적비율(%)
대구광역시	-	878.3	2.8%	경상북도	고령군	383.8	1.2%
부산광역시	-	752.6	2.4%		구미시	614.7	1.9%
울산광역시	-	1,058.7	3.3%		군위군	610.0	1.9%
강원도	태백시	200.8	0.6%		김천시	1,003.7	3.2%
	거제시	399.2	1.3%		문경시	857.2	2.7%
	거창군	796.2	2.5%		봉화군	1,167.0	3.7%
	고성군	514.4	1.6%		상주시	915.3	2.9%
	김해시	461.1	1.5%		성주군	613.3	1.9%
	남해군	358.4	1.1%		안동시	1,525.7	4.8%
	밀양시	801.2	2.5%		영덕군	744.7	2.4%
	사천시	392.3	1.2%		영양군	816.2	2.6%
	산청군	789.7	2.5%		영주시	633.1	2.0%
	양산시	483.3	1.5%		영천시	913.9	2.9%
	의령군	482.1	1.5%		예천군	662.6	2.1%
	진주시	713.0	2.3%		울릉군	53.7	0.2%
	창녕군	525.8	1.7%		울진군	989.8	3.1%
	창원시	728.2	2.3%		의성군	1,167.4	3.7%
	통영시	235.5	0.7%		청도군	690.5	2.2%
	하동군	212.1	0.7%		청송군	845.8	2.7%
	함안군	415.1	1.3%		칠곡군	450.8	1.4%
	함양군	719.2	2.3%		포항시	1,126.6	3.6%
	합천군	981.1	3.1%		구례군	19.3	0.1%
경상남도	경산시	410.0	1.3%	전라남도	구례군	19.3	0.1%
	경주시	1,320.0	4.2%	전라북도	남원시	242.8	0.8%
경상북도	-	31,676.1	100.0%	낙동강권역	-	31,676.1	100.0%

※ 유역면적과 행정구역의 면적이 동일하지 않음에 따라 유역면적 31,784km²과 일부 상이함



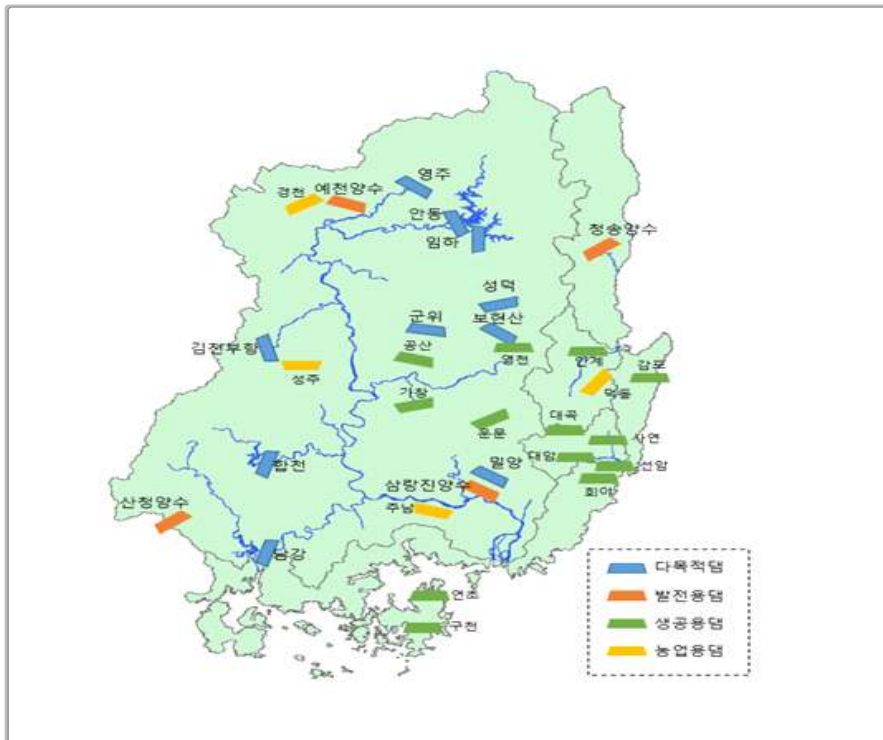
<그림 1-3> 낙동강유역 행정구역 현황도

1.1.4. 수리구조물 현황

- 낙동강 유역 내 수리구조물은 크게 댐, 저수지 및 보로 구분
- 보 구조물과 같이 설치된 어도도 수리구조물로 분류하여 현황에 포함

<표 1-4> 낙동강 유역 수리구조물 현황

구 분	댐				저수지	보	어도
	다목적	생공용수	발전용	농업용			
개 소	10개소	13개소	4개소	4개소	9,253개소	12,146개소	1,639개소



<그림 1-4> 낙동강유역 주요 수리구조물 위치도

1.2 유역의 관리 여건

1.2.1 인문·자연환경

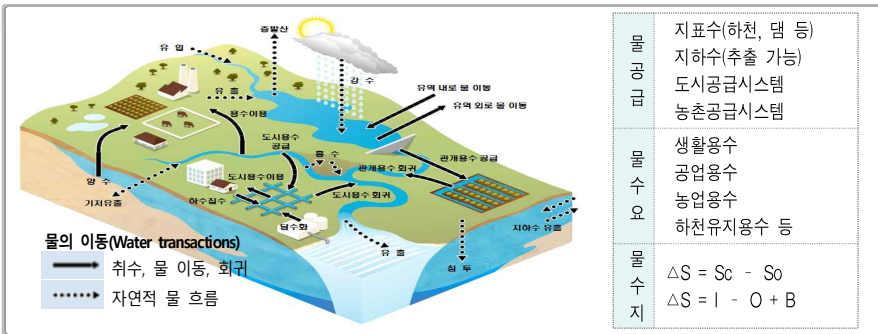
- (행정구역) 행정구역은 전체 47개(3개의 광역시, 44개의 시군)으로 구성
- (인구) 2018년 주민등록상 낙동강유역(경상북도, 경상남도, 대구, 부산, 울산) 인구는 약 1,288만명이며 남성 49.9%, 여성 50.1%로 구성
- (산업,교육) 2018년 기준 광공업·제조업 사업체가 21,141개소, 약 96.3만명이 종사하고 있으며, 농업은 33.5만 가구의 73.0만명이 종사 중이며, 경지면적은 약 43.0만ha임. 교육분야에는 16.3만명이 5,648개소 교육시설에서 종사 중
- (관광) 2016년 기준 관광지 55개소, 관광단지 8개소, 관광특구 7개소, 자연휴양림 8개소, 수목원 46개소가 있으며, 국보가 76개, 보물 603개, 사적 165개, 명승지 29개, 천연기념물, 125개, 무형문화재 25개, 민속자료가 111개가 있음
- (수문지질) 낙동강유역의 수문지질분포 면적은 화성암 11,173, 변성암 5,158km², 충적층 6,317km², 퇴적암 9,546km²으로 구성되어 있으며, 토지피복은 시가지 1,726.7km², 농업지 6,888.8km², 산림지 21,340.5km², 초지 449.5km², 습지 225.2km², 나지 539.1km², 수역 599.0km²로 구성되어 있음
- (기상) 2018년 기준 기상관측소는 32개소, 평균기온은 13.3℃이며 일평균 최고기온은 19.1℃, 최저기온은 8.3℃이며, 평균 최고기온은 38.1℃, 최저기온은 -14.1℃이며, 총 강수량은 1,497.9mm임 (평균 10년 평균기온 13.0℃이며, 평균강수량은 1,301mm)

1.2.2 물수급 체계

1.2.2.2 물수급 분석 네트워크 구축 현황

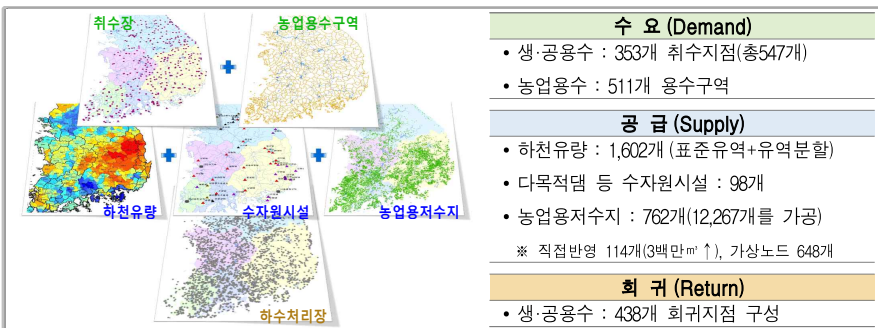
1.2.2.1 물수급 정의 및 구성요소

- (정의) 하천유역의 미래 물 수요(생활·공업·농업용수 및 하천유지용수)를 예측한 후 유역 내 공급 가능한 수자원(하천수, 댐 및 저수지, 지하수 등)과의 균형 분석을 수행하는 과정



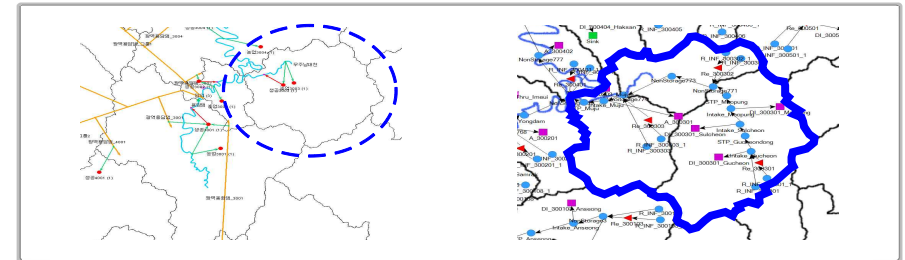
<그림 1-5> 물수급 개념도

- (구성요소) 국가물관리기본계획 수립시 전국을 대상으로 용도별 실제 물수요 지점 및 주요 수자원 시설물 등을 고려하여 총 3,764개(수요 864, 공급 2,462, 회귀 438) 분석 단위로 구성하여 분석



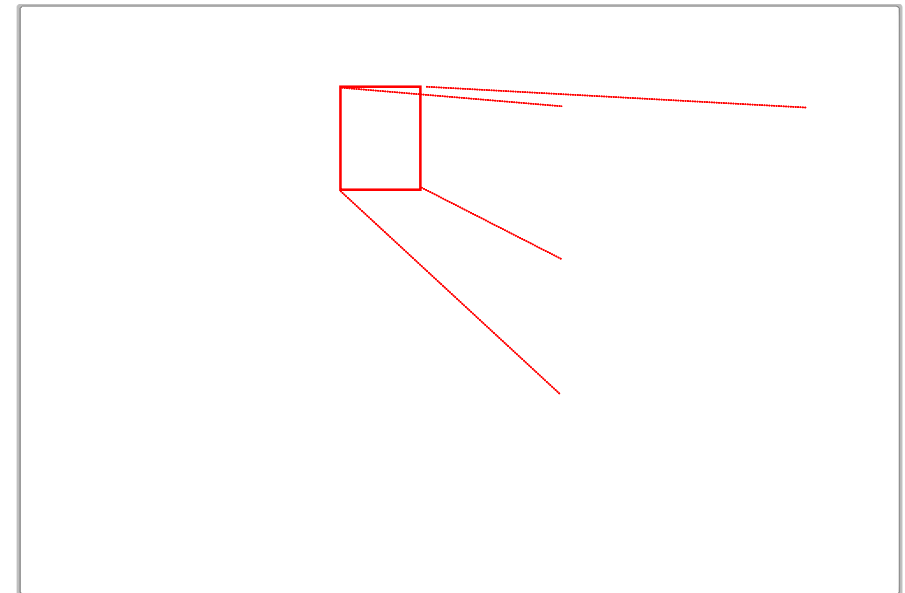
<그림 1-6> 물수급 분석을 위한 수요-공급-회귀 구성요소

- (기본방향) 향후 국가 및 유역 물관리계획 수립 시 활용이 가능하도록, 기존 한계점을 극복하고 보다 정밀한 물수급 분석이 가능한 물 수요·공급 기반 물수급 분석 체계 구축



<그림 1-7> 물수지 분석모형 네트워크 비교 : '16년 모형(좌), 금회 개선모형(우)

- (구축현황) 구축된 물수급 분석 네트워크 모식도는 아래와 같음



<그림 1-8> 물수급 네트워크 구축 현황

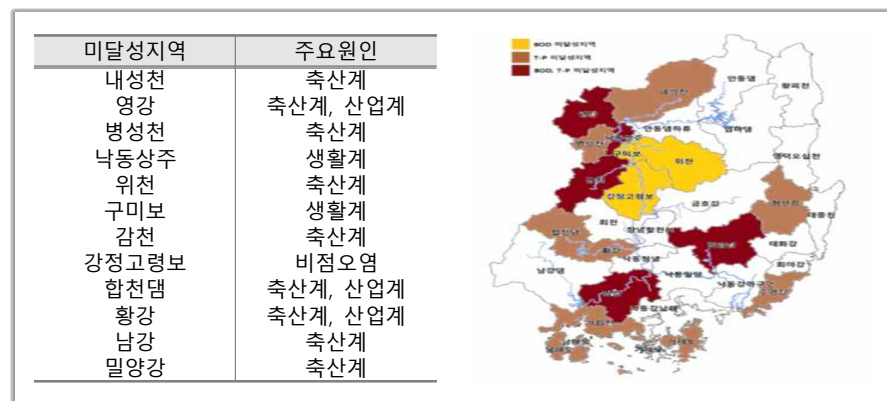
1.2.3 수질 현황

- 최근 10년간 낙동강 유역의 하천 수질등급은 Ia(매우좋음) ~ III(보통) 수준
- BOD, COD는 III(보통) 수준이며, DO, SS는 Ia(매우좋음) 등급임
- 중권역단위 기준으로 목표수질 미달성 지역은 51.5% 정도이며, 원인은 강우 유출오염원인 축산계로 인한 원인으로 판단됨

<표 1-5> 최근 10년간 수질현황 (단위 : mg/L)

구 분	BOD	COD	DO	SS	TOC	T-P
2011년	1.5	5.7	10.7	38.3	3.7	0.102
2012년	2.4	6.2	11.1	18.1	3.7	0.086
2013년	2.3	6.0	11.1	10.3	3.5	0.064
2014년	2.3	6.3	10.8	11.1	3.8	0.058
2015년	2.2	6.4	10.1	7.3	3.8	0.043
2016년	2.0	6.4	10.2	13.8	4.2	0.040
2017년	2.0	6.2	10.5	6.3	4.2	0.033
2018년	2.0	6.8	10.9	12.5	4.7	0.039
2019년	1.9	5.8	10.6	8.6	4.5	0.038
2020년	1.7	5.8	10.4	14.3	4.5	0.041
평 균	2.0 (II등급)	6.2 (III등급)	10.6 (Ia등급)	14.1 (Ia등급)	4.1 (III등급)	0.054 (II등급)

※ 출처 : 환경부 물환경정보시스템(<http://water.nier.go.kr>, 측정지점 물금)



<그림 1-9> 낙동강유역 중권역단위 목표수질 미달성 현황

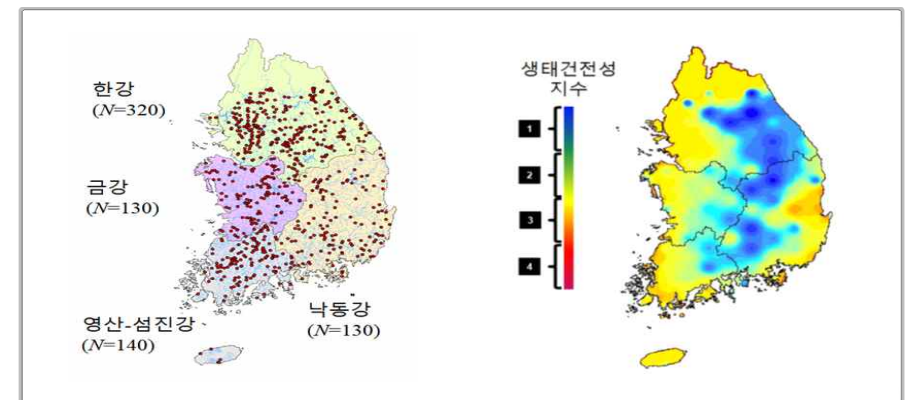
1.2.4 수생태 현황

- 수생태 건강성 현황은 TDI B등급, BMI B등급, FAI C등급으로 나타남
- 대표지수인 FAI(어류생물지수)를 수계별로 확인하면, 태화강의 경우 B등급(좋음)이나, 낙동강, 형산강, 기타 수계는 C등급(보통)으로 나타남

<표 1-6> 수생태 건강성 평가 등급

구 분	부착돌말류		저서성 대형무척추동물		어류	
	TDI	등급	BMI	등급	FAI	등급
낙동강유역	71.9	B	68.6	B	57.0	C
수 계	낙동강	C	68.3	B	56.2	C
	형산강	C	69.6	B	57.7	C
	태화강	B	79.7	B	62.6	B
	기 타	B	67.4	B	59.8	C

※ 하천 수생태계 현황 조사 및 건강성 평가(국립환경과학원, 2019), 낙동강 대권역 물환경 관리계획(2016~2025)(출처 : 환경부, 2019)



<그림 1-10> 수생태건강성 모니터링 현황



II 자연성 회복의 필요성

2.1 유역 관리 정책의 변화 및 전망

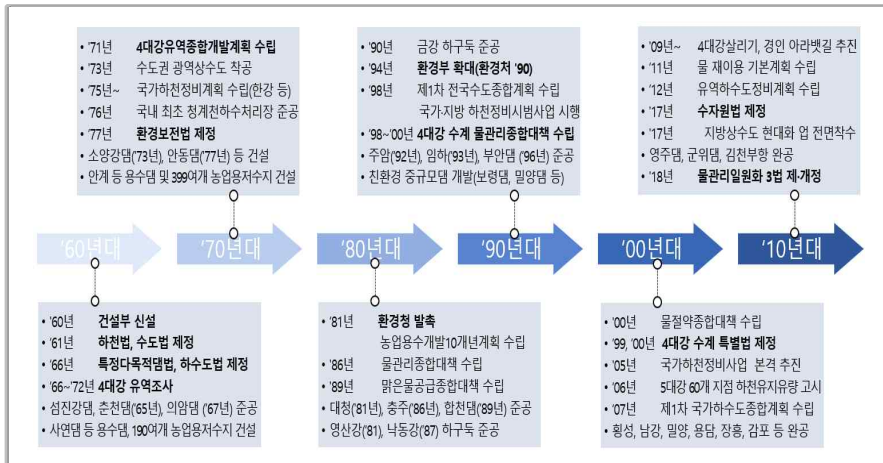
2.2 강 자연성 회복 필요성

II. 자연성 회복의 필요성

2.1 유역 관리 정책의 변화 및 전망

2.1.1 정책의 변천 및 성과

가. 정책의 변천 과정



<그림 2-1> 물관리 정책의 변천 과정

□ '45년 이전

- 식량 증산, 전력생산을 위한 선제작업으로 조사사업이 추진되고, 우물급수를 벗어나기 위한 수도사업 태동
- 대규모 수력댐(북한), 농업용수댐(남한) 건설, 대도시 일부 상수도 공급

□ '60년 이전

- 6.25 후 전쟁 피해 복구과정에서 하천개수, 상수도 복구, 농업용저수지 건설

□ '60~'70년대

- 경제개발 5개년계획에 따라 법령·제도·조직이 정비되고, 유역차원의 대규모 조사, 국가장기계획 수립, 수자원·수도개발 시작
- 공업화를 위한 용수확보, 식량 증산을 위한 하천개수·간척, 에너지 확보를 위한 수력발전에 집중하기 위해 다목적댐 건설 추진
- '66년 하수도법 제정 및 하수처리시대 진입(청계천 하수1처리장 준공)

□ '80~'90년대

- 도시·산업화에 따른 각종 환경문제 야기, 수질관리 업무 시작
- '81년 환경청 설립, 하천환경관리 개념 도입, 친환경적 수자원개발 전환

□ '00년대

- 공급위주 정책을 벗어나, 수요관리, 수원 다변화 이슈화 등 치수대책 수립
- 4대강수계법 제정 및 오염총량제가 도입되고, 물환경내 수생태계 확대

□ '10년대

- 하천환경 개선사업 확대, 기후변화 대응, 물관리고도화 등이 대두되고, '18년 물관리기본법 제정 등으로 통합물관리 시대 개막

나. 주요성과

□ 안정적 물이용 체계 구축

- 댐·저수지, 상수도시설 등 시설 확충을 통한 경제성장 뒷받침 및 안정적 물 공급 기반 마련
- 국민 대다수가 물 걱정 없이 수돗물을 이용할 수 있도록 체계를 구축하였고, 상수도 보급률은 99%('18년 마을상수도 포함)까지 달성

□ 수질 오염 규제, 환경기초시설 설치

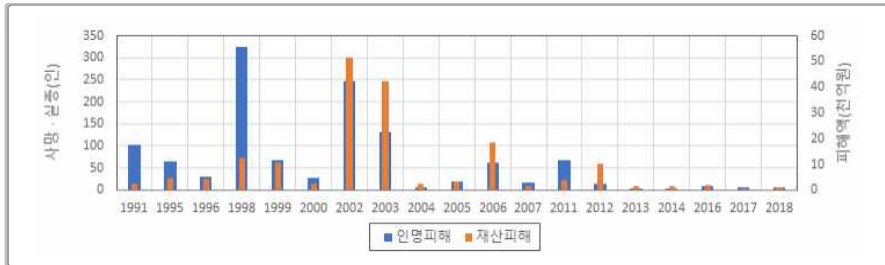
- 수질오염총량제 도입 등 수질관리를 위한 노력을 지속하고 있으며, 조류 및 난분해성 물질 관리를 위해 관리 항목(T-P, TOC) 추가 등 수질 회복 노력
- 환경기초시설 확충(하수도 보급률 93.9%, '18년)을 통한 오염부하 저감 노력

□ 하천 환경성 회복 및 친수공간 효율화

- 하천 고유 기능을 유지하기 위한 하천유지유량 제도 도입 및 국민들의 여가 및 레저 등 하천공간을 효율적으로 활용할 수 있도록 친수지구 지정 제도 도입 및 친수지구 조성 등 효율화 지속 노력

□ 선제적 홍수 방어체계 구축

- 홍수조절용량 확보, 하천 정비 등을 통해 홍수를 예방하고 도시침수 방지 등 지속적으로 노력
- '90년 이후 홍수에 따른 인명 및 재산 피해는 모두 감소하는 추세(홍수에 따른 피해 정도는 기상조건에 따라 편차가 나타나므로 정부 정책으로만 나타나 효과를 의미하는 것은 아님)



<그림 2-2> 홍수 관련 인명 및 재산피해 추이

□ 가뭄에 따른 국민 불편 최소화

- 댐-보-저수지 연계운영, 가뭄예경보제 도입 등 예방 중심 가뭄대응 실현

□ 물관리 효율성 제고 기반 마련

- 24년만의 물관리 일원화로 유역 중심의 통합물관리 추진 기반 마련

2.1.2 자연성 회복 관련 정책

□ 문재인정부 국정운영 5개년 계획(국정기획자문위원회, 2017)

- 100대 국정과제 중 59번 국정과제로 4대강 재자연화와 통합 물관리로 이·치수가 조화되는 하천조성을 과제목표로 하고 있음
- 6개 보 상시 개방 후 정밀조사 및 평가를 통해 재자연화를 추진하며, 이를 기반으로 4대강 재자연화 대책에 따라 자연성 회복과 복원사업을 추진
- 안전한 물 환경 조성을 위해 이원화된 물 관리를 통합하고 유역 거버넌스를 통한 참여기반으로의 전환을 추진

□ 물관리기본법 (2018년 공포, 2019년 시행)

- 물은 지구의 물순환 체계를 통하여 얻어지는 공공의 자원으로 모든 사람과 동·식물 등의 생명체가 합리적으로 이용하여야 하고, 물을 관리함에 있어 그 효용은 최대한으로 높이고 잘못 쓰거나 함부로 쓰지 아니하며, 자연환경과 사회·경제 생활을 조화시키면서 지속적으로 이용하고 보전하여 그 가치를 미래로 이어가게 함을 기본이념으로 하고 있음
- 누구든지 사용 목적에 적합한 수질의 물을 안정적으로 공급받아 이용할 수 있고, 가뭄·홍수 등의 재해로부터 안전하게 보호받으며 건강하고 쾌적한 물 환경에서의 삶을 누릴 권리가 있음
- 누구든지 지속가능한 물순환 체계를 구축하기 위하여 노력하고 국가와 지방자치단체의 물관리 정책에 협조하여야 함을 의무로 정함
- 물관리의 기본 원칙은 다음으로 정의하고 있음
 - (건전한 물순환) 국가와 지방자치단체는 물이 순환과정에서 지구상의 생명을 유지하고, 국민생활 및 산업활동에 중요한 역할을 하고 있는 점을 고려하여 생태계의 유지와 인간의 활동을 위한 물의 기능이 정상적으로 유지될 수 있도록 하여야 함
 - (수생태환경의 보전) 국가와 지방자치단체는 물관리를 위한 정책을 수립·시행하는 경우 생물 서식공간으로서의 물의 기능과 가치를 고려하여 수생

II. 자연성 회복의 필요성

태계 건강성이 훼손되는 때에는 이를 개선·복원하는 등 지속가능한 수생태환경의 보전을 위하여 노력하여야 함

- (유역별 관리) 물은 지속가능한 개발·이용과 보전을 도모하고 가뭄·홍수 등으로 인하여 발생하는 재해를 예방하기 위하여 유역 단위로 관리되어야 함을 원칙으로 하되, 유역 간 물관리는 조화와 균형을 이루어야 함
- (통합 물관리) 국가와 지방자치단체는 지표수와 지하수 등 물순환 과정에 있는 모든 형상의 물이 상호 균형을 이루도록 관리하여야 하며, 국가와 지방자치단체가 물과 관련된 정책을 수립·시행할 때에는 물순환 과정의 전 주기(全週期)를 고려하여야 하고, 국가와 지방자치단체는 물관리에 있어서 수량확보, 수질보전, 가뭄 및 홍수 등으로 발생하는 재해방지, 기후·토지·자원·환경·식생 등과 같은 자연환경, 경제·사회 등에 미치는 영향을 종합적으로 고려하여야 함
- (협력과 연계 관리) 국가와 지방자치단체는 물관리 정책을 시행함에 있어 유역 전체를 고려하여야 하며, 어느 한 지역의 물관리 여건 변화가 다른 지역의 물순환 건전성에 나쁜 영향을 미치지 않도록 하여 유역·지역 간 연대를 이루어야 함
- (물의 배분) 국가와 지방자치단체는 물의 편익을 골고루 누릴 수 있도록 물을 합리적이고 공평하게 배분하여야 하며, 이 경우 동·식물 등 생태계의 건강성 확보를 위한 물의 배분도 함께 고려하여야 함
- (기후변화 대응) 국가와 지방자치단체는 기후변화로 인한 물관리 취약성을 최소화하여야 하며, 물순환 회복 등을 통하여 적극적으로 기후변화에 대응할 수 있는 물관리 방안을 마련하여야 함
- (물관리 정책 참여) 물관리 정책 결정은 국가와 지방자치단체 관계 공무원, 물 이용자, 지역 주민, 관련 전문가 등 이해관계자의 폭넓은 참여 및 다양한 의견 수렴을 통하여 이루어져야 함

□ 우리 강 자연성 회복 구상(환경부, 2019)

- 통합물관리와 더불어 환경과 생태적 가치, 강의 자연성 회복, 물 갈등 치유 등의 논의가 다시금 활발해지며 강 관리의 새로운 패러다임이 만들어지고 있는 전환기에 있음

낙동강 자연성 회복 구상(안) 수립 연구용역

- 강의 자연성 회복의 방향은 자연적인 모습에 가까워지며 스스로의 회복력을 높여, 교란된 강의 생태계가 스스로 조정·적응 가능하도록 하는 것임
- 강의 자연적인 모습은 종적·횡적으로 역동적이고, 다양한 생명체가 살며, 맑은 물이 마르지 않고 흐르는 강임. 또한, 사람의 이용과도 조화가 되어 사람과 자연 모두에게 삶의 터전이 되어야 함
- 자연의 질서를 존중하고, 인위적 개입은 그 질서 안에서 이루어지며, 스스로의 힘으로 건강성을 유지할 수 있는 강으로 회복되어야 함
- 강 자체뿐만 아니라 유역 전체를 포함한 회복이 추진되어야 함
- 사람과 자연의 상생을 위해 기후 변화에 적응할 수 있도록 생태계 및 이·치수 기능의 조화를 추구해야 함
- 유역구성원의 참여와 소통을 기반으로 사회적 합의를 거쳐 추진 필요



<그림 2-3> 우리나라 강 관리의 연대별 변화

□ 하천법 1조 (2021)

- 하천사용의 이익을 증진하고 하천을 자연친화적으로 정비·보전하며 하천의 우수(流水)로 인한 피해를 예방하기 위하여 하천의 지정·관리·사용 및 보전 등에 관한 사항을 규정
- 하천을 적정하게 관리하고 공공복리의 증진에 이바지함을 목적으로 하는 것을 하천관리의 기본 목적으로 하고 있음

2.1.3 자연성 회복의 정책 방향

가. 인간과 자연이 함께 하는 하천 관리

- 강의 자연성 회복은 강의 ‘흐름’을 회복하는 데서 시작해야 하며, 최종적으로 인간과 강의 관계를 회복하는 방향으로 진행되어야 함
- 높은 제방과 보를 건설하고 복개하는 등 개발과 이용 중심으로 설정된 지금까지의 하천정책은 사람이 접근할 수 없는 상태의 강이었으며, 강의 종 방향과 횡 방향의 단절이 해소되고 생태계가 살아난다면, 다음 세대는 잘 가꾸어진 강과 더불어 살면서 맑은 물, 경관과 같은 강이 주는 혜택을 누리게 될 것임
- 앞으로의 바람직한 하천의 모습은 인간의 이용을 위해서 최대한 많은 양의 물을 하천에서 취수하도록 하는 것이 아니라, 하천의 기본적인 기능을 유지하기 위한 환경유량을 기본적으로 하천에 보장하고, 인간은 최소한의 물만을 하천에서 이용하는 것임
- 하천의 유량은 인간과 환경이 나누어 써야 하고 물을 배분하는 순위를 정할 경우에는 하천환경을 조금 더 생각해야 함
- 하천유지유량을 정하는 경우 환경생태유량(수생태계 건강성 유지를 위하여 필요한 최소한의 유량)을 고려해야 함
- 인간의 이용의 관점에서만 볼 것이 아니라 하천생태를 위한 환경유량의 관점에서 보아야 지속가능한 하천의 관리가 가능하고, 특히 하천유량을 고려한 환경유량이 하천관리의 새로운 요소로 포함되어야 함

나. 자연성 회복을 위한 접근 방향

- 지속가능한 가치 전환
- 조화 또는 어울림, 바로 자연과 사람의 공존 내지 상생이 되어야 하며, 개발에서 환경으로, 환경을 넘어 생태로의 가치전환이 필요함

□ 지속가능한 강 자연성 회복을 위한 접근 방향

- 다기능 보의 합리적인 처리방안을 마련해, 단절된 하천 연결성 회복 필요
 - 이를 위해서는 객관적, 과학적 데이터 확보가 특히 중요하며 이를 근거로 환경성이나 활용성이 낮은 보는 재자연화하고, 활용성이 높은 보는 자연성을 복원하는 동시에 그 활용성을 유지토록 해야 함
 - 구체적인 활용방안과 보완대책을 마련하는 전략을 세울 필요가 있으며, 가장 중요한 전제조건은 살아 있는 하천이라는 점을 반드시 생각해야 함
- 유역 단위 통합 물관리로 수량-수질-생태-재해예방이 하나의 일관된 체계 안에서 균형 있게 결정되도록 해야 함
 - 유역 내 댐과 저수지를 비롯한 기존 물그릇을 최대한 효율적으로 활용하고, 하수재이용, 지하수 등 환경에 부담을 주지 않는 새로운 물 확보대책을 세워 추진할 필요가 있음
 - 유역 내의 오염원을 근본적으로 제거하는 등의 수량-수질 대책을 통합적으로 시행하고, 강의 생태계 연결성을 복원하는 동시에, 고유의 역사와 문화와 환경가치를 중심으로 수변공간을 새롭게 창조해야 함
 - 유역단위의 ‘물순환 스탠다드 플랫폼(Standard Platform)’ 구축 필요
 - 스탠다드 플랫폼이란 AI, 빅 데이터, 스마트 그리드 등 4차 산업혁명 요소 기술을 활용해 물 순환 전 과정에서 객관적·정량적 데이터를 수집·분석하고 활용할 수 있는 통합적인 체계를 의미함
 - 유역 물 문제에 대한 합리적인 대안을 제시할 수 있으며, 물관리 정책에 대한 불신을 해소할 수 있음. 또한, 물 분야 기업들과 협력을 통해 물산업을 육성하고 해외에 진출하는 등 국가 경제 활력 제고 등 역할을 할 수 있음
- 소통을 통한 사회적 합의로 사람의 이용과 강의 자연성 회복 간에 서로 상충되는 부분을 조화롭게 만들어야 함
 - 지역주민을 비롯해 하천 주변의 이해 관계자 모두가 소통에 노력해야함
 - 인간과 자연 간의 관계를 회복할 수 있고, 나아가 자연성 회복을 둘러싼 찬반 의견으로 갈등해 온 인간과 인간의 관계까지 회복할 수 있음

2.2 강 자연성 회복 필요성

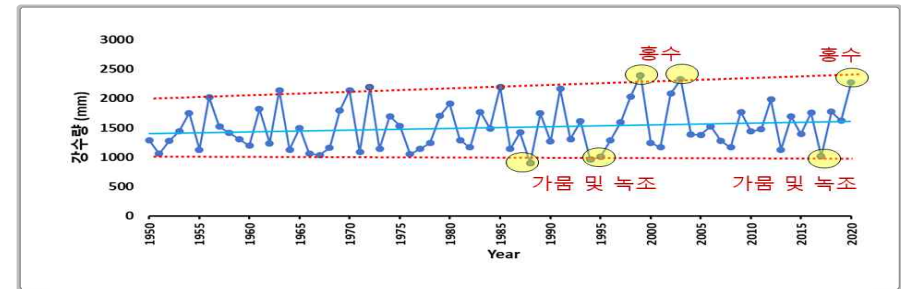
2.2.1 낙동강의 물관리 여건변화와 변천

□ 지형·지리적 특성에 따른 강수 분포

- 강수량의 분포는 일반적으로 지형과 기류의 방향, 온대성 저기압이나 태풍 등의 통과 위치에 따라 편차가 큼
- 대구분지를 중심으로 하는 경북 내륙지역(안동, 의성, 영천 등)의 경우 소백 산맥 및 태백산맥의 영향으로 1,000mm 이하의 소우지역
- 유역의 하류로 갈수록 여름 남서기류의 바람받이 지역에 해당, 또 남해 해상을 빈번히 통과하는 온대성 저기압이나 태풍으로 인해 다우지를 이룸
- 특히, 진주 인근 서부경남 지역의 연평균 강수량은 1,500mm 내외로 낙동강 유역 중에서 가장 높은 강수량 기록

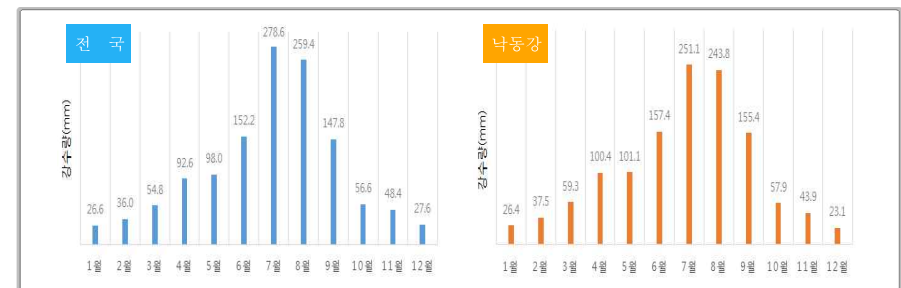
□ 시간적 분포

- 1973년~2020년까지 낙동강 권역 연평균 강수량은 1,281mm로 전국 평균인 1,278.6mm와 유사한 수준
- 동기간 강수량 변화폭은 최저 901mm('88)~959mm('94), 최고 2,396mm('99)으로 전국평균 변화폭[최저 848.5mm('98), 최고 1,861mm]에 비해 다소 큰 편
- 최근 기후변화에 따라 연평균 강수량 변동 폭의 점진적 증가 및 이에 따른 권역 내 가뭄 발생 주기가 짧아지는 추세

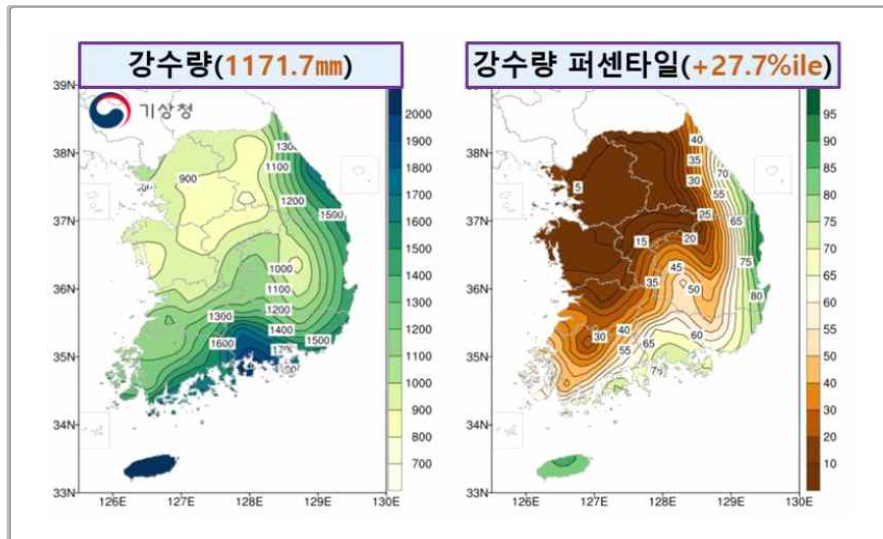


<그림 2-5> 낙동강유역 연강수량(1973~2020)

- 계절별로는 여름의 남서계절풍, 겨울의 북서계절풍의 영향으로 여름은 우기, 겨울은 건기로 뚜렷이 구별
- 여름철은 장마전선의 영향으로 6~8월까지 연강수량의 50% 이상 집중되는 다우 형태의 몬순 기후를 보이며, 겨울철(12~1월) 강수량은 전 지점에서 연강수량의 7% 미만으로 강수의 계절적 편차가 큼



<그림 2-6> 전국 및 낙동강유역 월평균 강수량 분포(1973~2020)



<그림 2-4> 연평균 누적 강수량 및 퍼센타일 분포 (1979~2019, 기상연감 2020, 기상청)

II. 자연성 회복의 필요성

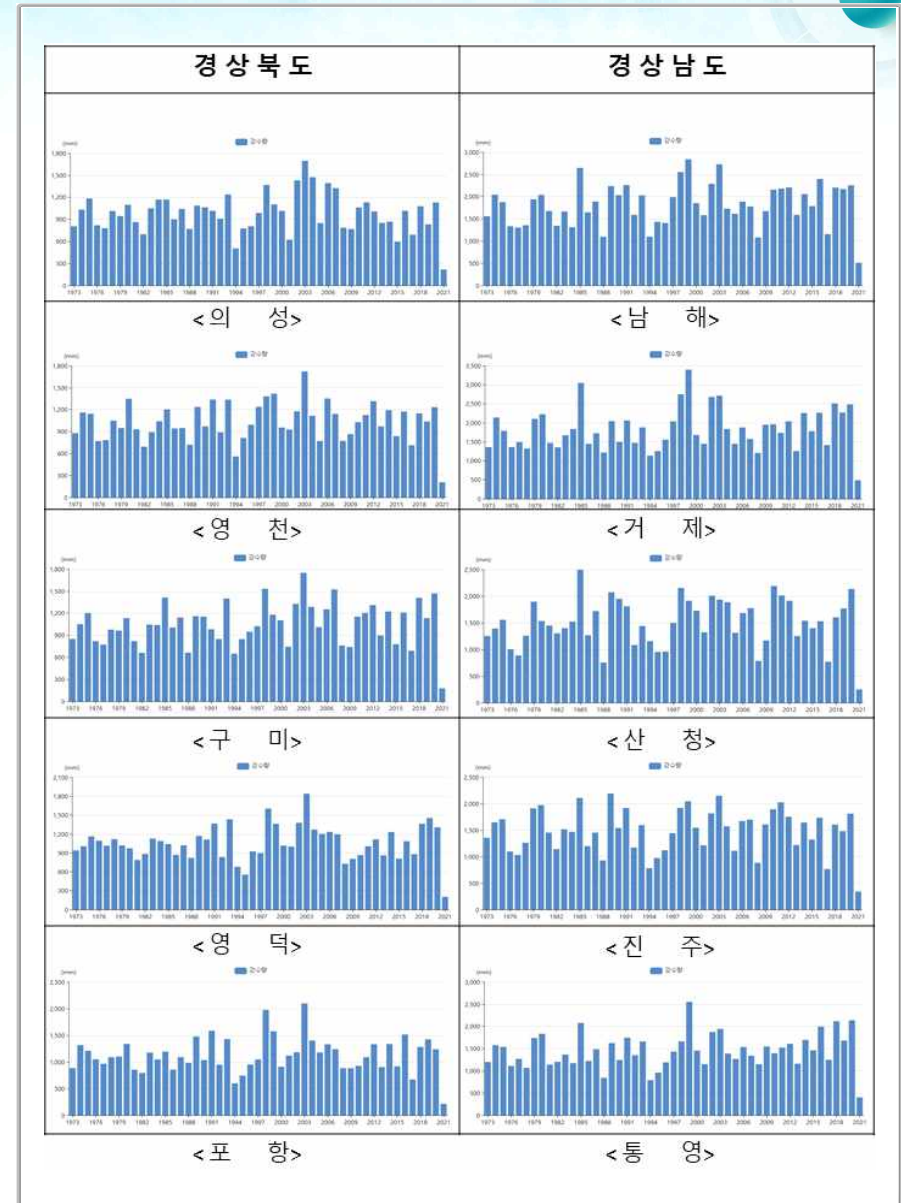
□ 지역별(지자체) 강우 특성

- 지역적으로는 상·하류간 지형·지리적 특성에 따라 강수량 편차가 큼
- 경북지역의 경우 울릉군을 제외한 모든 지역에서 권역 평균 강수량 이하
- 경남지역의 경우 대부분 지역에서 권역 평균 이상의 강수량 기록

<표 2-1> 낙동강유역 내 주요 지자체 연평균 강수량(1973~2020)

광역시·도	시·군	연평균 강수량 (mm)	권역평균 대비 (mm)	광역시·도	시·군	연평균 강수량 (mm)	권역평균 대비 (mm)
낙동강권역	-	1,281	-	부산광역시	-	1,499	▲ 218
대구광역시	-	1,051	▼ 230	울산광역시	-	1,254	▼ 27
경상북도	경상북도	1,114	▼ 167	경상남도	경상남도	1,398	▲ 117
	청송군	894.6	▼ 386.4		함양군	1,173	▼ 108
	의성군	995.4	▼ 285.6		밀양시	1,223	▼ 58
	안동시	1032.7	▼ 248.3		합천군	1,271	▼ 10
	영천시	1040.7	▼ 240.3		거창군	1,280	▼ 1
	경주시	1042.4	▼ 238.6		의령군	1,281	0
	구미시	1050.0	▼ 231.0		김해시	1,316	▲ 35
	영덕군	1056.3	▼ 224.7		양산시	1,436	▲ 155
	울진군	1121.0	▼ 160.0		통영군	1,442	▲ 161
	포항시	1140.1	▼ 140.9		창원시	1,502	▲ 221
	상주군	1144.2	▼ 136.8		진주시	1,503	▲ 222
	봉화군	1186.3	▼ 94.7		산청군	1,509	▲ 228
	문경시	1239.3	▼ 41.7		거제시	1,817	▲ 536
	영주시	1261.7	▼ 19.3		남해군	1,823	▲ 542

낙동강 자연성 회복 구성(안) 수립 연구용역



<그림 2-7> 낙동강유역 주요 지자체 연강수량(1973~2021)

2.2.2 자연성 회복의 필요성

- 그 동안 강을 통한 개발·활용으로 우리나라는 경제성장과 안정적인 물사용 여건 확보, 홍수와 가뭄으로부터 안전한 사회를 구축함
- 세계적으로 높은 수준의 상·하수도 보급률 달성 및 친수공간 활용을 통한 공원·주차장·도로 등 수변개발로 강을 이용한 혜택을 누림
- 그러나 계속되는 개발로 인한 강의 변형은 강의 호소화, 생물의 다양성 감소, 불투수층 증가로 인한 기저유출 감소 등에 따른 건천화, 과도한 강의 이용으로 인한 강 고유의 모습 훼손 등이 발생하였음
- 흐르는 강에 설치된 댐, 보 등 수많은 수리 구조물의 설치로 인해 강은 점차 호소화가 되었으며, 단절되고 통제된 강은 연속성을 잃고 홍수터는 육역화가 진행되고 있음
- 이러한 문제들로 인해 강을 터전으로 살아가는 생물들이 사라지고 생태계가 파괴되고, 서식처 교란 및 연결성 단절은 생물서식처의 질적 저하와 생물의 다양성 감소를 유발하였음
- 강이 주는 이러한 풍요로움을 잃어가면서 강을 이용하는 사람들은 강의 풍요로움을 제대로 누리지 못하게 되었음
- 이러한 강의 변형과 파괴를 막기 위해 1990대 이후 하천복원 노력이 시작되었지만, 강의 자생력을 스스로 키워주는 것보다 인위적인 자연형 하천을 만드는 데 치중하는 경우가 많았음
- 특히, 「4대강 살리기 사업」은 자연성 회복 측면에서 강에 큰 변형을 불러온 사업으로 자연에 대한 깊은 고민없이 추진하다보니 발생한 부작용이 발생한 것으로 평가되고 있음
- 훼손된 강의 자연성을 회복시키는 데에는 많은 시간과 비용이 수반된다. 시간과 비용의 문제도 있지만 더욱 심각한 것은 사람과 강의 단절로 강의 풍요로움을 잊어버린 사람들이 다시 강을 훼손시키는 행위가 반복된다는 것이다. 강이 주는 혜택을 다시 누릴 수 있도록 이제라도 강의 자연성 회복, 강과 사람의 관계 회복이 필요한 이유임



III 유역의 강 자연성 회복구상

3.1 자연성 회복구상 수립 경과

3.2 강 회복의 방향과 원칙

3.3 자연성 회복의 비전 및 목표

3.4 국외사례

Ⅲ. 유역의 강 자연성 회복구상

3.1 자연성 회복구상 수립 경과

- 대한민국 현대사에서 강의 존재는 산업발전에 있어서 안정적인 물사용 여건을 조성하여 경제성장을 이룩하는 데에 지대한 공헌을 하였음
- 지속적인 수자원 확보와 인프라 확대로 상·하수도 보급률은 세계적으로도 높은 수준에 달하고 있으며,
- 농업·도시·산업 등 수자원 이용, 홍수터 개발 및 토지의 이용, 공원·주차장·도로 등 수변개발과 유람선·자전거 도로와 같은 친수시설 등 강을 개발함으로써 많은 혜택을 누려왔음
- 홍수와 가뭄으로부터 안전한 사회의 구축하기 위해, 강 자체의 변형 및 그 주변 지역의 개발로 인하여, 강 자연성이 훼손되고 생물서식처가 지속적으로 위협받고 있음
- 강을 개발하여 얻을 수 있었던 이득에 비해 지나친 이용, 과도한 변형 등 강의 자연성을 훼손함으로써 우리와 미래세대가 누릴 수 있는 많은 가치를 상실하고 있는지에 대한 반성이 필요한 시점임
- 먼저 흐르는 강 본연의 모습에 비추어 볼 때 강 곳곳에서 댐, 보 등 수많은 인공 구조물의 설치로 인해 호소화되어 가는 중
- 강은 단절되고 통제되어 그 역동성과 연속성을 잃고, 토사 공급이 단절되어 하상이 저하되고 홍수터는 육역화 진행 중
- 강을 토대로 살아가는 생물의 다양성은 감소하고, 자정능력이 약화되어 강 본연의 생명력 상실
- 하도의 직강화와 호소화, 수리구조물의 설치와 홍수터의 변형(도로, 주차장, 공원 등)으로 인한 서식처 교란 및 서식처간 연결성 상실은 생물서식처의 질적 저하와 수생태계 생물다양성 감소를 유발함

- 도시화에 따른 불투수층 증가 등으로 인한 기저유출 감소, 과도한 취수 등은 갈수기 유량 부족과 건천화 현상을 일으켜 물이 없는 강이 되어 가고 있음
- 이는 물순환의 왜곡, 강의 역동성과 경관을 해치고, 물흐름과 사주·수심의 다양성 소실로 인한 수질·수생태계 악화를 초래함
- 강을 즐기고 느끼는 강문화는 주로 수변공원에서 이루어지는 것으로 획일화 및 상업화되었고, 강을 중심으로 그 지역에서 소중하게 계승되어 온 문화와 고유의 아름다운 경관을 잃어가고 있음
- 또한, 강을 둘러싼 갈등은 치유되지 않고 방치되면서 점차 그 갈등의 골이 깊어지고 해결책을 찾기 어려워지고 있음
- 이러한 문제들은 대부분 강의 고유한 모습인 자연성과 멀어짐으로써 발생한 부작용이며, 사람의 과도한 강 이용이 큰 원인으로 작용
- 이로 인해 강을 터전으로 살아가는 생물들이 사라지고 생태계가 파괴되며, 사람은 강이 주는 풍요로움을 상실하게 됨
- 1990년대 이후 하천복원을 위한 노력이 시작되었지만, 일관된 철학과 방향 속에서 추진되지 못하고 다양한 주체들이 각자 진행하는 등 여러 시행착오 발생
- 강의 자생력을 스스로 키워주는 것 보다는 인위적인 자연형 하천을 만드는 데 치중하는 경우가 많았고, 기존 하천 개발의 방식에 일부 환경적 요소를 가미하는 데 그치는 경우가 많았음
- 특히, 「4대강 살리기 사업」은 하천복원을 표방하였으나, 자연성 회복 측면에서 깊은 고민 없이 또 다른 개발사업으로 진행되어 강의 변형을 불러오고 여러 부작용을 낳은 것으로 평가
- 한번 파괴된 자연성은 되돌리거나 개선하는데 많은 노력이 필요하며, 강이 자연성을 잃음으로써 사람과 강이 단절되고, 자연적인 강으로부터 얻는 혜택을 잃게 되어 강의 지속가능성을 더욱 훼손하는 악순환 초래
- 지금부터라도 강의 자연성 회복, 강과 사람의 관계 회복이 필요한 이유임
- 물관리일원화 이후 지속가능한 강 관리와 자연성 회복을 위해서는 비전 수립 및 법정계획 등 정책의 추진동력 부여가 필요

- 환경부주관 “우리 강 자연성 회복 구상”으로 비법정계획이 제시된 상황에서 낙동강 유역 특성을 고려한 자연성 회복에 대한 폭넓은 청사진 제시를 통해 향후 국가정책에 투영할 수 있는 계기를 마련할 필요가 있음
- 본 과업에서 제시할 비전과 목표를 토대로 향후 수립될 낙동강 유역내 각종 법·정 또는 비법정 종합계획의 지침서 역할을 목적으로 함
- 낙동강 자연성 회복 비전 설정을 통해 향후 국가정책과 연계할 수 있는 폭넓은 자연성 회복 청사진 마련

3.1.1 과업의 범위

- 낙동강 수계(낙동강 본류, 형산강, 태화강, 회야수영, 낙동강동해·남해)
- 지역적 범위는 5개 시·도, 47개 시·군
- 본 과업에서는 낙동강의 발원지에서 하구까지 대권역, 중권역, 소구역에 모두 고려하되, 강 자연성회복 구상을 중점 추진하도록 함
- 시간적으로는 제1차 국가물관리기본계획(‘21~’30)과 같이 향후 10년을 범위로 하되, 그 이후의 장기적 정책방향까지 고려하여 추진함

본 구상의 범위

- 시간적 범위 : 제1차 국가물관리기본계획(‘21~’30)과 같이 향후 10년을 범위로 하되, 그 이후의 장기적 정책방향까지 고려함
- 공간적 범위 : 발원지에서 하구까지, 대·중·소유역을 모두 포함(본류중심)

3.1.2 계획의 성격과 위상

- 계획의 성격
 - 자연성 회복에 관한 국내·외 여건과 정책 패러다임 변화에 능동적으로 대처하며 새로운 미래세대를 위해 새로운 낙동강을 만들고 설계하는 비전계획
- 계획의 위상
 - 낙동강 유역 내 지역구성원과 전문가들이 참여하고 공유하는 종합계획으로 낙동강의 장기적인 발전 전략과 방향을 설정하는 지침형 계획

3.2 강 회복의 방향과 원칙

3.2.1. 자연성 회복의 방향

구조적으로 자연상태를 유지하면서,
물리·화학·생물학적인 기능들이 (인간의 삶과)
조화를 이룰 수 있는 강

3.2.2. 자연성 회복의 원칙

- 우리가 바라는 강 자연성 회복은 자연적인 모습에 가까워지며 강 스스로의 회복력을 높여, 교란된 강의 생태계가 스스로 조정·적응할 수 있도록 하는 것임
- 자연의 질서를 존중하고, 인위적 개입은 그 질서 안에서 이루어지며, 스스로 힘으로 건강성을 유지할 수 있는 강(물관리기본법 제8조, 제9조, 제10조).
- 시간적 범위에서 강 자연성 회복은 단순히 어느 한 시점에서의 회귀나 복원의 개념이 아니라, 사람의 개입을 최소화하고 강의 본질을 최대한 유지할 수 있는 것임
- 사람과 자연의 상생을 위한 기후변화에 잘 적응할 수 있게 생태계 및 하천 환경과 이·치수 기능의 조화(물관리기본법 제12조, 제14조, 제15조, 제18조)
- 공간적 범위에서 강 자연성 회복의 문제는 단순히 강 자체에 국한되는 것이 아니라, 강의 발원지에서 하구-연안지역까지 광범위하게 고려되어, 문제해결방안이 모색되어야 함(물관리기본법 제11조, 제13조)
- 특히, 낙동강 유역은 본류 취수 의존도가 높고, 중·상류지역에 대규모 공업단지가 위치하고 있어 수질관리여건이 열악하고 먹는 물에 대한 주민 불안이 높아 상하류의 물관련 이슈 해결 노력이 필요함

- 유역구성원의 참여와 소통을 기반으로 사회적 합의를 거쳐 추진(물관리기본법 제16조, 제17조, 제19조)

물관리기본법의 물관리 기본이념 및 원칙

□ **기본이념**(물관리기본법 제2조)

물은 지구의 물순환 체계를 통하여 얻어지는 공공의 자원으로서 모든 사람과 동·식물 등의 생명체가 합리적으로 이용하여야 하고, 물을 관리함에 있어 그 효용은 최대한으로 높이되 잘못 쓰거나 함부로 쓰지 아니하며, 자연환경과 사회·경제 생활을 조화시키면서 지속적으로 이용하고 보전하여 그 가치를 미래로 이어가게 함을 기본이념으로 한다.

□ **기본원칙**(물관리기본법 제8조~제19조)

물관리기본법(법률 제15653호, 2019. 6. 13. 시행)에서 지속가능한 물순환 체계를 구축하고 국민의 삶의 질 향상에 이바지함을 목적으로 다음과 같은 12개 기본원칙을 제시하고 있다.

기본원칙	내 용
제8조	물의 공공성
제9조	건전한 물순환
제10조	수생태환경의 보전
제11조	유역별 관리
제12조	통합 물관리
제13조	협력과 연계 관리
제14조	물의 배분
제15조	물 수요관리 등
제16조	물 사용의 허가 등
제17조	비용부담
제18조	기후변화 대응
제19조	물관리 정책 참여

3.3 자연성 회복의 비전 및 목표



- “우리강 자연성 회복 구상”(2020,환경부)에서 제시한 비전에 따라, 낙동강 비전 계획은 “**자연과 사람이 하나되어 살아가는 낙동강**”이며, 자연성 회복을 달성하기 위한 비전목표는 (Ⅰ)살아 움직이는 강, (Ⅱ)생명이 숨쉬는 강, (Ⅲ)맑은 물이 흐르는 강, (Ⅳ)더불어 사는 강과 같이 크게 네 분야로 요약됨

- ① “**자연과**” : 낙동강의 발원지에서부터 하구까지 수질, 수생태 등 자연환경
- ② “**사람이**” : 낙동강 유역에 살아가는 사람과, 생태계 서비스를 받는 모든 국민
- ③ “**하나되어**” : 자연을 더전으로 살아가는 동식물과 모든 사람이 누리는 혜택과 권리, 의무가 한쪽으로 치우침없이 같음
- ④ “**살아가는**” : 낙동강 유역에 살아가는 모든 생물과 사람, 앞으로 태어날 미래 세대까지

Ⅲ. 유역의 강 자연성 회복 구상

- 살아 움직이는 강 : 강의 연속성과 지형을 회복하고 역동적인 모습과 자연적 기능이 회복되는 강
 - 실행과제 : 종적·횡적연속성 회복, 자연 유향의 회복, 치수안정성 회복
- 생명이 숨쉬는 강 : 그 안에 살아가는 생명들이 건강하고 지속가능한 삶을 영위하는 강
 - 실행과제 : 생물종 모니터링 및 생태계교란종 관리, 하천 건강성회복 및 서식처 복원, 생태거점 보전·관리, 생태계 위해물질 관리강화
- 맑은 물이 흐르는 강 : 맑은 물이 마르지 않고 항상 흘러, 이수적, 환경적 기능을 유지할 수 있는 강
 - 실행과제 : 물환경 모니터링체계 강화, 유역오염원 저감대책, 물순환관리 기법 확대, 물 재이용 활성화, 친환경 수처리
- 더불어 사는 강 : 사람과 자연이 조화를 이루고, 사람과 사람의 갈등을 치유하며 더불어 살아가는 강
 - 실행과제 : 유역거버넌스를 통한 사람의 관계 회복, 시민이 가꾸고 즐기는 강의 회복, 강에 대한 이해와 소통의 회복

3.3.1 자연성회복의 관리지표 및 세부지침

- 국가물관리기본계획(2021~2030)에 의하면 ‘25년까지 지표선정 방법을 설정하여 향후 관리토록 하는 차세대 지표를 수립할 예정으로 낙동강 자연성 회복의 관리지표는 추후 별도의 지표선정이 필요함
- 「물환경 자연성 회복」 분야의 지표는 현행 “하천,호소의 목표수질 달성률”과 “수생태계 건강성 B등급 이상 비율”에서 차세대 지표인 수질,수생태,수량,친수 등을 고려한 “종합물환경지표”와 환경생태유량과 통합된 하천유지유량 목표 달성률을 반영한 “하천유지유량 달성율”로 변경 수립
- 낙동강 자연성 회복의 관리지표는 낙동강의 특성을 반영하여 추진전략별 관리지표를 설정

낙동강 자연성 회복 구상(안) 수립 연구용역

<표 3-1> 국가물관리기본계획(2021~2030) 지표

분야별 전략	현행 지표	차세대 지표*
물환경 자연성 회복	<ul style="list-style-type: none"> ● 하천·호소의 목표수질 달성률 <ul style="list-style-type: none"> - 하천(BOD): 69.6%, '18년 기준 - 하천(T-P): 53.0%, '18년 기준 - 호소(TOC): 32.7%, '18년 기준 ● 수생태계 건강성 B등급 이상 비율 <ul style="list-style-type: none"> - FAI 40%, '18년 기준 	<ul style="list-style-type: none"> ● 종합물환경지표 <ul style="list-style-type: none"> - 수질, 수생태, 수량, 친수 등 종합평가지표 ● 하천유지유량 달성률 <ul style="list-style-type: none"> - 환경 생태유량과 통합된 하천유지유량 목표 달성률
지속가능한 물 이용 체계 확립	<ul style="list-style-type: none"> ● 수돗물 만족률 <ul style="list-style-type: none"> - 61.5%, '13년 기준 ● 수돗물 직·간접 음용률 <ul style="list-style-type: none"> - 43.8%, '17년 기준 	<ul style="list-style-type: none"> ● 유역 이수안전도 <ul style="list-style-type: none"> - 유역의 물수요량을 충족시킬 수 있는 물공급의 안전성 ● 유역의 물질약량 및 탄소저감량, 유역의 물 자급률
물 재해 안전 체계 구축	<ul style="list-style-type: none"> ● 가뭄피해(운반, 제한급수) 인구 <ul style="list-style-type: none"> - 5.9만명, '16~'18년 평균 ● 홍수 피해 인구 및 홍수피해액 <ul style="list-style-type: none"> - 홍수피해인구: 75인('18년 누적) - 홍수피해액: 2조7,369억('18년 누적) 	<ul style="list-style-type: none"> ● 유역 재해 안전도 <ul style="list-style-type: none"> - 유역 내 가뭄, 하천 범람 및 내수·침수 등에 대한 안전도
미래 인력양성 및 물 정보 선진화	<ul style="list-style-type: none"> ● 물관리R&D 예산 <ul style="list-style-type: none"> - 1,171억원, '18년 기준 ● 수량·수질·수생태 통합측정 증권역 비율 	<ul style="list-style-type: none"> ● 물분야 창의융합형 인력양성 역량 <ul style="list-style-type: none"> - 물분야전문인력 중 창의융합형인력 비율 ● 물조사·정보자료 품질선진화율 <ul style="list-style-type: none"> - 전체 대비 품질관리 목표를 100% 달성한 비율
물 기반시설 관리 효율화	<ul style="list-style-type: none"> ● 댐 안정성 강화율 <ul style="list-style-type: none"> - 댐(용수, 다목적) 안정성 강화 사업 완료실적 2/25개, '20년 기준 ● 노후 상수관로 개량 <ul style="list-style-type: none"> - 연간 노후관로 정비실적 2,412km/년, '18년 기준 ● 노후 하수관로 개량 <ul style="list-style-type: none"> - 연간 노후관로 정비실적 1,967km/년, '18년 기준 	<ul style="list-style-type: none"> ● 물관리시설의 안전등급 확보율 <ul style="list-style-type: none"> - 물관리시설안전 B등급 달성비율
물산업 육성 및 국제협력 활성화	<ul style="list-style-type: none"> ● 물산업 매출액 중 수출액 비중 <ul style="list-style-type: none"> - 4.5%, '18년 기준 ● 대한민국 주도 국제협력 의제 	<ul style="list-style-type: none"> ● 국내 물산업 해외시장 점유율 <ul style="list-style-type: none"> - 세계 물시장 대비 국내 물산업 규모

※ 차세대 지표 : '25년까지 지표 선정 방법을 설정하여 향후 관리토록 하는 지표

Ⅲ. 유역의 강 자연성 회복 구상

① 수생태계 건강성 평가등급

- 낙동강 대표지점(N=250)에서 “좋은(B) 등급”이상 달성도가 평균 46.5%(2019년 기준)로 5대강 권역 중 전체적으로는 한강에 이어 두 번째를 차지. 저서생물 및 서식수변지수는 타 수계에 비하여 낮은편으로 관리가 필요함
- 수생태계 건강성 평가등급이 낮은 지점에 대한 평가와 수생태계건강성 회복을 위한 방안 수립

② 생태계 연결성

- 하천의 종적연결성을 방해하는 대표적인 하천구조물은 낙차공, 보 등으로, 낙동강 유역에서는 취수용 보가 12,146개소 설치되어 있으며, 이들 중 어도가 설치된 곳은 13.5%인 1,639개소 임
- 하천 횡단구조물에 관한 진단 및 평가를 통하여 개선방안을 도출하고 상·하류 연결성 확보

③ 하천생태유량(하천유지유량)

- 지형 및 지리적 특성에 따라 상류와 하류간의 강수량 편차가 크고, 분류 구간에 고시된 하천유지유량은 중류지점에서 갈수기 유량 부족일수가 높게 나타남
- 수생태계 보전 및 서식환경 개선을 위해 환경생태유량 제도가 도입('17.1)되었으나, 대상지점과 구체적인 유량이 고시되지 않고 있음
- 낙동강 수계에서는 길안천, 태화강에서 환경생태유량 시범하천으로 선정되어 생물모니터링 등이 수행('18) 되었으며, 낙동강수계의 대상지점 확대와 유량확보를 위한 구조적, 비구조적 대책 수립이 필요함

④ 수질오염총량관리 및 목표수질 달성도

- 낙동강은 '05년부터 의무제가 도입되었으며, 5년 단위로 계획 수립·이행, '21년부터 10년 단위로 4단계가 시행('21~'30)되고 있음
- 중권역단위 목표수질 달성율은 48.5%(2019년 기준)로 상류하천 축산계오염원 관리가 필요함
- 수질오염총량제 4단계('21~'30)에서 제시한 낙동강 상류, 지류 및 본류 8개지점에서의 목표수질 관리 필요

낙동강 자연성 회복 구상(안) 수립 연구용역

<표 3-2> 낙동강 8개 지점 목표수질

시·도 경계 지점			오염물질	현단계 (~'20) (A)	다음단계('21~'30)		비교 (A vs B)
					최종(B)	등급	
낙동강	강원	낙본A (태백)	BOD	1.4	1.4	I b	-
			T-P	0.057	0.044	II	△22.8%
	경북	낙본F (구미)	BOD	1.9	1.9	I b	0%
			T-P	0.058	0.040	I b	△31.0%
		금호B (경산)	BOD	3.3	3.0	II	△9.1%
			T-P	0.093	0.072	II	△22.6%
	대구	금호C (대구)	BOD	3.5	3.4	III	△2.9%
			T-P	0.149	0.098	II	△34.2%
		낙본G (대구)	BOD	2.8	2.6	II	△7.1%
			T-P	0.075	0.056	II	△25.3%
	경북	회천A (합천)	BOD	1.2	1.2	I b	0%
			T-P	0.047	0.038	I b	△19.1%
		밀양A (밀양)	BOD	1.4	1.3	I b	△7.1%
			T-P	0.031	0.031	I b	0%
	경남	낙본L (물금)	BOD	2.9	2.6	II	△10.3%
			T-P	0.065	0.049	II	△24.6%

- 중장기적으로 상류에서 발생하는 점오염원 및 비점오염원관리를 위한 대책 수립 및 평가
- 낙동강 수계의 수질중 TP와 TOC농도가 중, 하류를 중심으로 악화되는 경향이 있으며, 수질 개선을 위한 관리대책 수립
- 본류구간의 수질은 보개방(완전개방 또는 부분개방) 계획을 반영하여 모니터링계획을 수립하고 평가하여야 함

⑤ 유역내 소통과 거버넌스

- 유역내 환경현안 및 상생을 위한 거버넌스 회의체의 현황, 운영실적

Ⅲ. 유역의 강 자연성 회복 구상

추진전략		관리지표 마련을 위한 세부지침
더불어 사는 강	① 강문화 활성화 방안	<ul style="list-style-type: none"> 강문화 활성화를 위해 주변 자원에 따라 거점을 선정할 수 있는 정량적 지표개발 필요 지역 시설과 연계된 협력체계 구축할 수 있는 콘텐츠 발굴 강문화 활성화를 통해 창출할 수 있는 환경서비스 항목 선정 및 평가 필요
	② 생태·문화 지속가능 기반 마련	<ul style="list-style-type: none"> 생태문화 지속가능성을 위한 거버넌스 설립 및 운영 체계 확립 수질문제 및 생태복원 문제에 대하여 원인 제공사 관점에서 부담하고 문제를 해결할 수 있는 체계 구축 필요
	③ 국민참여 수준 제고	<ul style="list-style-type: none"> 시민참여형 운영지침에 대한 사회적 제도마련 소통 플랫폼 구축 및 국민참여를 도모할 수 있는 아이템 개발 - 대국민 공모전 시도 가능
맑은 물이 흐르는 강	① 모니터링 체계 강화	<ul style="list-style-type: none"> 오염물질 부하량에 따른 우심지역 파악 및 평가 우선적 실시 모니터링 시스템의 공간적 밀도와 시간적 빈도 평가 지표 마련 비점오염원 모니터링 시스템 고도화를 위한 연구개발을 수행하여 자동화 체계 구축 및 확대운영
	② 유역 오염원 저감	<p>[본류]</p> <ul style="list-style-type: none"> 수질오염총량관리제도와 연계성을 고려하여 최적기술을 선정할 수 있는 시범사업 선정방안 필요 초고도처리 등 수질관리 정책방향과의 부합성 평가와 기술적용의 실효성 검증 필요 미량유해물질, 위해시설 특별관리 대책 등 법령 및 관련제도 개선 세부방법 연구개발 필요 <p>[지류]</p> <ul style="list-style-type: none"> 소유역 특성에 맞도록 비용대비 최적 기술 선택 운영할 수 있는 선정평가 기술개발 필요 비점오염저감기술 적용시 수질개선효과 검증 평가기술 필요 유역 주민들이 쉽게 공감할 수 있거나, 자발적 참여를 유도할 수 있는 프로그램 개발 필요
	③ 물순환 관리기법 확대	<ul style="list-style-type: none"> 물순환 건전성에 대한 정량평가를 위한 방법 개발 필요 - 표면유출량, 유역 총 물사용량 등 세부 지표들이 있으나 이들을 종합적으로 연계하여 평가할 수 있는 지표 필요
	④ 물 재이용	<ul style="list-style-type: none"> 하·폐수처리수 재이용의 오염부하량 저감 및 수질개선 효과 연구 개발 필요 → 결과를 근거로 재이용기술 선정의 지표마련 가능

낙동강 자연성 회복 구상(안) 수립 연구용역

추진전략		관리지표 마련을 위한 세부지침
살아 움직이는 안전한 강	① 종적 연속성 회복	<ul style="list-style-type: none"> 인공구조물에 대한 거리 또는 면적에 대한 정량적 지표 개발 하천규모에 따른 공간적으로 차별적 어도 평가 필요 어도의 구조적·기능적 용량 및 한계에 따라 차등평가 지표 개발 생물군뿐만 아니라 수리수문학적인 요소도 반영할 수 있어야 함 하구와 같은 기수역의 확장은 생물다양성 차원을 고려하여 각종 치를 반영할 수 있도록 평가지표 개발 혹은 개선
	② 횡적 연속성 회복	<ul style="list-style-type: none"> 하천 제내지간 물리적 연결성에 대한 정량적 평가 지표 개발 수변완충지역 확보 및 미래가능성을 강 주변의 인문·사회·경제적 요소들을 고려하여 평가 가능토록 설계 수변완충지역 및 생태벨트 조성 시 자연형 홍수터 회복을 참조로 평가할 수 있는 지침 마련 필요 보 수문개방에 따른 수위저하시 일시적인 생물서식처 고립 및 육상화에 대한 부분을 평가할 수 있는 지표가 되어야 함
	③ 자연 유황의 회복	<ul style="list-style-type: none"> 하천유지유량 및 환경생태유량에 대한 정의 및 정량적인 기준이 최우선적으로 수립되어야 함 자연유황 고려시 이·치수 등 영향성을 고려한 평가지침 수립 필요 하천시설 및 유훈저수지 등 활용가능성을 평가지표에 반영 설계 유황에 따른 생태계영향성에 대한 근거자료가 상대적으로 열악하므로 연구추진을 통하여 객관적인 평가기반자료 요구
	④ 치수 안정성 확보	<ul style="list-style-type: none"> 낙동강 특성에 맞는 하천 및 시설물의 홍수방어 기준 재평가 및 개선이 우선적으로 필요 홍수빈도에 따른 침수지역평가 및 하수관로성능을 정량평가할 수 있는 지표개발 필요
	⑤ 옛 물길 복원	<ul style="list-style-type: none"> 옛 물길 복원 선도대상지를 선정할 수 있는 기준 지표개발 필요 물길복원 목표 설정을 위한 접근성, 사업실행 가능여부, 생태문화 자원 등을 정량화할 수 있는 방법 개발 필요 복원 이후 자립형으로 추진될 수 있는 제도 발굴 및 개발 필요
생명이 숨쉬는 강	① 생물종 정밀 모니터링	<ul style="list-style-type: none"> 생물분류군별 생태계 서비스 가치를 고려한 깃대종 선정 필요 다양성 증대를 위한 생물복원 대상종 및 저감외래종 선정 중요 생태계 서비스에 대한 시민 요구사항과 연계한 최적 시공간 모니터링 선정 및 기법 개발이 필요함 국가 단위 조사 결과의 활용성 제고 낙동강 본류 및 지류중 참조하천 선정 필요 퇴치기법 개발시 적용가능 첨단과학 활용(DNA, 안정동위원소 등) 서식처 개선을 위한 하천의 건강성 및 자연성 평가세부지침 적용 여부

Ⅲ. 유역의 강 자연성 회복 구성

추진전략		관리지표 마련을 위한 세부지침
생명이 숨쉬는 강	② 하천 건강성 회복	<ul style="list-style-type: none"> ○ 하천 자연성을 대표할 수 있는 참조하천 및 사이트 선정 필요 ○ 참조하천을 기준으로 낙동강 하천자연성 지표 표준화 작업 필요 ○ 본류와 지천의 합류부는 기존 하천과 차별화된 평가 기준 필요 ○ 수변부 식생정도에 따른 생물서식처 및 피난처 평가 추가 필요 ○ 강변저류지 확보에 대한 실현가능성 등을 염두에 둔 평가 필요 ○ 보 개방 후 본류의 하상구조변화의 기준점 설정 및 물리적 형태 변화 평가기준 도입
	③ 생태거점 보전 관리방안 수립	<ul style="list-style-type: none"> ○ 생물분류군별 분포를 평가하여 공간적인 단절성 및 연결성 평가 ○ 생물분류군 및 종별 단절성 평가 후 서식처 연결성 강화를 위한 생태거점 평가를 우선적으로 실시하고 이에 따라 선정 필요 ○ 생태거점의 보전 및 관리를 위한 세부방안이 마련되어야 함 ○ 우포, 주남, 화포 등 배후습지와 본류간의 물질 이동 정도 평가 ○ 본류 및 지천의 생물다양성 중점지역(hot spot) 선정 및 관리 ○ 생물다양성 조사 결과 DB의 활용방안(정보공개, 학술연구 등)
	④ 수생태계 위해물질 관리강화	<ul style="list-style-type: none"> ○ 생물종 위해 민감성을 반영한 위해물질 선정이 필요하며, 선정된 물질이 있을 경우, 유역특성을 고려하여 위해물질 추가 선정 가능 ○ 대상 위해물질에 대한 생태독성평가 정량화 및 표준화 마련 필요 ○ 생태계 먹이사슬 및 영양단계를 고려한 독성의 영향 범위에 대한 연구평가가 시행되어야 함 ○ 첨단기술을 활용한 위해물질의 생물축적 평가 ○ 위해물질 확산에 대한 생태계 모델 적용

낙동강 자연성 회복 구성(안) 수립 연구용역

□ 키시미 강 복원사업은 26,500 Acre의 습지와 43 마일에 이르는 사행천을 포함한 40평방 마일의 하천 생태계를 복원하게 되며 그 결과로 bald eagle, snail kite, wood stork 등의 멸종위기종을 포함한 약 300종 이상의 생물에게 서식처를 제공함

○ 이 복원사업은 이전의 수문학적 조건, 생물학적 다양성과 기능 등을 복원시켜 줌으로써 교란된 생태계를 본래의 상태로 되돌리는 것을 목적으로 함

<표 3-3> 미국 플로리다주 키시미 강 복원사업 내용

구 분	내 용
위 치	• 오키초비, 플로리다 - 키시미 유역
대상지역 규모	<ul style="list-style-type: none"> • 습지 - 40평방 마일의 하천 및 범람원 • 하천 Corridor의 길이 - 43 마일의 사행천
사업 목적	<ul style="list-style-type: none"> • 생태계 향상 : 하천생태계를 이전의 상태로 되돌리고자 함 • 수질개선 : 하천, 호수, 습지 등의 수질 향상 • 수문학적 통제 : 홍수로 인한 피해예방 및 범람의 통제 • 공동체사회 향상 : 휴양기능 제공, 환경교육의 도입



<그림 3-1> 미국 키시미 강 복원사업 전·후 전경

3.4 국외사례

가. 미국 플로리다주 키시미 강의 복원사업

□ 미국 플로리다 주 키시미 강(Kissimmee River)은 키시미호수에서 오키초비(Okeechobee)호수에 이르기 까지 폭이 1~2 마일인 범람원을 포함하고 있는 길이 약 103마일 정도의 수로를 통과하는 사행천이었으나, 1962년에서 1971년 사이 하천정비사업에 의해 기존 범람원 2/3에 해당하는 면적에 직강화 및 배수설비가 들어섬

나. 이탈리아 마레이트 강의 복원사업

□ 댐으로 인해 퇴적물, 목재 및 수생 생물에 대한 연결성뿐 아니라 영양분공급 등 많은 유형의 하천 복원에 대해 이점 또는 목표 달성이 가능하며 어류 통행 등보다 더 즉각적이고 가시적 경향을 도출하는 것이 가능함

□ 이탈리아 마레이트 강을 따라 경사지 관리 구조물 제거를 통한 하천 복원의 예에서 보듯이 어류의 각 종의 생활사 패턴, 근원 개체군과의 근접성, 서식처의 다양성 등을 확인할 수 있으며 하천 종단의 제어 구조물의 제거는 종단 연결을 복원하는 좋은 사례임



<복원 전 (2005)>



<복원 후 (2010)>

<그림 3-2> 이탈리아 마레이트 강 복원사업 전·후 전경

다. 독일 이자르 강의 복원사업

- 이자르강 복원사업 이전에는 홍수관련 방재기능의 약화 이외에도 20세기 초 강변정비사업 이후 매력적이지 못한 단순한 하천 경관 조성과 하천 서식종의 다양성 악화, 개체수 급감 발생
- 하천생태계의 악화는 하천의 생태적 연계를 방해하는 다수의 수중턱, 하천과 강변 생태계를 가로막는 홍수저류용 고수부지, 빨라진 유속으로 인한 상류지역의 하상 자갈면 및 물고기 서식·산란처 손실 등의 원인으로 기인
- 이러한 문제점을 바탕으로 이자르강 복원사업은 뮌헨시 남쪽 경계부 약 8km 구역을 대상으로 진행
- 홍수피해 예방대책 개선, 이자르강의 자연친화적 복원, 시민 이용객 편의를 위한 친수공간 조성 및 개선을 중점적으로 복원사업 추진
- ①하천 수중턱(낙차공)을 철거하고 자연석을 활용한 경사형 낙차공 대체 ②방재기능 강화 측면에서 기존 제방 높이를 단순히 높이는 데 초점을 둔 것이 아니라 제방폭을 넓혀 보강하고 산책로로 활용 ③ 인공호안을 자연형 호안으로 대체



<(복원 전)인공호안과 고수부지 중심 하천>



<(복원 후) 수로폭 확대 및 자연형 복원>



<(복원 전) 기존 수중턱 하천>



<(복원 후) 자연석 이용 경사형 낙차공>

<그림 3-3> 독일 이자르 강 복원사업 전·후 전경



IV **목표별 추진 방향**

4.1 더불어 사는 강

4.2 맑은 물이 흐르는 강

4.3 살아 숨쉬는 안전한 강

4.4 생명이 숨쉬는 강

IV. 목표별 추진 방향

4.1 더불어 사는 강

구분	주요 내용
① 강문화 활성화 방안	<ul style="list-style-type: none"> • 유역 특성을 반영한 거점을 기반으로 강문화 활성화 확대 - 대표 거점지역을 확립 후 장소성을 부여하여 경쟁력을 강화하고, 기존 자원과 추진 중인 계획과의 연계·활용을 통해 강문화 활성화 도모 • 강문화자원의 분류를 통한 가치 제고 - 전통·근대·현대 문화로 분류하여, 생태탐방·체험을 통한 문화자원의 융합과 연결성의 가치 확산
사업화 방안	<ul style="list-style-type: none"> • 거점 설정을 통한 강문화 활성화 - 주변 자원을 구분·반영하여 확장 가능성을 고려한 거점 설정 • 기존 축제 및 문화관을 활용한 지역 참여 공간 마련 - 기존 축제·프로그램 및 시설과 연계된 협력체계를 구축하여 콘텐츠 발굴 • 생태체험을 중심으로 한 에코리버 탐방로 조성 - 생태관광의 수요에 대한 대응 및 현명·지속가능한 환경 서비스 제공
② 생태·문화 지속가능 기반 마련	<ul style="list-style-type: none"> • 단편적인 수질개선 및 생태복원을 해결하기 위한 문화 연계 방안 구축 - 수질·수량·수생태가 융합되는 문화 연계 방안을 구축하여, 생태복원 개선 추진 • 지속가능한 관리 체계를 마련하기 위한 거버넌스 체계 확립 - 기존 거버넌스 체계의 소통 문제 개선으로 협의체 간 정책 및 유기적인 연계가 가능하도록 추진
사업화 방안	<ul style="list-style-type: none"> • 수생태문화 연계 구축 - 수질·수량·수생태 사업과 문화 연계 방안 구축하여 새로운 하천 생태·문화 창출 • 통합 거버넌스 구성·운영 - 중소유역 거버넌스 운영을 통한 하부구조 중심의 현장 물문제 해결 체계 구축
③ 국민참여 수준 제고	<ul style="list-style-type: none"> • 국민 의견 수렴 및 참여를 통한 공감대 형성 필요 - 국민과 지역민의 Needs 파악 후 이를 기반으로 한 자연성 회복 추진
사업화 방안	<ul style="list-style-type: none"> • 국민참여단 운영 계획 수립 - 국민·시민사회·지역전문가가 공동 추진 가능한 모델 개발 • 소통 플랫폼 구축 및 운영 - 국민 의견을 수렴하여 국민이 체감할 수 있고 필요로 하는 콘텐츠 제작 • 강문화 생태지도 개발 및 대국민 서비스 추진 - 강주변 생태자원을 확대하여 문화·생태지도 작성하여, 정보제공 및 국민 참여 도모

4.1.1 강의 상·하류 및 유역 특성을 반영한 강문화 활성화

가. 현 황

□ 강문화 활성화 현황

- 낙동강 인근 지자체 및 유관기관들이 기존 또는 신규축제, 행사를 공동시기에 동시다발적으로 진행하여, 지역관광 활성화 및 시너지 효과를 강화하기 위한 새로운 개념의 통합축제를 추진하는 낙동강 어울림을 운영중
 - 2018년도부터 낙동강 수변축제 통합을 위한 협력 및 기본구상을 추진하여, 기존축제의 통합으로 시너지효과 및 생태환경 강화 프로그램 등 개발·운영
 - 낙동강 생태를 활용한 신규 생태관광 및 체험프로그램과 문화체험, 이벤트, 음악, 먹거리, 사회공헌 등 다채로운 볼거리를 추가해 기존 문화축제 상호 시너지 효과를 강화하는 방안을 추진 중
- 친수시설은 「환경생태 건강성 증진과 연계한 강변 친수시설 이용 활성화 및 관광자원 연구(문화체육관광부·국토교통부, 2016)」에 따라 수변공원, 강문화관, 보사업소 홍보관, 캠핑장, 나루터로 구분함

<표 4-1> 낙동강 어울림 활성화 프로그램 현황

항 목	내 용
물문화관, 보 홍보관	<ul style="list-style-type: none"> • 물문화관(3개소) 체험 프로그램 운영 및 행사 시행 • 자전거도로 이용 및 방문객 쉼터 공간으로 활용되고 있음
캠핑장	<ul style="list-style-type: none"> • 5개소(생림, 미르피아, 강나루, 칠곡보오토캠핑장, 이목지구캠핑장) 운영 • 그늘 부족 등의 이유로 매년 이용률 감소 추세를 보이고 있음
나루터	<ul style="list-style-type: none"> • 총 18개소 중 조성된 나루터의 절반 이하가 수상관광 목적으로 이용 • 타 유역에 비해 수상관광 관련 콘텐츠 및 연계 관광프로그램 미흡 • 18개소 중 5개소에서만 수상레포츠, 낚시 등의 이용행태 존재
자전거길	<ul style="list-style-type: none"> • 4대강 유역 자전거길 중 가장 긴 코스로 총 연장 389km
달성습지 10리길 에코트레킹	<ul style="list-style-type: none"> • 강정고령보·달성습지·사문진나루터·은행나무숲의 생태·문화 자원을 활용 • 주요 지점별로 낙동강과 부정강의 역사이야기, 생태체험 등 역사, 생태에 대한 교육 진행

※ 낙동강 어울림 보고서(K-water, 2020)

□ 강문화 자산 현황

- 「강문화와 지속가능한 접근(안병철, 2021)」에 따르면 강문화 자산을 전통·근대·현대 문화로 구분하고 있으며, 강문화 자산은 낙동강 회룡포, 경천대와 같이 역사성을 지닌 뿐만 아니라 함양상림과 같이 제방을 쌓아 강물을 현재의 위치로 돌리고 지역 자생종 식재로 인공림 조성 등 홍수피해 예방과 같은 1차원적인 개념에서 생태계서비스, 수변생태벨트, 탄소 및 미세먼지 저감, 역사문화의 체험 등 역사·문화·인문적 가치 체험의 유산으로 활용되고 있음

<표 4-2> 강문화 자산 분류

전통문화		근대문화	현대문화	
<ul style="list-style-type: none"> • 사찰·서원·향교 • 누각·정자 • 전통마을·주택 • 별서 	<ul style="list-style-type: none"> • 보·제방·방재림 • 포구·나루터 • 강변 옛길 	<ul style="list-style-type: none"> • 근대문화자산 	<ul style="list-style-type: none"> • 댐·보·수문·제방 • 수변 습지 • 비오톱 • 생태공원 등 	<ul style="list-style-type: none"> • 국가공원·정원 • 나무, 강변 축제 • 문화·음악·미술 • 하구와 기수역

※ 환경부 세계 물의 날 발표자료(안병철, 2021)



<그림 4-1> 함양 상림 현황



<그림 4-2> 낙동강 회룡포, 경천대 전경

나. 문제점

□ 구분별 강문화

- 역사·문화·생태의 강문화 프로그램 등 활성화가 필요하나, 지역 설정 방안, 기준, 위계, 사례 등이 부족하여 확장 가능성이 낮고 산발적으로 진행 중
- 강을 활용하여 새로운 문화·여가공간을 조성하기 위한 사업은 추진되었으나, 이용률이 낮으며, 문화관광 행사 및 프로그램은 장기적으로 진행되지 않음
- 담당 관할, 지자체 상이로 강문화 연계 가능성이 저하되므로, 확장 가능성 검토가 필요함

□ 유역 특성 반영 부족

- 획일적인 문화 구축으로 유역의 특성이 반영되지 않고 있음
- 생태계 보전과 지역사회 발전에 기여하는 생태관광의 지속적인 추진이 필요하나 특성 반영 부족으로 인한 생태, 교육, 관광 등의 연계 구축이 미비함
- 공공 공간을 활용하여 그린웨이를 계획하거나 둘레길, 탐방길 등 동적인 자원을 조성하고 있지만, 지역의 고유성이나 특색없이 획일적인 계획에 의해 조성되고 있음

□ 강문화 자산 분류

- 역사성을 지닌 강문화 자원들의 연계가 이루어지지 않아 강문화 자원의 융합 및 연결성 가치 확산 가능성 미비함
- 각 문화자원의 특성을 고려한 연결성을 기반으로 가치 확산 필요

□ 기존 시설물 이용도 저하

- 시설물의 용도가 단일적으로 사용되거나, 이용도가 낮은 기존 시설물들과 연계한 방안 구축이 필요함
- 주민참여도가 높지 않고, 장기적인 진행이 되지 않아 원활하게 이용되지 않으므로, 활성화 제고 방안이 필요함

다. 추진방향

□ 거점 설정을 통한 강문화 활성화 추진

- 강문화 활성화를 위해 유역의 생태, 문화, 역사, 경관 등의 자원 현황과 입지적 특성에 따른 이용형태 구분을 통한 맞춤형 활성화 방안이 필요함
- 낙동강 및 주변 지역이 가지고 있는 자연경관, 역사, 문화, 상징물, 명소 등 인지도가 높거나 해당 지역의 정체성 형성에 기여도가 높은 친수시설(예: 댐, 보, 둑)을 토대로 공간 분포, 이용도, 타 문화관광사업과의 연계 가능성, 입지(도심, 도심인접, 비도심) 및 시설의 테마 등을 고려하여야 함

<표 4-3> 상·중·하류 특성 및 잠재력

구 분	특 성	잠재력
상류 (댐)	<ul style="list-style-type: none"> • 산간지역 횡단 구조물인 댐이 입지한 지역으로 안정적 수자원 확보, 홍수조절, 수질개선, 수력발전 등의 편익제공 불가 환경파괴, 중북규제의 부정적 인식 이 고착된 지역 	<ul style="list-style-type: none"> • 댐 수면(호수), 댐체 주변(수려한 경관 보유) 등 고유가치를 활용한 주변지역 친환경 이용을 통해 친수문화 가치 발굴 필요(규제 합리화를 위한 노력)
중류 (보)	<ul style="list-style-type: none"> • 하천의 친숙한 일상생활 접근을 위해 보를 설치하여 일정한 수위를 유지하는 지역으로 강과 강 유역의 자연·인문적 잠재자원 높음 	<ul style="list-style-type: none"> • 강의 역사적 전통과 생활환경, 민속, 풍습 등의 다양한 문화 콘텐츠를 활용한 복합 문화관광지대 창출
하류 (둑)	<ul style="list-style-type: none"> • 하천, 해양의 접이치대를 간직한 지역으로 생물종 서식처, 여가 및 교육의 공간, 연구공간 등 이용가치가 높음 	<ul style="list-style-type: none"> • 생물종다양성이 풍부한 대한민국 하천 생태계의 최대 보고이자 전 세계적으로 희소한 도심 생태교육 및 철새도래지의 잠재가치 보유

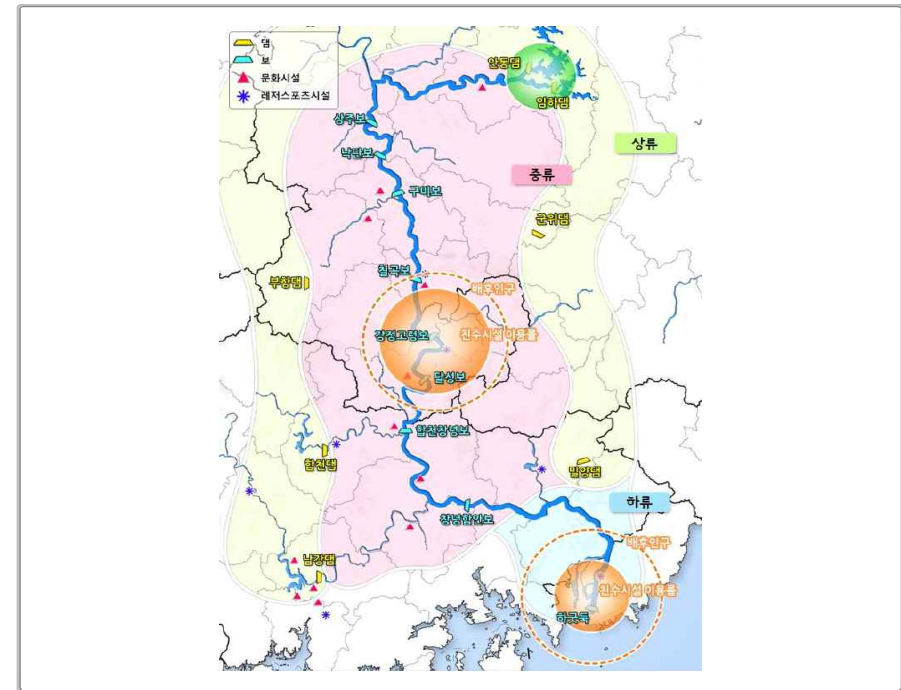
※ 낙동강 친수문화 활성화 마스터플랜 수립 (K-water, 2017)

- 대표 거점지역 확립 후 경쟁력 강화하고, 기존 자원과 예정된 계획의 보완을 통해 신규 시설 계획 등의 추진이 필요함
- 낙동강환경통합촉제 마스터플랜과 같이 낙동강의 물의 흐름(댐→보→둑) 및 친수시설의 입지 및 시설적 특성에 따라 상류(댐), 중류(보), 하류(둑)로 분류 가능하며, 거점지역 설정 시 주변 자원 반영 등 확장 가능성 고려 필요함

<표 4-4> 낙동강환경통합촉제 거점 설정 사례

구 분	위 치	성 격
상류(댐)	안동댐	관광문화형, 레저스포츠형
중류(보)	강정고령보	근린여가휴양형
하류(둑)	낙동강 하굿둑	생태탐방형

※ 낙동강 친수문화 활성화 마스터플랜 수립 (K-water, 2017)



<그림 4-3> 낙동강 환경통합촉제 거점 설정 사례

라. 시범사업(안)

□ 낙동강 어울림과 연계한 자연성 회복 추진

IV. 목표별 추진 방향

- 낙동강 어울림을 강 자연성 회복과 연계하여 낙동강 강문화 활성화 대표 프로그램으로 자리매김 하도록 운영 필요
- 낙동강이 지닌 문화적 가치를 복원, 발견하고 재창조하여 지역·자원간 연계 체계를 구축하는 새로운 강문화 정착이 필요하므로, 자연성 회복 및 강문화 활성화 등의 논의를 통해 향후 낙동강의 미래상을 제시하여야 함
- 협력체계 구축을 통한 낙동강의 생태·문화 콘텐츠 발굴 및 연계 방안과 지속 가능한 이용 및 보존 관리체계 및 구축하여야 함

부산청/대구시	대구시	달서구	K-water	K-water	달성군	달성군	고령군
디아크 별빛문화축제	생명사랑 환경축제 '생명이야~놀자'	달서 하프 마라톤대회 /양서류포럼	달성습지 10리길 에코트레킹	낙동강 어울림 환경사생대회	달성 대구 현대미술제	달성 100대 피아노	은행나무숲 자전거투어
							

<그림 4-4> 낙동강 어울림 통합 축제 프로그램 현황

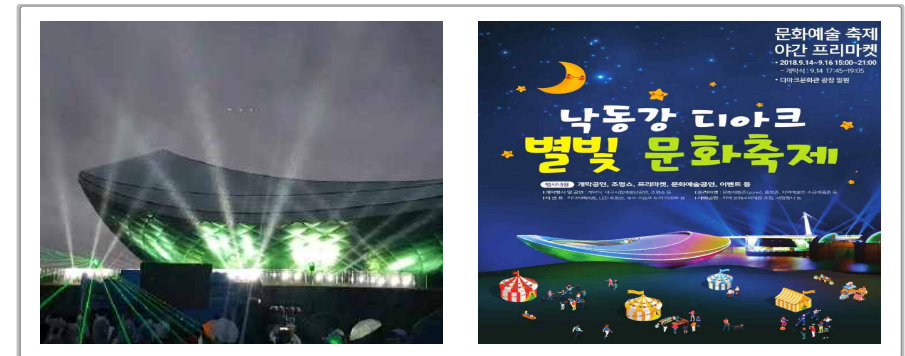
- 기존 문화관을 활용한 지역 참여 공간 마련
 - 기존 자원(물문화관, 보사업소 홍보관)을 지역 참여 공간으로 활용하여, 대규모 행사 유치 시 활용이 가능하며, 활성화 프로그램 운영 및 강변 유지관리 등을 통한 일자리 연계 가능함
 - 고유한 물문화를 계승·창출할 수 있는 강문화 프로그램을 개발·보급하여 물 관리 중요성의 인식을 확산을 추진하여야 함
 - 주민 참여 프로그램 운영 시 친환경적인 이용·활용이 될 수 있도록 유도하여 하천으로의 오염물질 유입을 최소화하여야 함
 - 주변 자원과의 연계 가능하며, 역사·문화적 스토리 자원을 수용할 수 있으며, 자원적 활용가치가 높아 개발 잠재력이 우수함
 - 지역 특성을 반영하여 강문화 복원 및 강 생태계를 활용한 교육, 여가 등 강 문화 활성화 공간 창출 가능함
 - 강문화관의 전환·활용 등 주민참여형 유역 공동의 목표·비전·발전전략 도출과 유역별 강 생태·문화 활성화 종합계획 수립하여야 함

낙동강 자연성 회복 구성(안) 수립 연구용역

<표 4-5> 낙동강유역 물문화관 현황

구 분	내 용
안동물문화관	• 기존에 운영되고 있는 안동물문화관은 안동이라는 지역의 특성이 반영되어 조상들의 멋과 풍류를 살펴볼 수 있고, 댐공사로 수몰된 마을과 이주민들의 애환을 소개
디아크문화관	• 디아크문화관은 독특한 외관이 특징으로 타 문화관과 달리 수상레저 연계 프로그램을 운영하고 있으며, 주변 관광자원으로 사문진 나루터 연결 쾌속선, 12인승 나룻배, 72인승 유람선이 있고, 야간 경관이 수려하여 저녁시간대 방문수 급증
낙동강문화관	• 낙동강문화관은 생태형 친수지구 연결분포가 높은 지역적 특성을 고려하여 청소년, 관광객, 일반시민 등 다양한 계층이 즐길 수 있는 프로그램 및 행사가 시행중이며, 체험행사 및 어린이 애니메이션 상영기간인 주말에 방문객이 증가하고 있는 추세

※ 낙동강 어울림 보고서 (K-water, 2020)

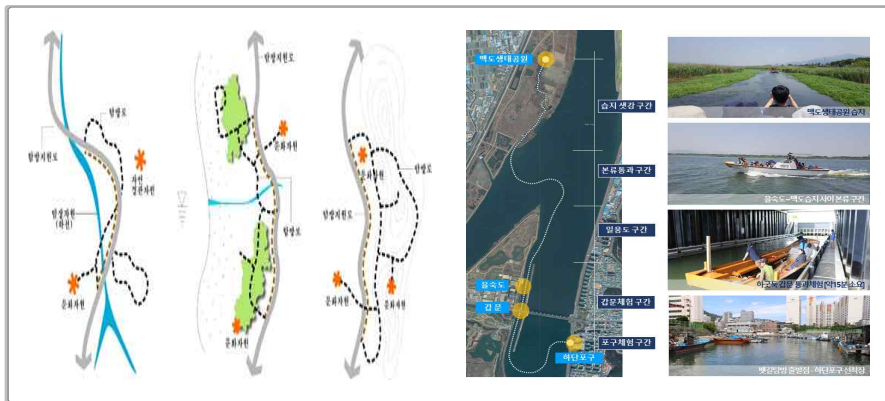


<그림 4-5> 디아크물문화관 경관조명(좌) 및 디아크 별빛 문화축제(우)

- 에코리버 탐방로 조성
 - 국민소득·여가생활 증대로 인해 생태관광의 수요가 증가하는 등, 삶의 질 향상에 대한 관심이 증가함에 따라 생태계 서비스를 제공하여야 함
 - 주요 지점별로 낙동강의 역사이야기, 생태체험 등 역사, 생태에 대한 교육도 함께 진행하여 자연성 회복을 주목적으로 한 생태 탐방 등 학습공간 조성을 추진하여야 함

IV. 목표별 추진 방향

- 낙동강 유역은 지역여건과 잠재력이 우수하므로 이를 활용한 친수공간으로 관광객들이 쉽게 인지하고 즐길 수 있는 탐방로 개발과 친환경·문화적인 탐방로 정비로 추진하여야 함
- 기존에 운영되는 탐방로, 자전거길과 확장·연계하여 강체험과 레포츠 등의 발굴과 지원 등으로 직접 강을 즐기고 배울 수 있는 프로그램 추진 필요
- 생태관광과 6차 산업 연계프로그램을 개발하여 지역의 역사, 문화, 생태자원을 연계한 탐방로 뿐만아니라, 자전거길 재정비를 통해 탐방 방문 증대에 따른 생산물 판매 촉진 등의 시너지 효과를 창출할 수 있음
- 시민들이 직접 강과 수변을 관리하고 가꿀 수 있는 기회를 부여하고, 이러한 활동을 지원할 수 있는 전문인력을 양성할 수 있도록 도모하여야 함
- 뱃길과 트래킹 탐방이 연계된 맥도 셋강 생태탐방은 연장 5.5km로 코스는 하단포구-하굿둑 갑문-을속도(일웅도)-맥도 셋강으로 이루어져 있으며, 갈대군락 등 수생식물 기수역어종 등의 관찰이 가능함



<그림 4-6> 국가 생태문화 탐방로 개념도 및 낙동강 하구 맥도 셋강 생태탐방(안)

마. 기대효과

- ☐ 자연성 회복 및 생태관광 활성화를 위해 지역 자원을 연계한 다양한 강문화 활동 루트를 개발하고 각종 연계 이용의 혜택을 부여함으로써 지역 강문화 활성화 및 방문의 시너지효과 유발이 가능함

낙동강 자연성 회복 구상(안) 수립 연구용역

- 주변 자원과 연계한 생태관광상품을 개발하여 낙동강권역 인지도 제고 및 경제적으로 기여할 것으로 예상됨
- 낙동강이 가지고 있는 역사, 생태, 문화 등 가치공유를 통한 강문화가 활성화됨에 따라 생태관광이 정착되어 거점 인프라의 확장가능성 증가
- 하천 공간은 입지적 특성상 시설의 낙후 및 자연성의 회복이 빨라 지속적인 관리를 통해 이용성을 유지할 필요가 있으므로, 기존 시설의 효과적 관리 및 경쟁력을 확보하여 강문화 활성화 경쟁력 제고 가능함
- 수변공간의 생태관광·휴식기능 활성화를 도모할 것임
 - (담) 수변공간을 체험학습 및 문화예술 공간(지역축제 개최)으로 활용하고, 생태·문화관광 사업 추진으로 강문화 활성화 및 경제성 창출 예상됨
 - (하천) 하굿둑 등을 수자원공급 뿐만아니라 수변 문화공간 조성, 생태·관광 프로그램 개발을 위한 거점으로 활용하여 친수이용의 활성화 도모 예상됨

4.1.2 생태·문화 활용 및 지속가능 관리 기반 마련

가. 현 황

□ 문화 연계 가능 사업

- 낙동강 중·상류 지역은 산업단지, 중·하류는 대도시 입지로 인한 산업폐수 및 생활하수에 의한 수질 오염이 존재하므로, 오염 개선을 위한 수질개선 및 생태복원 사업 시행됨
 - (수질개선 주요사업) 하·폐수처리장, 마을하수도, 하수관거 확대 등 환경기초시설 확충 및 고도화, 빗물침투 저류시설, 생태유수지 등 비점오염원 관리대책, 완충저류시설을 설치함
 - (생태복원 주요사업) 하천 내 농경지 및 생태습지 조성, 국가하천 생태하천 조성 등을 추진중임

□ 거버넌스 현황 및 여건

- 낙동강 유역과 연계된 거버넌스는 정부차원에서의 낙동강유역물관리위원회가 2019년부터 운영중이며, 낙동강유역물관리기본계획에 담겨질 강문화 등의 내용을 포함하고 있음
- 물환경 문제 등을 해결하기 위하여 K-water는 낙동강사람들(물환경협의체)은 소통·조사와 정책·연구 등 업무분장을 통해 계획적으로 활동하고 있음
- 낙동강유역 상생협력위원회는 학계, 지자체, 시민단체로 구성되어 갈등관리 현황과 사례의 주제 발표 및 토론을 통한 문제 해결 제언을 목적으로 운영되고 있으며, 낙동강권역의 거버넌스 협력 강화를 추진중임

나. 문제점

□ 단편적인 수질개선 및 생태복원

- 개발과 생태보전의 가치관 갈등, 용수이용 목적간의 갈등, 상·하류 갈등 속에서 강을 이용하는 공동체의 위기이며, 지속가능성이 위협받고 있음
 - 생태 문화를 지속적으로 추진하기 위하여 수질·수량·수생태 관련 사업 추진 시 문화 융합 방안이 필요함
 - 취약지역 집중관리 등 수질 개선 및 생태복원과 연계된 문화가 부족하여 사업 확장을 통한 연계가 필요함
- 기존 거버넌스 체계 소통 부족
- 거점별 정책 결정 기관과 주요 이해관계자 간 상시 소통·의견수렴·피드백 등이 부족하므로, 이를 확립하여 정책참여 촉진체계의 마련이 필요함
 - 다양한 주체의 책임성 있는 참여가 보장되지 않아, 유역 차원에서 실행형 거버넌스 구축이 어려워 지속가능성이 확보되지 않음
 - 물관리위원회는 통합물관리 방안에 중점을 두고 있고, 상생위원회는 개별 현안에 대한 논의를 추진하여 협의체 간 정책 및 유기적인 연계가 부족함

다. 추진방향

① 수생태문화 연계 구축

□ 수질·수량·수생태 문화 융합 추진

○ 수질·수량·수생태 사업과 문화 연계 방안 구축

- 달성습지는 생태복원 및 환경개선을 위해 조성된 습지로 에코트레킹 운영 및 주요 지점 교육을 포함하여 자연성 회복과 국민 이용공간으로 조성함
- 자연과 생태의 중요성이 대두되고 있는 시점에 기존 자원 생태에 문화를 더하고, 주변 식생에 대한 해설, 교육 등을 추진하여야 함
- 강과 수변공간을 계획적이고 통합적으로 관리하고 하천 공간 정비, 다양한 문화콘텐츠 및 프로그램 개발 등을 통해 하천을 문화·여가활동 등이 가능한 다목적 공간으로 이용하고 새로운 하천 생태·문화를 창출하여야 함

IV. 목표별 추진 방향



<그림 4-7> 달성습지 조감도(좌) 및 문화프로그램 사례(우)

② 통합 거버넌스 구성·운영

□ 낙동강 자연성 회복 통합 거버넌스 확립

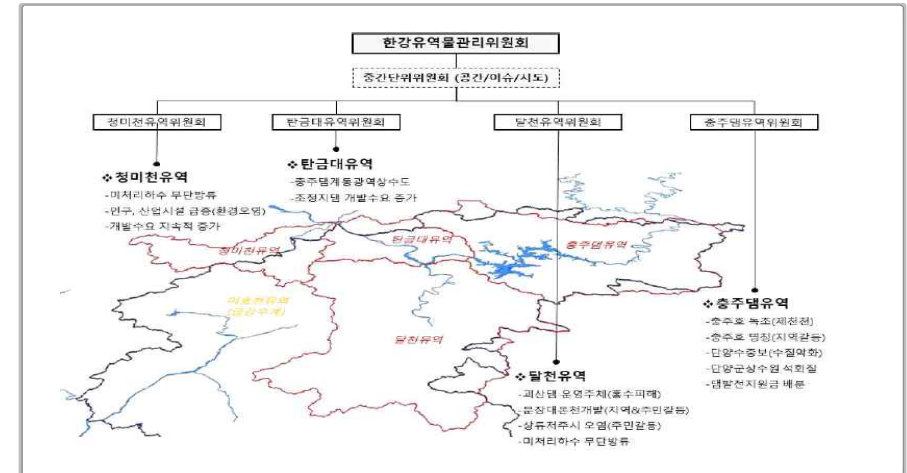
- 제2차 물환경관리 기본계획에 따라 수계관리위원회를 중심으로 통합 유역거버넌스를 확립을 추진하고 있음
- 중앙정부 주도의 정책(Top-down)방식에서 벗어나 지역 상생발전과 연계한 유역중심의 거버넌스 구축 및 다양한 이해관계자가 참여하고 수요에 대응할 수 있는 물관리 의사결정 거버넌스 원칙 확립 및 공감 확산 추진 필요
- 국가·유역 물관리위원회 등 민·관·학 거버넌스 체계 정비 및 활성화를 추진해야하며, 지역 특화된 합리적 대안 마련을 위한 유역 자치모델의 자연성 회복과 유역별 물 갈등 현황 분석 및 관리 방안을 마련하여야 함
- 상·하류 주민, 전문가, 시민단체 등 다양한 이해관계자와 환경·사회·경제적 평가 및 대안 마련을 위해 거버넌스 체계를 정비하고 활성화하여야 함

□ 중소유역 거버넌스 연계 운영

- 미호천유역 주민참여형 거버넌스에서는 대상지역 주변에 살면서 현장의 문제를 가장 잘 알고있는 지역주민으로 하여금 유역 거버넌스의 일원으로써 활동하여 문제의 원인을 정확하고 구체적으로 파악할 수 있으며, 지역주민 환경의식 고취를 가능하게 하였음
- 유역위원회와 중소유역 거버넌스 활성화를 위해 다양한 방안 검토

낙동강 자연성 회복 구성(안) 수립 연구용역

- 지역 특성을 반영하여 하부구조가 될 수 있는 방안을 제시하여야 함
- 하부구조에서 제안하는 현장 물문제를 해결할 수 있는 행정의 새로운 루트를 만들어 행정구역의 협의를 통해 적절한 운영방안 마련이 필요함



<그림 4-8> 거버넌스 적용 사례(통합물관리를 위한 한강유역 거버넌스 구축방안 강원연구원, 2018)

- 중소유역 거버넌스, 중간조직, 유역물관리위원회로 기본틀을 구축하여 현장 물문제 해결을 위한 체계를 구축하여야 함



<그림 4-9> 중소유역 거버넌스 구성체계 예시

- 행정기관에서 담당하기 어려운 현장문제 파악 및 해결의 한계점을 해소할 수 있으며, 지역의 언론, 지방의회 등과 연계하여 관심 축진이 가능하도록 하여야 함

- 중소유역 거버넌스 낙동강 유역에 해결해야 할 물문제가 있는 지역이 자발적으로 문제를 도출하고 해결책을 제시하도록 하여야 함
- 중간조직은 중소유역 거버넌스와 낙동강 유역물관리위원회를 연결시키는 역할로 중소유역 거버넌스가 발굴한 사항을 취합·정리 후 추진방향을 확립하여 낙동강 유역물관리 위원회에 상정하는 역할을 수행하여야 함

③ 자연성 회복 모니터링단 운영

- 지역이 만들어가는 자연성 회복 모니터링단
 - 시범구간 선정 후 자연성이 회복되는 과정 모니터링
 - 장기 생태모니터링 방안 및 생태계교란종 관리 등 수생태계 생물종 보전에 대한 종합계획을 위해 모니터링단을 운영하여 지속적인 관리 필요함
 - 주요 지역별 생물 다양성 보전관리가 필요하며, 야생동물의 서식지 및 이동 경로 확대를 위한 정밀 모니터링이 추진되어야 함
 - 유역의 민간전문가 중심 구성으로 자연성 회복 도모
 - 우리나라 대부분의 실질적 추진 주체는 관이고, 관과 유기적인 협력관계를 위한 거버넌스 구조를 확대 시행하여야 함
 - 지자체, 주관단체, 시민단체 등의 역할을 명확히 하고, 유역의 민간전문가를 확대 운영하여 민간주도형을 자연성 회복 도모 방안을 구축하여야 함

라. 기대효과

- 물의 가치 창출 실현 및 문화 구축
 - 선진국과 같이 강유역을 생태·문화지역으로 만들어 국민의 수요에 부응하여, 시민들의 강에 대한 관심과 애착을 높일 뿐 아니라 강을 기반으로 한 다양한 생태계 창출과 지역경제 활성화(생태관광 및 일자리 등)에 기여가 예상됨
 - 수질·수량·수생태에 문화를 융합하여 환경, 생태뿐만 아니라 강문화 활성화, 생태관광이 정착되어 거점 인프라의 확장이 가능함

- 통합물관리 실현
 - 하부구조에서 제기되는 현장 물문제는 물관리의 한 분야가 아닌 여러 가지 사업을 조합해야 해결이 가능하므로 통합물관리의 실현이 가능함
 - 정체되거나 축소가 예상되는 물관련 사업의 재도약을 위한 기회를 하부구조에서 찾을 수 있을 것으로 기대됨

4.1.3 국민 참여수준 제고

가. 현 황

□ 현황 및 여건

- 국민참여 세미나, 국가환경 교육지원단, 국민참여 행사 및 포럼 등 운영중



<그림 4-10> 낙동강 유역 세미나, 포럼 사례

- 기존 위원회는 국민들이 참여할 수 있는 방안이 마땅치 않으며, 간접적 참여만 가능하도록 제한적으로 운영중임
- 대국민 공감대 형성, 국민 의견수렴 및 소통 등이 선행되어야 하나 현재는 전문가 중심의 참여로 진행중임

나. 문제점

□ 국민 참여 가능성 부족

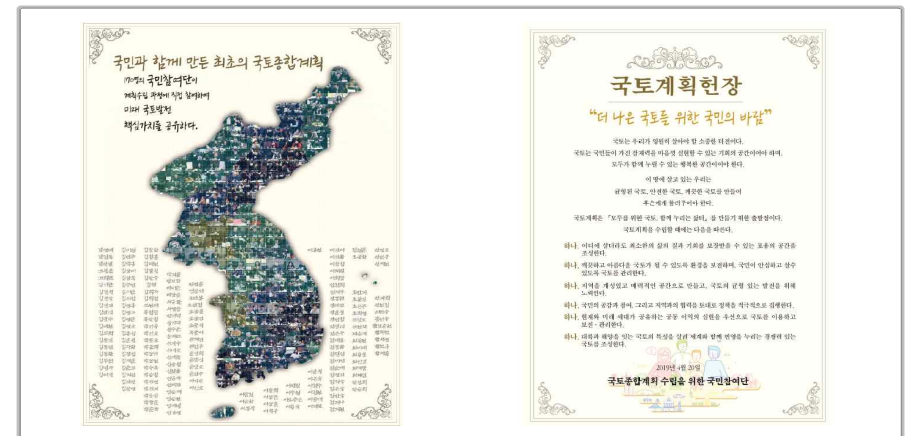
- 국민과 지역민이 원하는 Needs를 파악 후 이를 기반으로 한 자연성 회복이 필요함에 따라 국민 참여 기회를 넓히고, 수준의 제고가 필요함
- 국민 참여형 생태계서비스 조사·평가·모니터링 체계 구축 및 이행 등 다양한 매체가 확립되지 않음
- 국민참여 방식이 협소하며, 낙동강유역의 자연성 회복을 위한 중앙정부와 지자체의 계획·정책수립 단계에 국민의 직접 참여가 이루어지고 있지 않음

- 국가수자원관리위원회, 4대강 수계관리위원회, 소하권관리위원회 등 각 법률에 근거한 거버넌스는 전문가와 시민 참여의 기반을 구축하였으나, 분야간 소통 부족, 정책 철학에 대한 논의를 충분히 담보하지 못하는 한계점도 있으며, 정부와 시민간의 협력적 분위기가 원활하지 않은 것이 문제임
- 다양한 주체들이 참여할 수 있는 참여 센터 등 거점 마련, 주민 기초단체의 기획 실행 역량강화 등 중소 유역단위의 실질적 참여를 촉진하기 위한 장치 마련이 미흡함

다. 추진방향

□ 국민참여단 운영 계획 수립

- 제5차 국토종합계획 수립 시 국민참여단을 조성하여 계획수립 단계부터 국민이 함께 참여하여 진행하였음



<그림 4-11> 계획단계 시 국민참여 사례(제5차 국토종합계획수립, 정부부처 합동 2021)

- 소통·협력을 통한 계획으로 계획수립 과정에서 관계부처, 지자체 공무원, 지방연구원, 전문가 뿐만아니라 일반국민, 특히 미래세대인 청소년의 직접 참여와 온라인 소통장 등 ‘국민참여단’ 운영을 통한 계획 수립이 필요함
- 정책 현장에서 국민·시민사회·지역전문가가 함께 추진 가능한 모델을 개발하고, 국민참여가 필요한 정책·사업에 대해 홍보를 강화하여야 함

IV. 목표별 추진 방향

□ 소통 플랫폼 구축 및 운영

- 경영·사업 전반에 국민의견이 반영될 수 있도록 국민과 다양하게 소통하는 온라인 양방향 소통채널 구축이 필요함
- K-water는 소통 플랫폼을 구축하여, 국민의 의견 청취를 통해 국민이 체감할 수 있고 실제 필요로 하는 콘텐츠를 제작하고 이를 향후 어린이 및 일반인 대상 강문화·생태체험 교육 콘텐츠로 활용 가능하도록 추진함
- 아이디어제안에서 발전, 실행까지 모든 과정을 국민과의 소통으로 혁신을 만들어가는 참여 채널로 소통 플랫폼을 구축, 운영을 추진하여야 함



<그림 4-12> 소통플랫폼 사례(단비톡톡, K-water)

□ 강문화생태지도 개발 및 대국민 서비스 추진

- 국민참여형 강문화 생태지도 추진
 - K-water는 국민참여 예산제도 공모 통해 댐 유역 하천에 서식하는 생물을 한눈에 볼 수 있도록 GIS 기반의 생물정보를 구축, 댐별 현황 및 생태정보 지도화한 하천환경생태지도 서비스를 추진중임
 - 동네 하천 내 식물, 생물 정보를 포함한 생태 환경지도를 하천입구, 중간, 종점에 설치하여 산책, 운동하는 주민들에게 정보제공 및 어린이들에게 교육환경을 제공함
 - 강 주변 생태자원을 확대하여 문화·생태지도를 작성 실시간 정보제공과 국민이 참여할 수 있는 교육 프로그램 추진이 필요함

낙동강 자연성 회복 구성(안) 수립 연구용역



<그림 4-13> 강문화생태지도 참고 예시(하천유역생태지도(안), K-water)

라. 기대효과

□ 국민과의 소통 및 자연성 회복

- 국민참여와 소통의 장 등이 마련되면 유역 내 갈등들이 보다 원활하게 해소할 수 있을 것으로 기대됨
- 국민참여 시 공감대 형성 및 전문인력 양성과 함께 생물다양성·생태계서비스 인식 및 가치가 증진될 것으로 기대함
- 국민 주도의 강문화·생태 회복 및 활성화는 미래세대까지 강 보전의 자발적 지지를 이끌어 내는 기반을 조성하고 지속적인 자연성 회복 도모가 가능함
- 다양한 문화·생태 정보 제공으로 친수문화 및 지역 활성화 도모 가능함

4.2 맑은 물이 흐르는 강

구분	단기(3년)	중기(5년)	장기(5년이후)
① 모니터링 체계 강화	<ul style="list-style-type: none"> • 낙동강 수계 비점모니터링 측정망 구축방안 수립 - 우시지류 및 운영관리 자료 구축 방안 • 비점모니터링 고도화 - 비점모니터링 대체항목 발굴(탁도 등) - 비점모니터링 시스템 개선 	<ul style="list-style-type: none"> • 비점모니터링 측정망 확대 구축사업 지속 - 상수원 및 농업용 저수지 • 비점모니터링 고도화 - 센서기반의 비점모니터링 체계 구축 및 확대 	<ul style="list-style-type: none"> • 비점모니터링 측정망 확대 구축사업 지속 - 상수원 및 농업용 저수지 - 비점오염저감시설에 대한 모니터링 체계 구축 ※ 인공습지 등 자연형 중심
사업화 방안	<ul style="list-style-type: none"> ■ 낙동강 수계 비점오염물질 측정망 구축사업 • (내용) 낙동강 중권역 및 소권역 내 비점오염부하가 지류 및 오염저감시설에 대한 비점오염물질 측정망을 설치하여, 비점오염 부하평가 및 유역모델 기초 자료 확보, 오염저감시설의 효율평가 등 과학적인 비점관리 기반 마련 		
② 유역 오염원 저감	<ul style="list-style-type: none"> • 본류 유입 대규모 점오염원 관리대책 - 공공하수처리장 초고도 처리 도입 - 수변구역축산계 점오염원 저감대책 - 생활계하수처리시설 신. 증설 ※(금호강) 29개소, (남강) 7개소 • 비점오염원 관리 - 농업 최적관리기법 적용 - 과학적인 비점오염 부하량분석기법 개발 	<ul style="list-style-type: none"> • 본류 유입 점오염원 관리 - 공공하수처리장 초고도 처리 확대 - 본류 주변 입지규제 강화 • 지류 비점오염원 저감 - 가축분뇨 공공처리시설 설치, 확대 - 강우시유입 비점오염물질 관리 	<ul style="list-style-type: none"> • 본류 유입 점오염원 관리 - 폐수 무방류시스템 도입 ※방류기준 대비 95% 강화 • 하수처리시설 방류 수질 개선 - 개인하수처리시설에 환경공영제 도입 - 통합허가 제도 적용 도입 및 확대
사업화 방안	<ul style="list-style-type: none"> ■ 공공하수처리장 초고도처리 도입 • (내용) 공공하수 처리장 초고도(막여과 등)처리 도입 및 확대로 방류수 수질 개선 후 무방류시스템 추가 도입으로 미량유해물질 관리 강화 ■ 하수처리시설 및 가축분뇨 공공 처리시설 신설 및 증설 • (내용) 생활하수처리시설 신설 및 증설과 축산분뇨 공공처리시설 설치 및 확대로 본류 및 지류 방류수질 개선 		

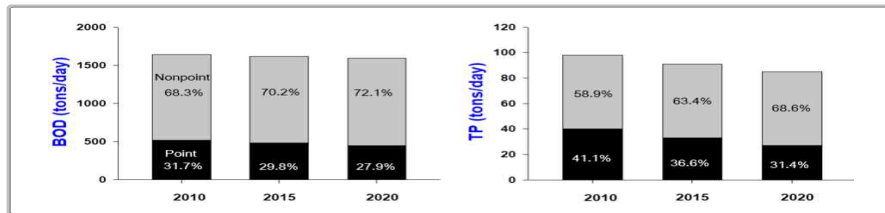
구분	단기(3년)	중기(5년)	장기(5년이후)
③ 물순환 관리 기법 확대	<ul style="list-style-type: none"> • 유역단위 물순환건전성 체계 수립 - 수재해 대응, 도시 하천 건전화 등 종합 물순환 관리체계 수립 • 자연성회복을 고려한 계획 수립 - 자연계 물순환정량화 및 평가 - 유역-하천-하구 이수, 치수 및 생태연결성 • 물순환지표별DB 구축 	<ul style="list-style-type: none"> • 건전한 빗물 확보 - 유역의 저영향개발계획 수립 • 자연성회복을 고려한 사업 추진 	<ul style="list-style-type: none"> • 계획부터 설계, 시공 및 유지관리의 실행체계 구축 - 도시 및 소유역단위 물순환건전성 체계 수립, 보완
사업화 방안	<ul style="list-style-type: none"> ■ 유역별 물순환 DB구축으로 시공간적 취약성 평가 및 사업화 • (내용) 유역물순환 건전성 진단, 평가로 취약구간 개선 		
④ 물재이용	<ul style="list-style-type: none"> • 하수재이용 하천유지용수 공급 합리적 수질기준 마련 • 하천유지용수 공급계획 마련 - 물수급 분석 기반 공급 타당성 검토 및 활용방안 검토 - 재이용관리계획 반영 	<ul style="list-style-type: none"> • 건전화 개선사업 추진 - 재이용관리계획 기반 하천건전화 개선계획 단계별 추진 • 대국민 홍보 통한 국민 인식 개선 	<ul style="list-style-type: none"> • 국민인식 개선 통한 재이용사업 확대 추진 - 수생태 보존 및 주민 친수 공간 증대
사업화 방안	<ul style="list-style-type: none"> ■ 하수재이용 사업대상지 기초조사, 사업화 위한 제도·기준 마련 • (내용) 물수급 분석 기반 사업대상지 조사·분석, 지자체 재이용계획 반영 및 적정 수질기준 마련 ■ 하수처리수 재이용 하천건전화 개선사업 추진 • (내용) 물 재이용 관리계획 기반 표준 사업모델 마련, 단계별 사업 추진 		

4.2.1 물환경 모니터링 체계 강화

가. 현 황

□ 국내 수질오염원 변화

- 점오염원 대비 비점오염 기원의 수질오염물질 배출부하량 비중 증가 추세
 - 비점오염 부하율 : BOD 68%('10년)→72%('20년), TP 59%('10년)→69%('20년) 으로 증가 전망(제2차 비점오염관리 종합대책, 2012, 환경부)
- 생활계 배출부하량은 감소하는데 반해 축산계, 토지계는 증가 전망



<그림 4-14> 비점오염 부하율

□ 국가 물환경측정망

- 국가 물환경측정망에는 수질측정망 1,936개소, 총량측정망 337개소, 자동측정망 70개소, 비점측정망 24개소 운영중

<표 4-6> 측정망 현황

측정망 종류	운영개소	운영목적	측정항목
수질측정망	1,936	수질현황/추세파악, 환경정책 수립의 기초자료 확보	수질
총량측정망	337	수질현황/추세파악, 총량관리 이행평가/기초자료 확보	수질, 유량
자동측정망	70	수질오염사고 시 신속한 대응조치	수질
비점측정망	24	비점오염물질 유출특성 파악, 비점모델 및 정책수립 기초자료 확보, 비점저감대책 효과분석	수질, 유량

- 이 중 비점오염물질의 유출특성과 부하평가 등 비점오염 영향평가 및 관리를 위한 측정망은 비점오염물질 측정망 뿐임

□ 국가 비점오염물질 측정망

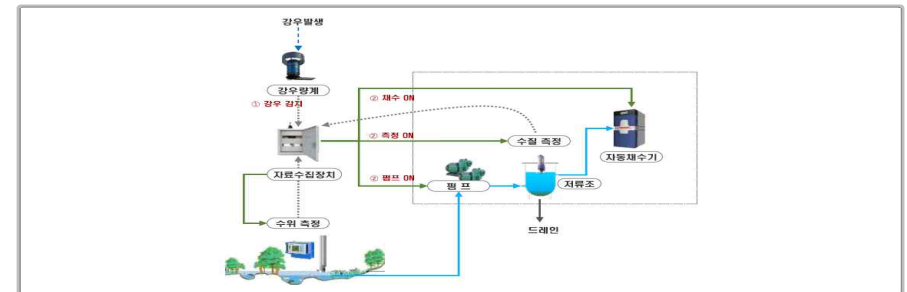
○ 법적근거

- 「환경정책기본법」 제22조(환경상태의 조사·평가 등)
- 「물환경보전법」 제9조(수질의상시측정), 시행규칙 제22조제1항제1호(비점오염원에서 배출되는 비점오염물질 측정)

【추진경과】

- '07.12.28 비점오염물질 측정망을 환경부장관이 설치·운영하도록 규정
- '14.04.14 비점오염물질 측정망 설치·운영 계획(안) 마련
- '14.04.~'17.12 비점오염물질 측정망 시범시설 모니터링 사업 추진
- '17.11 비점오염물질 측정망 마스터플랜 수립
- '18.06~ 비점오염물질 측정망 운영(2개지점) 및 확대 설치 중

- 시스템은 다항목수질측정기, 자동분석기, 자동채수기, 강우량계, 수위계, 유량계, 원격무선통신, 자료수집장치로 구성됨



<그림 4-15> 비점오염물질 측정망 시스템

○ 구축운영 현황

- (구축지점) 중권역(4개소) 및 소권역(20개소) 총 24개소('18~'20)
- (운영주체) 국립환경과학원
- (운영방식) 실시간 센서기반 및 자동분석(측정)과 수분석 병행 운영

IV. 목표별 추진 방향

<표 4-7> 비점오염물질 측정 현황

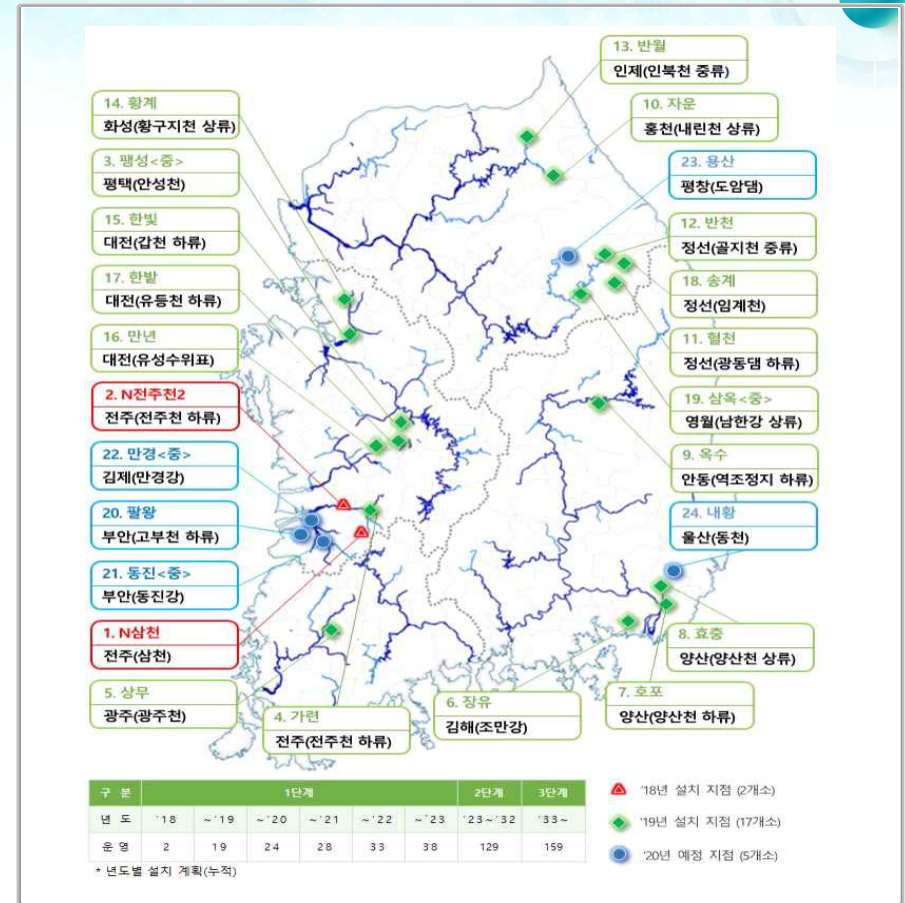
구 분	측정/분석항목	측정/분석방법	운영형태
다항목수질측정기	수온, pH, DO, EC, 탁도	자동채수-센서감지	실시간 (10분 간격)
자동분석기	TOC, TN, TP	자동채수-자동분석	실시간 (1시간 간격)
자동채수기	TOC, TN, TP, BOD, SS	자동채수-수동분석	청천시 (8일 간격) 강우시 (2시간 간격)
강수량계	강우	센서감지	실시간 (10 간격)
수위(유량)계	수위 및 유량	센서감지	실시간 (10 간격)

- (확대계획) 비점오염 관리 고시지역(15개지점)을 우선 구축
- (중권역 규모) 119개 중권역 중에서 80개 지점 선정
- (소권역 규모) 850개 소권역 중에서 비점우심지역 79개 지점 선정

<표 4-8> 비점오염 관리 구축 계획

단 계	기 간	규모	지점수	주요 지점
1단계	2018~2022	중권역	12	• 비점오염원 관리지역 전체 • 물순환선도도시
		소권역	26	• 비점오염원 관리지역 전체 • 물순환선도도시(조만강 등)
2단계	2023~2032	중권역	38	• 녹조발생지역 • 관리 필요지역
		소권역	53	• 관리 필요지역
3단계	2033~	중권역	30	• 기타수계 제외 한 전지역
		소권역	-	-
계			159	-

낙동강 자연성 회복 구성(안) 수립 연구용역



<그림 4-16> 2020년 국가 비점오염물질 측정망 구축 운영 현황

나. 문제점

- 비점오염 영향 파악 및 관리의 한계
 - 현행 배출부하량(원단위) 방식의 비점오염 영향분석은 수계 및 강우특성이 반영되지 않아 과학적인 비점오염 관리에 한계
 - 비점오염원 관리·대책 수립을 위한 비점오염 유출특성 등 기초자료 필요

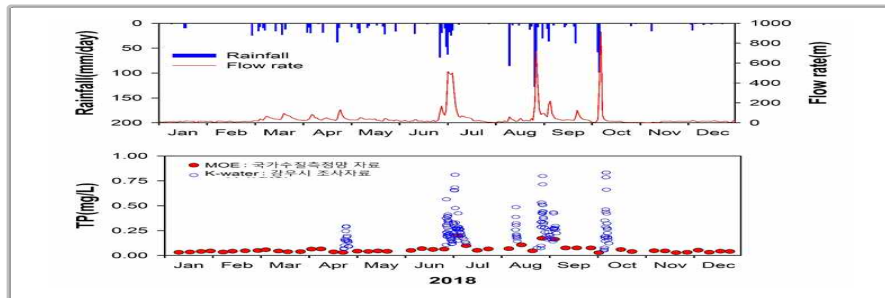
IV. 목표별 추진 방향

- 국가 물환경측정망은 대부분 저·평수기 위주의 모니터링체계로 비점 오염물질 관리 및 대책 수립을 위한 강우시 비점오염 유출특성 파악, 부하량 산정, 비점유출모델 검·보정 등의 기초자료 활용에 한계
- 총량측정망은 수질과 유량은 8일 간격으로 측정하고, 대부분(80%) 무강우시에 수행되며, 10mm 이상의 강우시 측정이 10% 미만(2017, 환경부 & 환경관리공단)



<그림 4-17> 강우시 측정 성과 분석

- 낙동강수계 총량측정망 지점인 금호강에서 2018년 TP농도(빨간색 원)와 K-water의 강우시 조사(파란색 원)의 TP농도의 결과로 볼 때 하천과 강에서는 강우시 고유량·고농도의 특성을 보이기 때문에 오염부하량 산정에 있어서 강우시 모니터링 중요함을 시사함



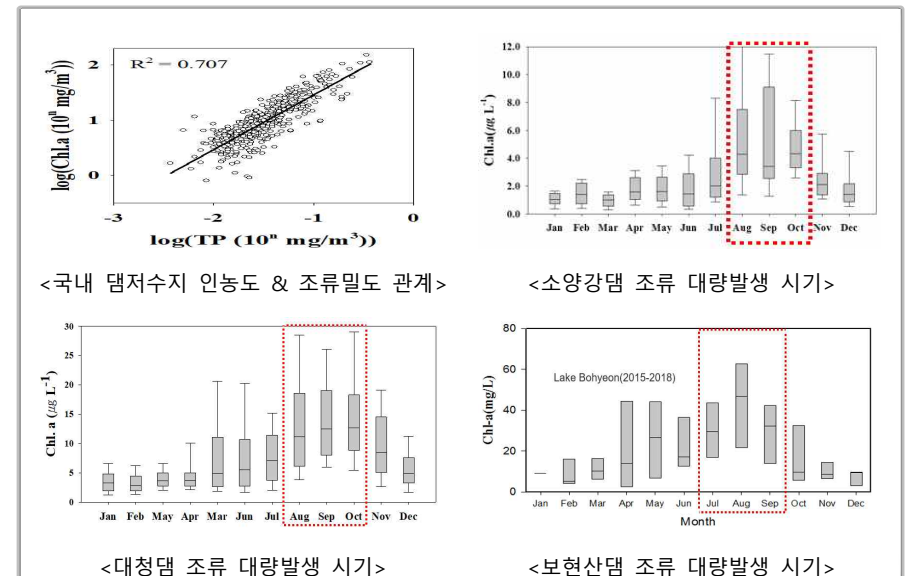
<그림 4-18> 비점오염 영향 파악의 한계성 : 금호강사례(K-water, 2018)

□ 현행 비점모니터링 한계점

- 국가 비점오염물질 측정망이 2018년부터 구축되어 2020년에 24개 지점에 대해 운영 중이고, 향후 159개소에 확대 구축 예정이지만, 비점오염의 영향이 큰 댐저수지에 대한 비점측정망은 부족한 실정으로 댐저수지 상류유역에 대한 비점오염부하 평가를 위한 비점오염물질 측정망이 보다 강화되어야 함

낙동강 자연성 회복 구성(안) 수립 연구용역

- 댐저수지 유역은 인구가 적은 반면 축산 및 농업 활동이 많아 점오염원에 비해 비점오염 배출부하 비중이 큼 K-water 26개 댐저수지 평균 90.6%
- 홍수기 유입된 비점오염물질(특히 인)이 댐저수지 부영영화의 주요 원인
 - 댐은 하천에 비해 체류시간이 길어 유입된 비점오염물질이 조류성장에 미치는 영향이 큼
 - 국내 댐저수지에서 홍수기 이후 1~2개월 후에 조류(남조류) 대량 발생
 - 하천에서는 체류시간이 길어지는 갈수기에 하수처리장 방류수 등 점오염원에 기인하여 조류 발생
 - 낙동강 수계의 과학적인 수질·녹조 관리를 위해서는 댐저수지를 포함한 상류유역의 비점오염 모니터링 중요



<그림 4-19> 국내 및 유역별 주요댐 조류 발생 시기(출처 : 국내 하천 저수지 녹조현상의 원인과 대책(김범철, 2018 및 K-water 조사자료))

- 국가 비점오염물질 측정망 시범사업 모니터링 결과, 「자동채수-자동분석」과 「자동채수-수동분석」 간 오차(TOC 9.1%, TN 6.6%, TP 33.6%)가 발생

IV. 목표별 추진 방향

- (중권역규모) 「자동채수-자동분석」과 「자동채수-수동분석」 병행하고, 추후 기술적 한계가 개선되면 「자동채수-자동분석」 방식만 적용
- (소권역규모) 「자동채수-수동분석」을 기본으로 운영

- 현재 구축된 비점모니터링 시스템은 장시간-고비용 방식이며 고탁도 대표성 결여 문제가 발생
- 자동채수-수분석 : 시료 채취 및 분석 등 자료 생산에 최소 2~3일 소요
- 자동채수-자동분석 : 고비용(2억/분석기 1대), 시료 대표성 결여
- ※ 자동분석기는 100 μ m 이상 입자시료 배제시킨 후 분석, 강우시 농도 저평가

○ 실시간-저비용-고빈도 방식의 모니터링 고도화 필요

다. 추진방향 및 시범사업(안)

□ 낙동강 상류 댐유역 단위 비점모니터링 시스템 구축

- 국가 비점오염물질측정망과 연계하여 비점오염부하가 큰 댐저수지 우선·구축
- 국가비점오염물질 측정망 등 국내 비점오염모니터링 구축 및 연구사례 등을 검토하여 댐 상류 소권역을 기본 유역으로 선정

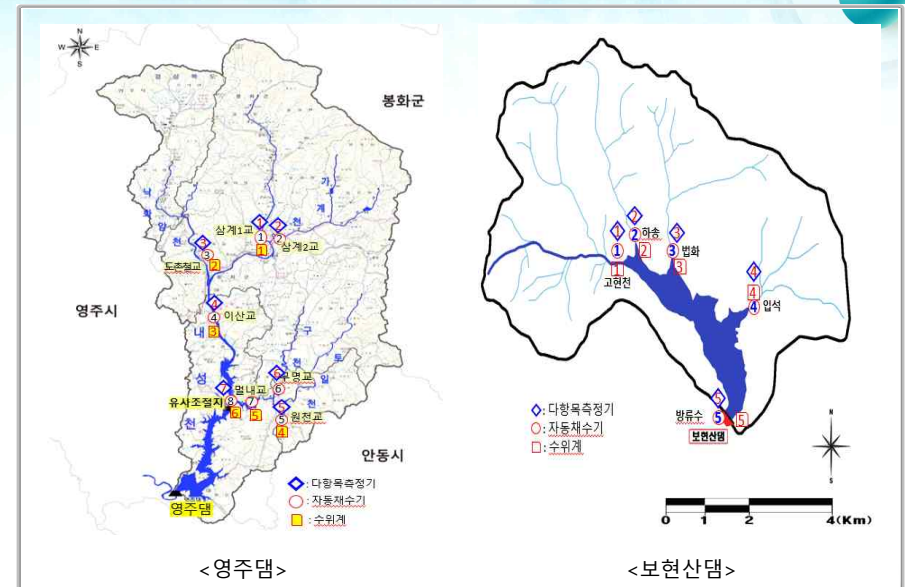
□ K-water 비점오염물질 모니터링 시스템 구축사례

- 소유역별 비점오염물질 유입특성 파악 및 부하량 산정을 위해 영주댐 8개소, 보현산댐 5개소를 설치하였으며, 다항목수질측정기, 수위관측시스템, 원격자동채수기시스템으로 구성하여 실시간으로 측정하였음

<표 4-9> 낙동강유역 K-water 비점오염물질 측정 현황

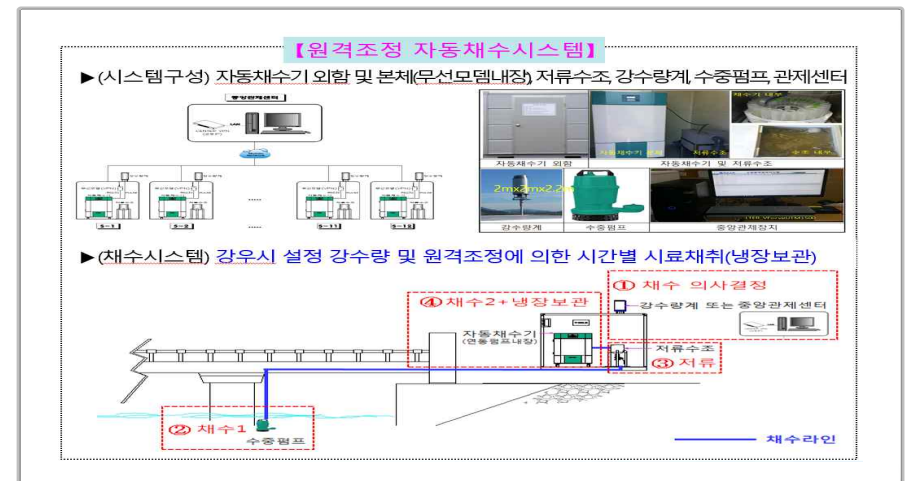
구 분	측정/분석항목	측정/분석방법	운영형태
다항목수질측정기 (12)	수온, pH, DO, EC, 탁도	자동채수-센서감지	실시간 (10분 간격)
자동채수기 (13)	TOC, DOC, POC, TN, NO3-N, NH3-N, TP, PO4-P, SiO2, SS	자동채수-수동분석	강우시 (1~2시간 간격)
강수량계 (13)	강우	센서감지	실시간 (10 간격)
수위계 (10)	수위 및 유량산정	센서감지	실시간 (10 간격)

낙동강 자연성 회복 구성(안) 수립 연구용역



<그림 4-20> 영주댐 및 보현산댐 비점오염물질 설치 현황

- 채수는 자동채수기와 관제센터간 무선을 통한 원격 및 자동운전으로 시행



<그림 4-21> 원격조정 자동채수시스템 현황도

IV. 목표별 추진 방향

- 유량은 국가수문정보시스템 및 K-water 수자원통합시스템을 활용하였으며, 미계측 지점은 수위계 설치 후 수위-유량관계식에서 유량 산정 및 DB화



<그림 4-22> 유량자료 구축 방법

- 비점모니터링 시스템을 활용한 담저수지 유역 비점오염 모니터링 연구 사례

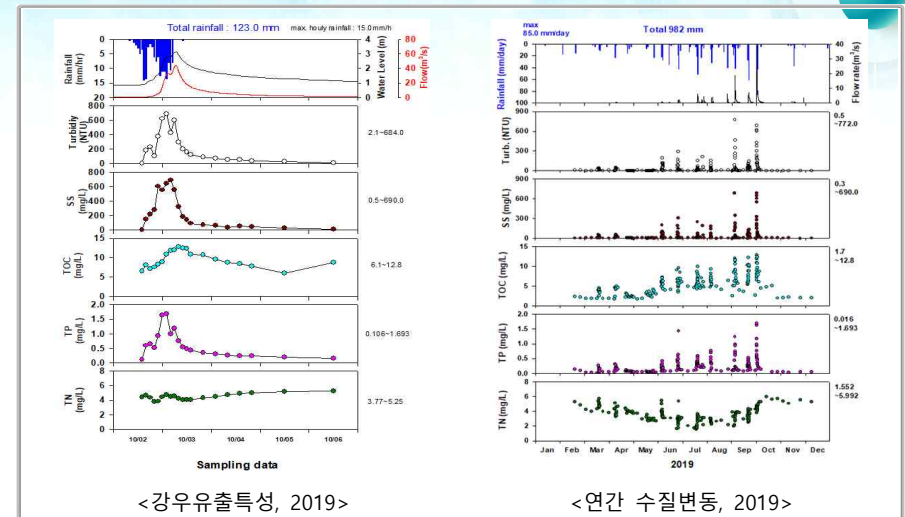
○ 개요

- 모니터링 대상 : 영주댐
- 조사기간/지점 : 2019.2~12/내성천 본류 3개지점, 지류 5개지점
- 강우시조사 : 총 11회 강우사상, 강우량 16~112 mm, 원격자동채수기 활용

○ 모니터링 결과 : 비점오염물질 유출 특성

- 강우시 유출피크 소요시간은 2~15시간 범위로 조사지점과 강우사상에 따라 상이하게 나타남
- 강우시 탁수 유출과 동반하여 탁도, SS, TOC, TP 증가
 - ☞ 평수기 대비 TP 증가 : 구천지점 105배(최고 1.693 mg/L, '19.10.3)
- TN은 큰 변동 없고, 일부 지점 강우 전보다 감소
 - ☞ 질소의 대부분이 용존상태로 강우 영향 적음. 겨울에 농도 높고, 여름 강우시 낮음

낙동강 자연성 회복 구성(안) 수립 연구용역



<그림 4-23> 영주댐 구천지점 강우유출특성 및 수질변동 현황

- 소유역별 및 강우사상별 유량가중평균농도(EMC,mg/L)의 변동이 큼

- 소유역별 평균 EMC(TP) : 구천(0.492)>토일천(0.357)>가계천(0.232)>내성천상류(0.132)

- ☞ 영주댐 유입하천에서 강우시 평균 EMC는 하수처리장 방류수 기준(0.2 mg/L)보다 높음

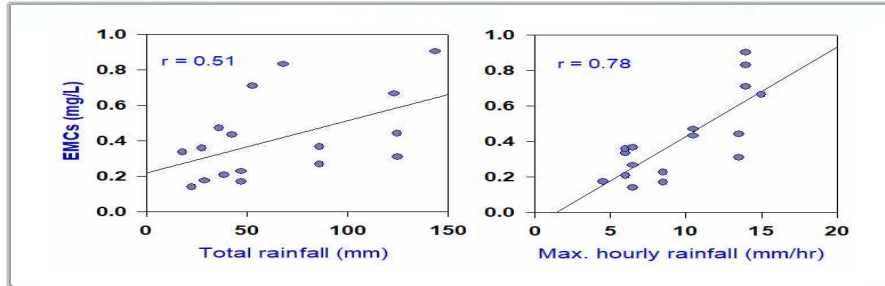
- 토일천의 경우 10개 강우사상의 EMC는 0.139~0.883 mg/L로 6.4배 차이

<표 4-10> 토일천 강우사상별 유량가중평균농도(EMC) 현황

【토일천】		강우사상		EMC (mg/L)			
번호	강우기간	총강우량 (mm)	시간당 최대강우량 (mm/hr)	SS	TOC	TP	TN
1	3/20~21	22.5	6.5	87.5	3.5	0.139	4.472
2	4/9~11	29.0	4.5	111.7	4.2	0.175	3.994
3	6/6~8	47.0	8.5	63.3	5.4	0.170	4.427
4	6/27~7/1	38.5	6.0	63.2	6.4	0.207	3.084
5	7/20~23	125.0	13.5	154.8	7.7	0.310	4.189
6	8/7~8	36.0	10.5	148.3	6.4	0.471	3.136
7	8/27~28	18.0	6.0	160.7	6.0	0.335	2.545
8	9/5~9	68.0	14.0	508.1	10.1	0.833	4.424
9	9/21~25	86.0	6.5	84.4	6.9	0.267	3.081
10	10/2~6	123.0	15.0	394.2	8.6	0.666	4.519
		평균		177.6	6.5	0.357	3.787

IV. 목표별 추진 방향

- 강우시 비점오염물질(TP)의 유출농도는 강우량보다 강우강도에 더 많은 영향을 받는 것으로 나타남



<그림 4-24> 토일천 강우량 및 강우강도와 EMCs와의 상관관계

- 일일 유입 오염부하량

- 수질항목에 따라 다소 차이를 보였지만, 평갈수기에 비해 강우시 오염부하량이 매우 높은 것으로 나타남
- 연중 오염부하가 50mm 이상의 강우시에 집중
- 소유역별 평균 일일 유입부하량은 수질항목에 따라 차이를 보임
- TOC와 TP는 토일천에서 많고 TN은 낙화암천에서 큰 것으로 나타남

<표 4-11> 영주댐 유역 주요하천 일일 유입부하량

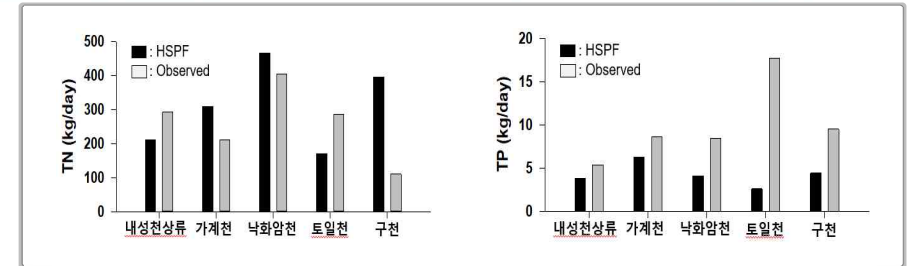
구분	소유역명	일일 유입부하량 (kg/day)					
		TOC		TN		TP	
		범위	평균	범위	평균	범위	평균
내성천	상류	0.5~ 9,864	343	0.87~ 6,689	293	0.01~ 463.4	5.4
지류	가계천	0.5~11,095	295	0.47~ 4,917	212	0.01~ 576.7	8.6
	낙화암천	0.0~ 6,147	333	0.00~ 2,519	405	0.00~ 217.7	8.4
	토일천	6.0~34,199	389	6.81~17,031	288	0.07~2,787.6	17.7
	구천	3.1~19,369	181	3.40~ 7,228	111	0.10~1,618.6	9.5

- 유역모델(HSPF) 모의결과와 실측 부하량과의 비교 분석

- 본 연구의 실측 유입부하량과 유역모델 모의 값과 비교한 결과, TN은 최대 3.6배, TP는 6.8배 차이를 보임

낙동강 자연성 회복 구성(안) 수립 연구용역

- TN 부하량의 차이는 소유역별 상이한 양상을 보인 반면, TP는 모든 소유역에서 모의 결과가 적었고, 낙화암천, 토일천, 구천에서 뚜렷
- HSPF 모의 값은 10년간(2008~2017) 평균치(2019.1, K-water)



<그림 4-25> 유역모델 모의결과와 실측 부하량 비교

- 단위면적당 유입 오염부하량

- 소유역별 TOC와 TP의 연간 유입부하량은 토일천에서 가장 컸고, TN은 낙화암천에서 가장 컸음
- 한편, TOC와 TP의 단위면적당 부하량은 토일천의 지류인 구천에서 가장 크게 나타남
- 단위면적당 유입오염부하량으로 볼 때 토일천의 지류인 구천이 우심지류를 볼 수 있으며, 영주댐 유역오염원 대책방안 시행 시 우선 고려해야 함

<표 4-12> 영주댐 유역별 유입오염부하량 현황

구분	소유역명	유역 면적 (km²)	연간 유입오염부하량 (kg/yr)			단위면적당 연간 유입오염부하량 (kg/yr/km²)		
			TOC	TP	TN	TOC	TP	TN
내성천	상류	81.70	125,369	1,984	106,956	1,535	24	1,309
지류	가계천	71.07	107,837	3,135	77,454	1,517	44	1,090
	낙화암천	95.30	121,610	3,070	147,948	1,276	32	1,552
	토일천	74.01	142,148	6,459	105,172	1,921	87	1,421
	구천	32.05	66,255	3,449	40,707	2,067	108	1,270

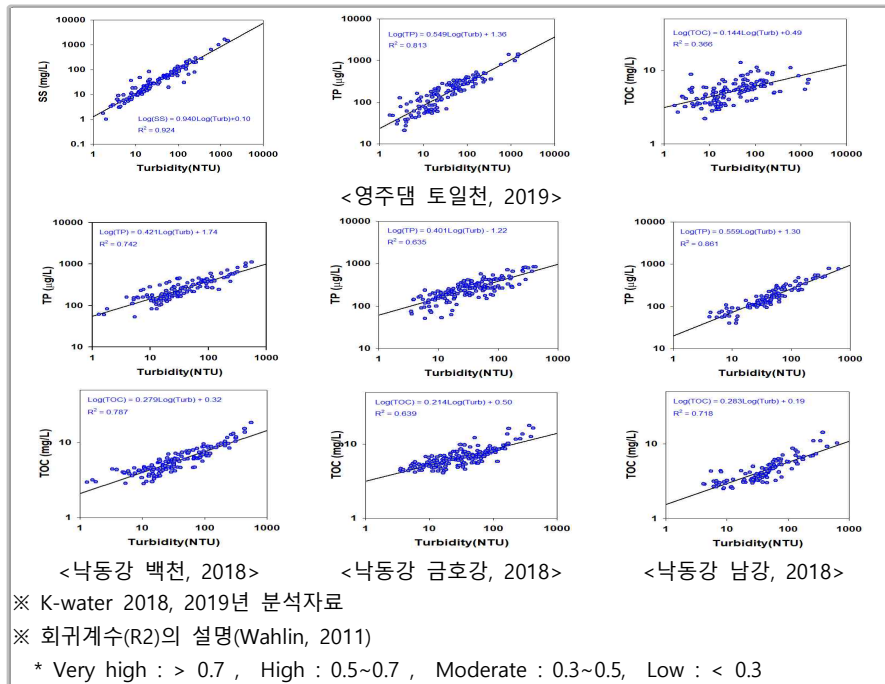
IV. 목표별 추진 방향

○ 모니터링 자료 활용

- 댐저수지 유역오염 부하량 산정 및 유역오염원 대책방안 수립에 활용
- 유역모델 개선을 위한 검보정 자료로 활용
- 비점오염저감시설 설치위치, 설치용량 산정 등 설치계획 수립에 활용

□ 센서(탁도) 기반의 비점모니터링 고도화 방안

- 탁도는 강우시 일부 비점오염물질 농도와 매우 높은 상관성을 보이고, 센서기반의 온라인 모니터링이 가능하므로, 효율적인 비점모니터링 기반을 마련할 수 있을 것으로 판단됨
- 접촉식 탁도계는 고탁도 시료 측정 시 센서 이상으로 오·결측이 발생하므로 표면산관광 방식 등 비접촉식 탁도계를 활용한 비점모니터링 기술개발 필요



<그림 4-26> 낙동강 주요지점 강우시 비점오염물질과의 상관관계

낙동강 자연성 회복 구성(안) 수립 연구용역

□ 시범사업 댐 상류 비점오염물질 측정망 구축 사업

○ 댐별 및 소권역별 우선순위 배점기준표를 마련하여 선정

<표 4-13> 댐별 우선순위 배점기준표

항 목	총점	평가기준	배점
① 단위면적당 비점발생량 BOD	5	발생량이 큰 상위 20% 이상	5
		20% 미만 - 40% 이상	4
		40% 미만 - 60% 이상	3
		60% 미만 - 80% 이상	2
		80% 미만	1
② 단위면적당 비점발생량 T-P	5	발생량이 큰 상위 20% 이상	5
		20% 미만 - 40% 이상	4
		40% 미만 - 60% 이상	3
		60% 미만 - 80% 이상	2
		80% 미만	1
③ 댐상류 유역 면적	5	1,000km ² 이상	5
		500km ² 이상	4
		100km ² 이상	3
		50km ² 이상	2
		50km ² 미만	1
④ 조류경보발령일수	5	발생량이 큰 상위 20% 이상	5
		20% 미만 - 40% 이상	4
		40% 미만 - 60% 이상	3
		60% 미만 - 80% 이상	2
		80% 미만	1
⑤ 수질목표달성률	5	달성률 60% 미만	5
		60% 이상 - 70% 미만	4
		70% 이상 - 80% 미만	3
		80% 이상 - 90% 미만	2
		90% 이상	1
⑥ 상수원보호구역	3	상수원보호구역 지정	3
⑦ 비점관리지역	3	미지정	0
		비점관리지역 지정	3
⑧ 산업단지	3	미지정	0
		발생량이 큰 상위 30% 이상	3
		30% 미만 - 60% 이상	2
⑨ 채광지역	3	60% 미만	1
		발생량이 큰 상위 30% 이상	3
		30% 미만 - 60% 이상	2
⑩ 가축사육업	3	60% 미만	1
		발생량이 큰 상위 30% 이상	3
		30% 미만 - 60% 이상	2
		60% 미만	1
		발생량이 큰 상위 30% 이상	3
⑪ 댐평균 탁수유입 (30NTU 초과횟수)	5	200회 초과	5
		100회 초과	4
		50회 초과	3
		0회 초과	2
		미측정, 0회	1
합 계	45	합계가 같을 경우 단위면적당 T-P값이 높은 소권역을 우선순위로 선정	

IV. 목표별 추진 방향

<표 4-14> 소권역별 우선순위 배점기준표

항 목	총점	평가기준	배점
① 단위면적당 비점발생량 BOD	5	발생량이 큰 상위 20% 이상	5
		20% 미만 - 40% 이상	4
		40% 미만 - 60% 이상	3
		60% 미만 - 80% 이상	2
		80% 미만	1
② 단위면적당 비점발생량 T-P	5	발생량이 큰 상위 20% 이상	5
		20% 미만 - 40% 이상	4
		40% 미만 - 60% 이상	3
		60% 미만 - 80% 이상	2
		80% 미만	1
③ 소권역 말단부로부터 댐까지의 유하거리	5	유하거리가 가까운 소권역 상위 20% 이상	5
		20% 미만 - 40% 이상	4
		40% 미만 - 60% 이상	3
		60% 미만 - 80% 이상	2
		80% 미만	1
④ 중심하천	3	댐으로 직접 유하하는 대표하천	3
		기타 지류하천	0
⑤ 소권역 면적	5	400km ² 이상	5
		300km ² 이상	4
		200km ² 이상	3
		100km ² 이상	2
		100km ² 미만	1
⑥ 수위관측소 연계	5	소권역 내 위치함	5
		위치하지 않음	0
⑦ 산업단지	2	소권역 내 위치함	2
		위치하지 않음	0
⑧ 채광지역	2	소권역 내 위치함	2
		위치하지 않음	0
⑨ 가축사육업	2	소권역 내 위치함	2
		위치하지 않음	0
⑩ 조류경보제	2	소권역 내 위치함	2
		위치하지 않음	0
⑪ 상수원보호구역	2	소권역 내 위치함	2
		위치하지 않음	0
⑫ 비점관리지역	2	소권역 내 위치함	2
		위치하지 않음	0
합 계	40	합계가 같으면 단위면적당 비점 발생량(T-P)값이 높은 소권역을 우선순위로 선정	

※ 비점(강우유출) 오염물질 통합관측소 설치·운영방안 수립 용역(K-water, 2020)

낙동강 자연성 회복 구성(안) 수립 연구용역

○ 설치계획(안)

- 낙동강 유역 비점오염물질측정망 시범사업은 댐저수지 유역을 대상으로 함
- 이전에 설치되어 운영중인 국가비점오염물질측정망 및 K-water에서 구축한 비점오염물질측정망은 댐별 우선순위와 관계없이 시범사업으로 구분하여 기 설치된 것으로 보고 사업계획에서 제외
- 비점오염물질측정망은 현장여건을 고려하여 채수시설 방식(교각이용방식, 캔틸레버) 및 관측소 타입별을 선정
- 정부에서 추진 중 또는 추진예정인 정책사업 2건과 연계하여 댐별 연차별 사업계획을 수립
 - ☞ 녹조우심지역 오염원 관리체계 구축사업(환경부, '20년~)
 - ☞ 수질-수량 통합감시체계 구축사업(환경부, '21년(예정))

<표 4-15> 낙동강유역 비점오염물질측정망 시범사업 계획(안)

사업 구분	우선 순위	댐명	소권역	설치계획(안)					
				22년	23년	24년	25년	26년~	계
녹조 우심	1	남강	14	5	6	-	-	-	11
	2	운문	1	-	-	1	-	-	1
	3	영천	1	-	-	-	1	-	1
	계		16	5	6	1	1	-	13
그린 뉴딜	1	임하	11	7	4	-	-	-	11
	2	안동	11	7	4	-	-	-	11
	3	합천	8	-	4	4	-	-	8
	4	부항	1	-	-	-	1	-	1
	5	밀양	1	-	-	-	1	-	1
	6	성덕	1	-	-	-	-	1	1
	7	군위	1	-	-	-	-	1	1
	계		34	14	12	4	2	2	34
총합계			50	19	18	5	3	2	47

라. 기대효과

- ☐ 고빈도 비점오염모니터링 자료 확보를 통한 유역 비점오염물질 경로 파악 및 체계적인 관리방안 마련
- ☐ 유역-하천 모델 기초자료 확보를 통한 과학적인 수질관리 기반 마련
- ☐ 댐 상류유역의 비점오염 관리를 통한 낙동강 본류 수질개선 기여

4.2.2 유입 오염원 저감대책

가. 현 황

□ 낙동강 본류 수질 및 부하량 현황

- TP 배출부하량은 총 13,591.788kg/일, 생활계 1,738.914kg/일, 축산계 5,644.425kg/일, 산업계 594.688kg/일, 토지계 5,563.604kg/일, 양식계 58.021kg/일, 매립계 0.136kg/일로 축산계가 41.5%로 가장 높은 비율로 나타남
- TOC는 총 258,532.8kg/일로 산정되었으며, 생활계 50,384.9kg/일, 축산계 96,693.9kg/일, 산업계 2,414.3kg/일, 토지계 108,424.9kg/일, 양식계 607.8kg/일, 매립계 6.9kg/일로 토지계가 41.9%로 가장 높은 비율로 나타남
- 낙동강 수계 하폐수 발생 부하량은 1,749천kg/일로 팔당댐 상류에 비해 2.1배이며, 특히 산업폐수는 4.7배에 달함(출처 : 한강, 낙동강 대권역 물환경관리계획, 2018)
- 중상류지역에 대규모 공단, 도시로 인해 오염원관리와 수질오염사고가 어렵고, 잦은 수질오염사고로 인해 가 입지하고 있어 주민들의 민감도가 높음

나. 문제점

□ 본류 위주의 수질개선 대책

- 본류 위주의 개선에 중점을 두고 있어, 지역주민이 체감할 수 있는 수질개선에는 한계가 있으며, 삭감이 용이한 공공하수처리시설 위주로 총량계획이 추진됨에 따라 비점오염원에 대한 관리는 상대적으로 미흡한 실정임
- 수질유해물질 배출량 관리의 어려움
- 낙동강 수계법에 따라 “특정수질유해물질 배출량줄이기계획(‘02~)”를 운영하여 자발적인 저감을 유도하고 있으나 시행이 미흡, 상수원 유해물질 위해성 저감에 대한 효과적인 대응책 마련 및 이행이 부족한 실정임

다. 추진전략

① 본류 유입 대규모 점오염원 저감대책

□ 하수처리시설 정비 및 고도화

○ 생활계 하수처리시설 신·증설

- 유역내 공공하수처리시설, 소규모 하수처리시설의 단계적 신·증설을 통해 영양염류 부하량을 저감시킴으로써 평, 갈수기 수질개선에 직접적으로 기여할 수 있음
- 금호강의 경우, 2025년까지 29개소, 시설용량 총 25,640 m³/일의 처리장을 신·증설계획에 따라 정상적으로 추진시 BOD 3,770 kg/일, TP 112.6 kg/일 삭감 가능한 것으로 분석되었음
- 남강의 경우, 2025년까지 7개소, 시설용량 총 10,850 m³/일의 하수처리시설 신·증설 계획에 따라 정상적으로 추진시 BOD 954.1 kg/일, TP 34.1 kg/일 삭감 가능한 것으로 분석되었음

<표 4-16> 금호강 및 남강 BOD, TP 하수처리시설 현황

구분	BOD		TP	
	금호강	남강	금호강	남강
합계	3,770	954.1	112.6	34.1
공공하수처리시설 (500 m ³ /일 이상)	3,610	-	109.5	-
소규모 하수처리시설 (500 m ³ /일 미만)	160	-	3.1	-

○ 공공하수처리장 초고도처리

- 본류로 직 유입하는 대규모 공공하수처리장에 초고도처리공법을 도입함으로써 방류수 중 TP 부하량을 저감할 수 있음
- 하수처리장 법적 방류기준(0.2~8 mg/L) 대비 95% 강화 대책으로 초고도처리 이후 방류수를 환경용수로 활용함으로써 수질개선에 기여할 수 있음

IV. 목표별 추진 방향

- TP 감소를 통해 녹조발생 저감이 가능하기 때문에 적용 유역 시기별 녹조 발생 관리대책과 연계하여 운영하는 방법을 검토하여 효율적인 운영방안 수립하게 되면 수질개선 및 녹조발생 관리도 기대할 수 있음

○ 초고도처리 공법 처리과정



<그림 4-27> 초고도처리 공법 처리과정

□ 수변구역 축산계 점오염원 저감대책

- 낙동강수계의 수변구역 점오염원은 대부분 축산계 점오염원이 분포하고 있으며, 축산계는 대부분 한우 및 유우 농가임
- 제3차 수변구역관리 기본계획(2019~2023)의 내용에 의하면, 단기목표는 수변구역의 효율적 관리기반을 마련함으로써 사업을 효율적으로 추진하는 것이며 기본계획 기간 이후 심각한 오염원 중의 하나인 대규모 축사를 직접 매수하여 오염원을 원천 제거하는 것으로 장기목표로 포함하고 있음
- 이에, 제3차 수변구역관리 기본계획 내용을 기초로 하여, 축산계 점오염원 및 비점오염물질 배출 관리를 연계하여 추진함으로써 효율적인 오염원 저감에 기여할 수 있음

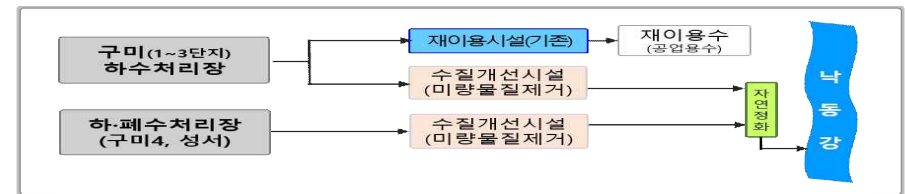
구분	내용
축사별 상세현황 조사	• 축사별 규모, 분변관리 등에 대한 상세 현황조사 및 DB 구축
불법적 축사 확장 감시 및 계도	• 신고규모 이상 축사 확장 또는 축종변경 등 정기 감시 • 축사주변 분뇨더미 방치, 기타 환경오염유발 행위에 대한 계도
배출 비점오염원 저감	• 축사주변 생태동맹, 축사습지 등 비점오염저감시설 조성
장기적 축사 매수	• 수변구역 행위규제로 인해 추가적인 축사 건설 한계 → 소규모 축사부터 단계적 매입 시도를 통해 수변구역 내 축사관련 비점오염물질 발생 원천 차단 • 지속적인 면담 및 매도의사 타진을 통한 매수 시도

<그림 4-28> 낙동강수계 수변구역 축산계 점오염원 및 비점오염물질 배출 관리 방안 (출처 : 제3차 수변구역관리 기본계획(2019~2023))

낙동강 자연성 회복 구성(안) 수립 연구용역

□ 산업단지 미량유해물질 처리 고도화

- 낙동강 취수원에 영향을 주는 산업단지의 미량유해물질을 체계적이고 효율적으로 관리함으로써 난분해성 오염물질 관리체계를 확립하고 오염원 저감에 기여할 수 있음
- 미량 유해물질 감시항목 및 지점, 횟수 등을 지속적으로 확대하여 미량 유해물질에 대한 관리를 강화함으로써 오염저감 기능이 가능함
- 폐수방류량이 많은 구미 공공하수처리장과 대구 성서산단 공공폐수처리시설을 대상으로 폐수내 미량오염물질 처리 고도화
- 수질개선시설(3차처리)을 도입하여 방류수내 미량오염물질처리, 잔재물 발생 없으며 향후 무방류시스템 도입시 전처리시설로 활용 가능



<그림 4-29> 수질개선시설(3차처리) 개요 (낙동강 유역 통합물관리방안 마련 연구, 2020)

□ 본류 주변 입지규제 강화

- 타 수계에 비해 입지규제가 약한 낙동강 본류 양안(100~500m이내)에 대해 공장, 축사 등의 입지를 제한하고 ‘낙동강 수변생태벨트’ 조성
- 한강 대비 산업폐수 발생량 4.7배, 관련 입지규제 면적은 절반 수준
- 조성된 구역간 생태연속성은 제고(수림조성 등)하고 조성 이전 입지 시설은 규모별 배출기준을 강화하여 오염물질 유입 최소화
- 폐수방류가 없는 무방류시스템이 구축된 경우에 한해 시설설치제한 구역의 입지를 허용하여 규제 강화에 대한 지역주민 수용성 제고

□ 하수처리시설 방류 수질 개선

- 이해당사자 등 사회적 협의를 통한 방류수 수질 기준 강화 및 TOC 수질총량제도 시범사업(금호강 및 남강) 추진

IV. 목표별 추진 방향

- 개별관리로 기술적, 재정적 어려움을 겪고 있는 개인하수처리시설에 대해 환경공영제를 도입하여 오염물질 처리 효율성 강화
 - 경기도는 '06년부터 공동 관리제도를 도입하여 위반감소(52%→11.5%)
- 통합허가제도 적용으로 석포제련소 등 대규모 수질오염원의 내부 오염물질 배출 최소화 및 공장 환경개선 유도
 - (통합허가제도) 오염물질 배출이 환경에 미치는 영향을 분석하여 배출을 최소화할 수 있는 최적가용기법 기술로 배출허용기준을 부여하는 제도

② 지류 비점오염원 저감대책

□ 농업 BMPs를 통한 비점오염물질 유입 차단

- 농업시설은 다양하게 산재되어 있어 효과적인 관리가 어렵기 때문에 오염발생원 저감을 위해 농업활동의 주체인 농민의 시비량 절감, 최적관리기법 등 노력과 제도적 기반이 마련되어야 함
- 또한, 농촌 비점오염원의 경우는 유출 특성상 사후관리보다는 사전예방적 관리가 효율적이기 때문에 비점오염원 기여율이 높은 유역이나 비점오염부하량이 증가하고 있는 지류를 대상으로 거점형 오염원 저감사업을 추진함으로써 효율적인 비점오염원 저감이 가능함
- 농업 최적관리기법(BMPs) 중 논종사에 적용 가능한 대책은 배수 물꼬를 현행보다 높이는 방법, 일반 시비에서 완효성 시비로 전환, 화학비로 보다 퇴비 또는 액비 사용, 표층시비 보다는 심층으로 시비함으로써 유출을 저감하는 방법이 있음

<표 4-17> 지류 비점오염원 저감대책

구분		내용
합계		<ul style="list-style-type: none"> • 지역주민 홍보 및 교육 • 농어촌연구원 등 관련 기관과의 협력을 통한 기술 이전 지원
적용 기술	논농사 적용 기술	<ul style="list-style-type: none"> • 배수 물꼬 관리 : 물꼬 높이 7cm → 12cm 조정 • 시비관리 : 일반시비 → 완효성 기비 • 가축분뇨 자원화 : 화학비로 → 퇴비 및 액비
	밭농사 적용 기술	<ul style="list-style-type: none"> • 지표 피복을 통한 멀칭을 적용하여 나지 재배 지양 • 경작지 주변부 잔디 재배 • 고랑 중간을 차단하기 위한 식생발두렁 조성

낙동강 자연성 회복 구성(안) 수립 연구용역

- 밭농사에 적용 가능한 기술은 벼짚 등을 이용한 멀칭을 통해 나지 상태로 재배하는 과정에서 발생할 수 있는 강우시 토양 유실을 방지하는 기술, 잔디 재배 또는 고랑 중간 토양유출을 차단하기 위한 식생발두렁 조성 등이 있음
- 농어촌연구원(2015) 연구에 따르면, 이와 같은 농업 BMPs 적용을 통해 논농사의 경우 TN, TP의 경우 22.0~49.5%의 저감 효율을 보였으며, 밭농사의 경우 유사 32.0~81.4%, T~P 37.9~73.1%의 저감 효율이 있는 것으로 확인

□ 가축분뇨공공처리시설 설치·확대를 통한 축산계 비점오염원 저감

- 가축사육두수 증가에 따라 가축 분뇨발생량이 증가 추세이며, 실제로 발생되는 가축분뇨의 양과 수계로 배출되는 경로가 불분명하여 관리방안 수립이 어려움



<그림 4-30> 2008~2017년 총 사육두수 대비 가축분뇨 발생량(2018년 가축분뇨 발생과 처리 총론, 환경부 2018)

- 가축분뇨로 인한 수질오염 영향을 최소화 하기 위하여 기존 가축분뇨 공공처리시설 정비, 노후화 정도를 평가하여 자원화 시설로 전환, 더욱 강화된 방류수 수질 기준을 설정하여 축산계 오염원 저감
- 개별 축산 농가의 가축분뇨 방류수 수질기준을 단계적으로 강화하고, 유역에 발생하는 가축분뇨를 안정적으로 처리할 수 있는 가축분뇨공공처리시설을 설치함으로써 수질개선 효과 기대
- 가축분뇨실태 조사 및 가축분뇨 관리시스템의 강화를 통해 수계로 배출되는 경로와 오염부하량 정량화하고 효율적인 축산계 오염원 저감 대책 수립

IV. 목표별 추진 방향

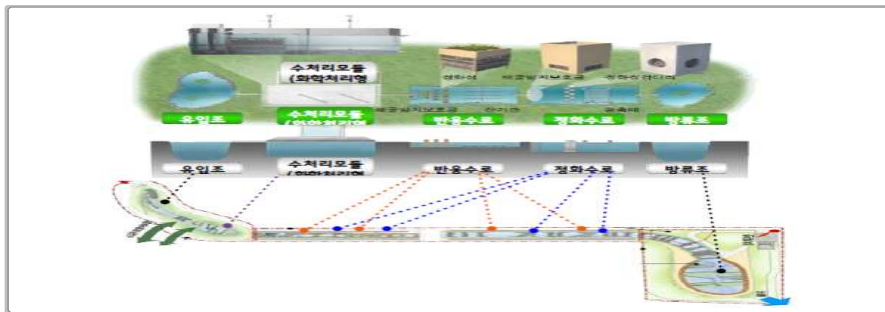
□ 강우시 비점관리대책 강화

○ 강우시 미처리 하수 관리 강화

- 기후변화로 인해 강우강도와 집중호수의 증가 등으로 하수도 시설에 유입되는 빗물이 증가됨에 따라 미처리되는 하수가 증가하고 월류되거나 처리장 용량을 초과하는 하수가 처리되지 않고 낙동강 수계에 방류되는 문제를 해결함으로써 오염물질 저감이 가능함
- 단계적으로 오수관과 우수관을 분리하여 강우시 빗물이 하수와 섞여 처리장으로 유입되지 못하도록 하는 분류식 하수관로 정비를 단계적으로 추진
- 노후화되어 하천수 등 불명수 유입이 예상되는 차집관로 정비, 우수토실 정비를 통해 낙동강 수계로 유입되는 강우시 미처리된 하수의 효율적 저감

○ 식생 정화단지 조성

- 경작지, 고수부지, 등에 정화식물을 조성해 하수처리수, 농약, 비료 등 오염물질이 낙동강 수계로 유입하는 것을 차단시켜 수질 개선에 기여
- (완충습지) 제외경작지, 고수부지 등에 초지(청보리 등 정화식물)를 조성해 농약, 비료 등 오염물질 하천 유입 차단으로 토양유실을 방지하며, 담수상태에서 수질정화효율 우수(T-P 저감 48%↓)함. 또한 식물부산물은 수거해 사료 생산 및 지역내 활용 가능
- (생태수로) 오염도 높은 지류하천 합류부 고수부지에 셋강형 수로를 조성해 초기우수시 하천수를 셋강으로 유입시켜 오염물질 침전 및 주변 식생에 의한 수질 정화 도모



<그림 4-31> 생태수로 계통도 (낙동강 유역 통합물관리방안 마련 연구, 2020)

낙동강 자연성 회복 구성(안) 수립 연구용역

<표 4-18> 오염원별 생태수로 유형

구분	자연정화형	수처리연계형	복합처리형
방류시설	하수처리시설	폐수처리시설	폐수처리시설(IT, 섬유업종 등) 하·폐수 통합처리시설
처리대상	질소·인	질소·인	질소·인, 미량화학유해물질
구성요소	식생·토양, 자연형여재, EM	식생·토양, 자연형여재, 수처리모듈(활성탄 등)	식생·토양, 자연형여재, EM, 초고도처리(약품, 활성탄 등)

※ 낙동강 유역 통합물관리방안 마련 연구(환경부, 2020)

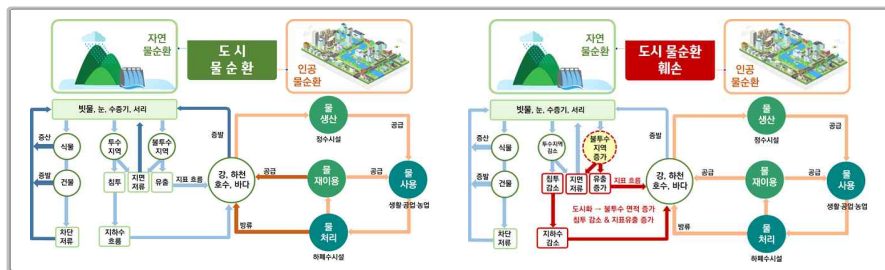
라. 기대효과

- 낙동강 본류, 주요 유입하천 하류로 유입하는 점오염원 부하량을 저감시킴으로써 본류 중심의 평강수기 수질개선이 가능함
- 강우시 유입되는 비점오염원을 저감함으로써 본류 수질에 영향을 미치는 지류의 오염물질을 저감함으로써 본류중심의 수질개선 뿐만 아니라 장기적으로 전체 수계의 수질개선에 기여할 수 있음

4.2.3 LID 등 관리책임 강화 및 물순환관리 기법 확대

가. 현 황

- 물관리일원화와 수자원, 수량, 수질, 방재, 수생태계 등에 걸친 지속가능한 통합물관리 체계로 물정책 방안의 패러다임이 전환되는 시점임
- 도시 회복력(Resiliency) 강화 및 수질·수생태 건강성 회복, 재해방지 등 도시 물순환 체계 수립을 위한 관련 전문분야의 종합적 관리 전략을 수립
- 개발에 따른 자연 물순환의 왜곡을 최소화하기 위해 환경부는 2016년부터 도시개발 및 정비시 저영향개발기법(LID)을 도입하고 있으며, “빗물 제로화, 물순환 선도 도시” 등의 시범사업 추진 중이며 시범도시 및 행복도시, 3기 신도시 등 신규 공공택지 전체에 확대 적용되고 있음
- 도시 물순환은 자연 물순환과 인공 물순환이 복합된 형태로 강, 바다, 빗물 등을 수원으로 활용하여 사용목적에 맞게 물을 생산·공급하며 사용된 물은 적정처리 후 재이용 또는 강이나 바다로 방류되며 순환함



<그림 4-32> 도시 물순환 체계

- K-water에서는 이와 같은 정부 정책과 도시민의 삶의 질 향상을 도모하여
현시점의 패러다임 변화를 반영, 부산 에코델타시티, 송산그린시티 등 물순
환 도시 조성 사업을 수행 중

나. 문제점

- 도시화로 인한 불투수면적 증가와 기후변화에 따른 단기 집중호우 증가로 도시 내수침수 피해는 지속적으로 증대되는 경향임
- 도시 물순환을 왜곡하는 현상으로는 불투수 면적 증가에 따른 지표면유출률 증가, 침투량 및 기저유량, 지하수량의 저하, 도달 시간 및 지체 시간 감소, 증발산량의 왜곡 등 및 침투량 감소, 산림 증발산량 증가 및 기저유출 감소, 지하수량 감소 등을 지적할 수 있음
- 도시 물순환의 소과정(강우-유출-도심하천-관망-취수-정수-하수-재이용)을 종합적으로 설계·관리할 수 있는 도시 물순환 체계 구축 필요
- 도시유역의 자연성 회복을 위해서는 단순 불투수면 관리 및 비점저감 차원을 넘어 도시유역의 수재해 대응, 도시 하천 건천화 등과 연계하여 통합적인 도시 물관리 체계를 수립해야 함



<그림 4-33> 유역 물순환 왜곡 현황(우리강 자연성 회복 구상, 환경부 2019)

IV. 목표별 추진 방향

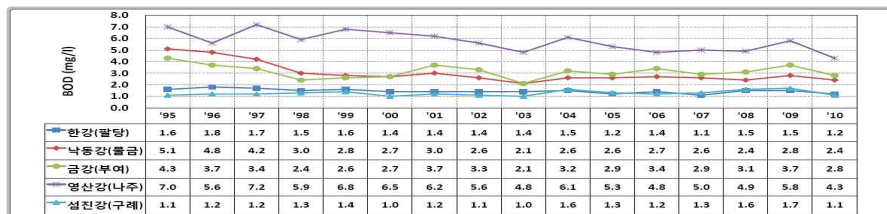
- 물순환 왜곡심화는 물리적, 공학적으로 발생하는 물문제 뿐만아니라 사회·경제적 문제로 확산되어 도시민의 삶의 질을 저해하는 요소로 지적되고 있으며, 물순환 회복에 필요한 관리비 문제와 자연성 훼손 우려 증가, 물사용 관련 복잡한 사회적 이슈로 부각되고 있음

다. 추진방향 및 시범사업(안)

① 유역단위 물순환 건전성 체계 수립

□ 실행력 있는 유역단위 관리체계 수립

- 낙동강은 5대강 주요지점 기준으로 하천수질의 기본 지표인 BOD가 높아 지속가능한 모니터링과 관리가 필요함



<그림 4-34> 연도별 5대강 수질변화 추이(물환경 정보시스템, 환경부)

- 영산강 상류에서 하류간 수질변화 분포에서 인구 및 산업이 집중된 중류지역부터 하류지역에 이르기까지 수질 악화 양상임
- 전국 114개 중권역 중 좋은물(BOD 3mg/ℓ 이하) 달성비율은 낙동강의 경우 2009년 기준 90.9%로 전국에서 높은 수준으로 평가됨

<표 4-19> 권역별 좋은물 달성 현황

대권역	2015년 좋은물 목표(%)	중권역 개수	좋은물 비율	
			달성 중권역	비율(%)
전 국	85.1	114	86	75.4
한 강	82.1	28	22	78.6
낙동강	87.9	33	30	90.9
금 강	72.7	22	11	50.0
영산강	89.0	31	23	74.2

※ 수자원장기종합계획(국토부, 2011)

낙동강 자연성 회복 구성(안) 수립 연구용역

- 과거 단순한 '개발-공급-관리' 개념에서 도시물환경 회복과 기능증진 등 지속가능한 자연성 회복 관리'를 고려한 패러다임 전환 기반 마련
- 자연성 회복을 위해서는 물순환 전과정을 연계·보완하여 물관리 건전성을 회복하고 물순환 관리체계가 확립된 모델 제시
- 유역의 물순환 건전성 평가체계를 구축하기 위한 유역 수자원(수질,수량,생태)이 종합적으로 포함된 물순환 표준지표 마련
- 유역 자연회복성 진단 및 평가할 수 있는 정량적 평가체계 개발
- 사업추진 위한 착안사항
 - 단순 불투수면 관리 및 비점저감 차원을 넘어 유역의 수재해 대응, 도시 하천 건전화 등 유역특성을 고려한 종합 물순환관리 체계 수립 필요
 - 유역 권역별로 물순환전과정을 연계하여 관리 및 모니터링 운영할 수 있는 중장기 계획 수립

② 자연성 회복을 고려한 계획

□ 개발 및 관리 방안

- 계획부터 설계, 시공 및 유지관리까지 관리할 수 있는 실행 체계 구축
 - 진단→계획→설계·건설→모니터링에 대한 물순환 전반 프로세스 계획·설계



- 유역 물순환 건전성 진단·평가 사업화 방안

- 강우·유출, 침투, 지체, 저류, 지하수 연계 등의 자연계 인자 분석
- 배수량, 하수도 방류 및 재이용, 지하수 연계 유량, 상수도 계획 및 관리량, 하천 및 도심 수로 활용, 취수, 생태·환경 유량 등의 인공계 인자 분석
- 자연계 물순환 정량화 및 평가

- [표면 유출량 = 모형의 표면유출량 분석결과 - 빗물이용시설저류량
- 하수관거 차집 우수량]
- 인공계 물순환 정량화 및 평가
- [유역 총 물사용량 = 상수와 지하수 사용량 + 빗물사용량 + 중수도사용량 +
하수처리수재사용량]
 - * 유역 물순환(도심유출, 침투, 저류, 관로네트워크, 배수 등) - SSARR 모델 등
 - * 상세 물수지·배분 (수요, 공급, 배분, 이용 등) - ModSim 모델 등
- 권역별 물순환 지표별 Data Base화
- 시간공간적 취약성 평가 및 개선방안(사업화) 도출

□ 주요 추진전략 및 과업 제시

- 수자원장기종합계획(2011-2020)에서 건전하고 다면적인 물이용 체계 확대를
위해 권역별로 다음과 같은 추진과업을 제시

- 건전한 물 순환 등을 통한 국토 균형적인 하천유량 확보
- 2006년 고시된 지점 외 미 고시된 국가 및 지방하천 하천유지유량 확대 고시
- 농업용저수지 등 하천시설물 설치·운영제도 개선을 통한 하천유량 확보
- 자연·사회 환경개선을 고려한 하천유지유량과 환경개선용수 확보
- 전국 하천의 수량 건전성 평가 및 모니터링 체계 구축, 하천 내·외 다목적 저류지 개발, 농업용저수지 활용 등
다양한 대책을 통한 하천 건전화 해소

- 유역-하천-하구의 이치수 및 생태 연결성을 고려한 종합 계획 수립
 - 권역별 물순환 중장기 목표 수립 및 정책 기준 정립
 - 유역 수환경 정비기술의 체계적 관리를 위한 검·인증제 도입
- 자연 회복성을 고려한 도시지역 중심의 건전한 물순환 및 빗물 확보-이용
실행계획 수립
 - 유역 전반의 저영향개발계획 수립 및 자연형 인프라 관리 체계 구현
 - 수질-수환경 자동 모니터링 및 예경보 시스템 구축

- 조류예방 및 유역 비점오염저감 대책 강화
- 부산-울산-경남을 연결한 종합 물관리(Water Belt) 도입 검토

라. 기대효과

- 자연의 수문학적인 기능, 즉 증발, 침투, 저류 및 유출 등 기능들을 회복하여
불투수면적에서의 우수 및 비점오염의 집중유출을 제어하고 물순환을 회복
- 도시 계획을 고려한 강우 유출 분산형 관리 체계 구축
- 투수층을 통한 우수 침투로 인해 지하수위의 안정적 유지 가능
- 식생 기반 저영향개발 기술을 통한 도시 강우 유출량 저감
- 도시 내 발생하는 우수를 효율적으로 이용하여 수자원확보·이용 및 수환경
개선 효과 창출
- 저류된 우수를 중수로 대체하여 활용함으로써 가용 수자원 확보
- 자연형 시설을 활용한 도시 내 비점오염저감 및 자연서식처 확보 효과
- 지역주민에게 친환경 자연형 시설(생태공원, 자연형 습지 등) 공급 및 친수
활동 활성화 프로그램 활용

4.2.4 물 재이용 활성화

가. 현 황

□ 하수처리 현황

- 2019 하수도 통계상, 국내 공공하수처리시설은 97%의 효율로 일 평균 BOD 처리부하량이 3,292ton에 달하는 반면, 낙동강 수계는 국내 평균치 보다 낮은 95.2%의 효율로 일 평균 840ton의 BOD 처리 중
- 전국 하수도 보급률(94.3%)은 낙동강수계 공공하수처리구역 보급률(93.8%)과 0.5%의 차이를 보이고 있으며, 농어촌마을 등 취약지역에 대해 소규모하수처리시설 등의 지속보급을 통해 격차를 줄여나가야 함

<표 4-20> 2019 하수처리 수질 현황

항목	유입 평균(mg/L)		유출 평균(mg/L)		처리효율 평균(%)	
	전국평균	낙동강수계	전국평균	낙동강수계	전국평균	낙동강수계
BOD	163.9	122.8	3.3	3.0	98.0	97.5
COD	93.5	80.9	9.1	7.9	90.3	90.2
SS	165.6	124.3	3.1	3.3	98.1	97.3
T-N	39.833	34.695	10.653	10.325	73.3	70.2
T-P	4.251	3.953	0.290	0.924	93.2	76.6

나. 문제점

□ 방류수 수질관리 선진화 필요

- 공공수역 수질 상에 COD 등 난분해성 물질은 개선 효과가 BOD에 비해 뚜렷하지 않음. 더불어, TOC, T-P, T-N 등의 관리강화 필요성은 증가하고 있으나, 하수처리시설은 법적 최소기준만을 달성하는 수준으로 운전하며, 시설별 최적기법, 유역 목표수질을 고려한 방류수 수질기준 차등 적용을 권장할 유인 대책이 부족

- 유역 하수도 정비계획과 연계하여 하수처리시설 신설 또는 개선시 최적가용기법 적용 등 환경청과 지자체간 협의하여 처리시설별 방류수수질기준 설정, 녹조 발생지역, 지류 총량제 시행지역 등 수질 민감지역 중심의 영양염류(T-N, T-P 등) 방류수 기준 강화방안 검토 등 필요
- 소규모 하수처리시설 설치·운영 관리 강화 필요
- 마을하수처리시설의 공법 및 운전방법이 상이하고 너무 다양하여 유지관리 어려움. 정화조의 경우 수세식 변기 이외의 오수는 처리되지 않으며, 전국 하수발생량의 약 4.7%(749천톤/일)의 오수가 미처리된 채로 수계로 방류
- 하수도법 시행령 제24조 제2항에 따르면, 하수처리구역 밖에서 1일 오수발생량 2m³이하인 경우 정화조만 설치 가능. 1일 오수발생량 2m³이하인 건축물 등에 대해서도 정화조 대신에 오수처리시설을 설치하도록 하는 방안 검토하는 등 수질관리가 시급한 지역부터 점진적으로 시설전환 추진 필요

다. 추진방향

① 유역단위 하수도관리체계 수립

□ 실행력 있는 유역단위 관리체계 수립

- 현 하수도관리체계는 유역 내 지자체의 하수도정비 기본계획을 바탕으로 취합하는 형태로 수립되는 등 유역 계획으로서의 차별화가 부족하며, 유역계획 수립 후에도 행정구역 단위로 하수도 관리를 수행하여 유역계획의 이행실태를 평가하고 계획간 연계성 등 문제점 개선을 위한 시스템 부재
- 유역내 단독 하천유역(지방하천 중심, 소유역) 규모의 ‘유역 하수도 중점추진 지역’ 선정 시범 운영 및 시설 간 연계운영, 유역의 목표수질을 고려한 방류수 수질기준 설정 등 유역 하수도 최적관리 모델 개발 필요
- 지자체 조합, 민간위탁, 지방공사, 공사·민간 공동위탁 등 통합 관리조직을 활용한 실행체계 마련 필요. 참여 지자체에 하수도 신규, 정비·개량 사업 국고 우선지원 등 인센티브 부여 방안과 수질오염총량제와 연계한 단위유역별 관리방안 마련 검토, 하수처리 비용분담 방안 등 실질적 추진계획 마련 필요

IV. 목표별 추진 방향

□ 유역단위 맞춤형 오염원 관리 강화

- 산업단지 난분해성 물질의 체계적 관리가 필요한 지역(낙동강, 금호강·남강 등)에 오염특성에 따른 맞춤형 총량제 추진
- 가축분뇨 관리를 위해 양분 투입·산출량을 종합분석하고 지역 환경 용량 내에서 적정관리할 수 있도록 양분관리제 도입 추진(경북 영천, 군위 등) 양분수지 산정 및 관리방안 등을 포함하여 가축분뇨관리 시행계획을 수립하고, 가축분뇨 실태조사를 지속 확대하여 전국축산계 오염원 조사자료 표준화 및 신뢰성 제고, 양분관리제 선도사업 현장 지원 및 제도 확대 시행을 위해 전담 기관 지정 추진

② 하·폐수처리수 재이용을 통한 유역 물환경 개선

□ 현황 및 여건

- 시설 및 행정구역 중심의 제한된 재이용 체계를 개편하여 유역기반의 수질관리 수단으로 활용 필요
 - 유역물관리종합계획, 물환경관리계획, 유역하수도정비계획 등 물환경 관련 계획과 제도가 유역기반으로 수립 및 이행되고 있으나 현행 물 재이용계획과 운영은 이를 고려하지 못함
- 물환경관리체계와 연계하기 위한 하수처리수 재이용의 오염부하량 저감 및 수질개선 효과에 대한 과학적·객관적 자료 미흡
 - 수질개선 기초자료와 조사가 부족하여 물환경개선을 위한 하수처리수 재이용 연계 및 역할에 대한 객관적 평가 불가
- 재이용계획과 수질오염총량 관리계획 간의 효율적 연계체계 부족
 - 하수재이용은 안정된 부하량 삭감방법임에도 불구하고, 수질오염총량 삭감방안의 활용도가 낮고 삭감승인에 대한 비효율적 절차로 인해 반영 어려움
 - 연계체계 부재로 삭감량 발생에 대한 총량제도 반영이 어려움

□ 정책방향

- 유역물관리종합계획, 물환경관리계획 등 물환경 관리체계와 연계한 유역기반

낙동강 자연성 회복 구성(안) 수립 연구용역

하수처리수 재이용수 활용방안 마련

- 용도별 기준 및 항목을 유역내 수질관리 개선체계와 연동하여 조정할 수 있도록 제도개선
- 하수처리수 재이용을 활용한 오염부하량 저감 및 수질개선 관련 자료 구축 확대 및 효과 평가
- 하수처리수 재이용의 수질오염총량관리제 삭감승인 활성화
 - 수질오염총량기본방침, 오염총량관리기술지침 등에 하수처리수 재이용을 우선적 삭감수단으로 활용하도록 제도 개선
 - 하수처리수 재이용계획의 수립 또는 변경시 이를 총량기본계획 및 시행계획에 반영할 수 있도록 절차 개선

③ 하·폐수처리수 재이용을 활용한 하천 건전화 개선

□ 현황 및 여건

- 생태하천 조성 및 건전화 방지 등을 위해 다양한 하천 복원사업을 추진해 왔으나 지속가능한 하천유지유량 확보수단으로 하수처리수 재이용을 활용한 노력은 미흡
 - '18년 기준, 하수처리수 생산량 7,164백만㎥ 중 1,113백만㎥이 재이용되며(하천유지용수 433백만㎥), 6,051백만㎥은 인근하천에 방류되고 있으며, 여전히 건전화로 인해 연간 2,153백만㎥의 하천 유지유량이 부족한 상황

<표 4-21> 하천유지용수 부족량

구분 (단위:백만㎥/년)	계	특광역시	경기	강원	충북	충남	전북	전남	경북	경남
하수 재이용 하천유지용수 공급량	433	204	136	-	9	18	33	8	16	9
하천 유지 부족량	2,153	-	671	187	112	52	79	107	850	94

- 하수처리수의 수질(냄새, 색도 등) 적정성과 친수용수로서의 심미적 거부감 등에 따라 지류지천 관리를 위한 하수처리수 재이용 활성화 미흡

- 하수처리 방류수 수질기준과 연계한 하천유지용수 및 친수용수 수질기준 개선 및 주민 인식개선 필요
 - 물순환 관점에서 건천화 방지를 위한 실수요 기반의 하천 유지용수 공급 계획 수립 필요
- ☐ 정책방향
- 물순환/물수지 분석에 기반한 체계적 하천 유지용수 공급 타당성 검토 및 활용방안 마련
 - 용지자체별 물재이용관리계획 수립 시 하천 건천화 현황 조사 및 체계적 개선 계획수립 시행
 - 하수처리수 재이용수의 하천유지용수 공급의 합리적 수질기준 및 실효성 있는 대책 마련
 - 하천유지용수 수질기준은 공급대상 하천의 수질특성을 반영하여 수질악화를 유발하지 않는 목표 수질 등에 대한 가이드라인 마련 등

라. 시범사업(안)

- ☐ 낙동강유역 하수처리수 재이용 하천유지용수 공급사업
- 물 부족 하천 인근 하수처리시설에 대해 검토결과 23개 지역 하천에 재이용수 공급가능량 90백만㎥/년(총사업비 1,311억원 규모)

<표 4-22> 2030 낙동강 하천유지용수 공급 목표

구분	합계	부산광역시	대구광역시	울산광역시	경상북도	경상남도
공급량 (천 ㎥/년)	89,798	26,490	1,815	22,500	17,478	21,515
사업비(억원)	1,311	249	127	120	395	421

※ 제2차 물 재이용 기본계획(환경부, 2021)

- 관련 법정계획, 현황 및 물 수급계획 조사·분석을 통해 사업 타당성 검토 후 사업 우선순위 선정 및 사업모델 마련하여 하수재이용사업 시행

마. 기대효과

- ☐ 하천 건천화 해소로 수생태 보존 및 친수공간 증대
- ☐ 하수처리수 재이용을 통한 하천유지용수의 안정적 공급은 소하천의 건천화 해소와 더불어 수질 개선효과를 제공하며, 하천유지용수에 적합한 하수처리를 통해 하수처리시설의 점오염 배출부하량의 저감효과를 도모할 수 있음
- ☐ 물재이용-수질관리 연계 강화로 인한 유역의 수질개선 확대
- ☐ 유역관리 삭감수단 확대를 통한 재이용제도 활성화 및 수질개선

4.3 살아 움직이는 안전한 강

구분	단기(3년)	중기(5년)	장기(5년이후)
① 종적 연속성 회복	<ul style="list-style-type: none"> 보 개방 연계 다기능보 어도 개선방안 마련 구조개선 시범대책 및 모니터링 확대 검토 하천 수생태계 연속성 평가 제도 도입 하천별 연속성 평가 및 개선계획 수립 하천 수생태계 연속성 확보 사업 하천 단절 구조물 타당성 평가(하천 단절 구조물 개선 및 철거 사업) 	<ul style="list-style-type: none"> 다기능보 기능 상실 어도 대상 영구대책 마련 및 추진 하천 수생태계 연속성 확보 사업 지속 하천 수생태계 연속성 확보 기술 개발 단절 없는 취수 기술 개발(어도 효율성 개선, 기존 보·어도 구조물 개선 등) 	<ul style="list-style-type: none"> 하천 수생태계 연속성 확보 사업 지속
사업화 방안	<ul style="list-style-type: none"> 하천시설(보·어도) 정비를 통한 종적 연속성 회복 (내용) 하천 수질 및 수생태계 연속성을 훼손시키는 하천시설(보·어도) 현황을 조사·평가하고, 개량을 통한 우리 강 종적 연속성 회복 		
② 횡적 연속성 회복	<ul style="list-style-type: none"> 하천·호소 횡적 연결성 회복을 위한 기술 개발 자연형 홍수터 회복 및 제내지간 연결성 확보 하상 교란 지도 구축 및 개선방안 유역 통합형 수변완충 지대 시범사업 추진 댐 홍수터-제내지 연계 수변완충지대 복원 낙동강 하상 및 홍수터 수변완충지대 복원 	<ul style="list-style-type: none"> 하천, 호소변 연결성 단절구간 점진적 개선 제방후퇴, 하폭확대 등 수리·수문, 생태, 사회문화적 변화를 고려한 하천환경 관리기술 개발 하도지형, 식생변화 예측 및 관리 하천 유사관리 및 하류 하천 적응관리 기술 	<ul style="list-style-type: none"> 기후변화, 하천환경 등 고려한 통합형 수변완충 지대 조성·관리 확대 하천 공간구조 확장 및 비구조적 관리 정착 디지털 트윈 기반 하천내 물, 유사, 식생 거동 모니터링 및 예측 관리 하천·호소 수변완충지대 생태계서비스 기능 평가 및 모니터링 확대
사업화 방안	<ul style="list-style-type: none"> 자연형 홍수터 확보 및 제방, 도로 등으로 단절된 구간의 연결성 확보 (내용) 직강화된 하천구간에 홍수적응, 수질, 생태, 문화 등 기능 점점의 잠재 하천공간을 확대 설정하고 홍수터 홍수터 제내지 연계형 통합 수변완충지대 복원 하천공간 확대 기반으로 물, 유사 흐름 개선을 통한 하상 회복 (내용) 준설, 침식, 육역화 등 교란된 하상에 대해 상류 유사 이송 및 유형 개선 등을 통한 하상구조 자연화방안(사주 및 식생복원) 수립 		

구분	단기(3년)	중기(5년)	장기(5년이후)
③ 자연 유황의 회복	<ul style="list-style-type: none"> 자연유황 회복을 위한 법·제도 정비 하천유지유량 산정지점 확대 자연유황 회복을 위한 환경생태유량 산정 등 하천유지유량 및 환경생태유량 통합관리 댐의 탄력적 운영 등을 통한 하천 역동성 회복 이·치수 등 영향이 적은 범위 내 방류패턴 개선 	<ul style="list-style-type: none"> 수자원시설 개선을 통한 자연유황 유량 확보 하천시설간 연계운영 유류저수지 개선활용 자연유황-하천생태계 관련성 연구 추진 	<ul style="list-style-type: none"> 건전화된 도심하천 자연유황 회복 도심하천 물길복원을 통한 생태계 회복 및 어메니티 증진 자연유황-하천생태계 관련성 연구 추진(지속)
사업화 방안	<ul style="list-style-type: none"> 생태·환경·취수 등 하천의 본래기능을 충족하기 위한 자연유황 회복 추진 (내용) 자연유황의 회복 필요성을 관련 법·제도에 반영하고, 수자원의 효율적인 활용 등 자연유황 확보방안을 구성하여 유역계획 등에 반영 		
④ 치수 안전성 확보	<ul style="list-style-type: none"> 하천 및 하천시설물의 홍수방어 기준 강화 계획홍수빈도 상향 및 하천기본계획 재검토 댐 운영체계 개선 도시침수 예방계획 수립 하수관로 설계빈도 상향 등 방재성능 제고 재해영향평가 개선으로 도시침수 사전차단 	<ul style="list-style-type: none"> 재난대응체계 스마트화 스마트 상황관리시스템 구성, 신속대응 지원 데이터 기반을 통한 예보 시스템 지능화 도시침수 예방사업 시행 노후 하수관로 정비 등 침수 예방사업 확대 	<ul style="list-style-type: none"> 사전예방적 홍수방어체계 구축 하천의 홍수터 회복 등 홍수조절기능 확보 하천제방 정비 추진
사업화 방안	<ul style="list-style-type: none"> 극한의 홍수사상에 대응하기 위한 홍수방어 기준을 강화하고, 하천과 하천시설물의 치수안전성 재검토하여 대책 추진 (내용) 홍수방어 기준 강화, 홍수터 복원, 강변저류지 확보 등의 구조적 대책과 함께 예보시스템 지능화 등 재난 대응체계 개선 추진 도시홍수관리체계를 강화하여, 국민의 생명·재산 피해 최소화 (내용) 도심 방재성능 목표 상향 조정, 도시개발의 재해영향평가 절차개선 및 침수예방사업 확대 추진, 재난 대응체계 선진화 시행 		
⑤ 옛 물길 복원 대상지 선정	<ul style="list-style-type: none"> 옛 물길 복원 선도 대 상지 선정 대구(달성읍지), 부산(하곡동) 등 시범사업 시행 달성읍지 하중도 및 상류 조류서식처 조성 흑두루미, 큰고니 등 대형 조류 목표종 설정 하중도 폰툰다리 → 상류습지 → 생태학습관 연계 생태체험 및 교육 	<ul style="list-style-type: none"> 옛 물길 복원 대상지 확산 대상지의 접근성, 사업시행 가능여부, 생태문화 자원, 물길변화 등을 고려한 대상지 선정 및 확대 시행 자연성회복, 생물종 복원, 미래세대를 위한 생태교육 등에 초점을 맞춘 복원계획 수립 	<ul style="list-style-type: none"> 주민참여형 통합 생태계 서비스 가치 확산 대상지 발굴, 사업시행, 유지관리까지 원스톱 주민참여형 거버넌스 제안 생태·문화, 축제, 맛집, 레저, 체험, 생태교육 등을 통합한 자립형 추진 체계 구축
사업화 방안	<ul style="list-style-type: none"> 낙동강 수계 수변생태벨트 사업과 연계한 옛물길 복원 계획 수립 (내용) 하천, 댐 홍수터와 주변 토지를 연계한 수변완충지대 복원으로, 낙동강 자연성회복 및 옛물길 복원 등 제도적연계·상호보완 가능 		

4.3.1 종적 연결성 회복

4.3.1.1 유사공급을 통한 하상복원 및 생태계 연결성 회복

가. 현 황

- ☐ 댐 상류지역에서 호내로 비점오염원물질이 고탁수의 형태로 대량유입
 - 강우동반 고탁수 저감은 댐저수지의 수질개선효과에 최우선 요소
 - 강우시 발생하는 비점오염원 부하량은 연중 75% 이상을 차지
- ☐ 댐저수지 내의 고농도 토사유입으로 인한 수량-수질 문제점 발생
 - 댐호내 지속적 토사유입에 따른 댐운영 어려움
 - 호내 퇴적층 증가로 인한 저수용량 감소 및 내부오염물질의 재순환
- ☐ 상류로부터의 부유사공급 감소에 의한 하천구조변화 및 수생태계영향
 - 댐건설이후 하류하천의 모래입경증가
 - 하천구조 단순화로 인한 육상식생침투와 저서생물서식처 교란발생
 - 내성천 자연모래톱 유실 및 한반도 고유종 어류 흰수마자(멸종위기종 1급) 개체수 급감
 - 하천생태계 생물종다양성 감소
- ☐ 4대강 사업으로 수행되어진 준설량은 4.45억^m이며, 본류와 일부 지류를 포함하여 이루어진 준설은 낙동강에서 48개 공구에 걸쳐 3.32억^m을 준설하여 가장 많은 준설이 이루어진 것으로 나타남
 - 4대강 사업으로 인한 준설은 하천폭을 따라 일정한 깊이만큼씩 일률적으로 준설하여 하상의 가장 깊은 부분이 더 깊어지게 되는 것이 아니라, 하

천변을 포함하는 비교적 높게 형성되어진 하상 부분에서 이루어졌음

- 준설에 따른 하상변동의 영향은 준설에 의하여 하상의 단면적이 증가하게 되었고, 보의 운영으로 인한 정체현상 등으로 하천의 유속이 감소하게 되어 상류의 유사가 거리가 먼 하류까지 이동하기는 힘든 상황으로 변화(4대강조사평가)

나. 문제점

- ☐ (하상저하) 4대강 사업으로 준설된 저수로 뿐만 아니라 지속적으로 침식이 일어나 하상이 저하되면, 양수장, 수위관측소 등 하천시설물의 기능에 직접적인 영향을 줄 수 있음
 - 아울러, 호안 및 제방의 안정성, 지류 합류부 침식, 지하수위의 저하 등 다양한 문제를 일으키는 요인이 됨
 - 본류의 수위 저하 시 지류의 유속, 소류력 증가로 하상저하·침식발생 우려
- ☐ (댐저수지 내 유사퇴적) 댐 건설 후 저수지 내로 유입된 유사의 퇴적으로 저수기능 저하 및 상실을 초래하고, 단절로 인한 댐직하류 하상 저하 발생
- ☐ (하류하천 유사공급감소) 댐으로 인한 자연유황감소, 하류 유사공급량감소 및 댐·상하류의 생태계 단절로 인한 연속성 확보 방안 마련 필요

다. 추진방향

- ☐ 댐 상류 유사의 하류 공급
 - 댐 상류 다목적저류지를 이용한 소유역에서 발생하는 유사를 포집하여 댐하류로 직접공급을 통한 하상 안정화 방안 마련 필요
- ☐ 유사바이패스 시스템 도입
 - 댐으로 인한 상·하류 단절된 하천을 바이패스터널(SBT)을 이용한 물리적 연결성 확보, 저서생태계의 연속성 확보를 목적으로 함
 - Sediment Bypass Tunnel (SBT): 강우시 댐 상류에서 호내로 유입되는 탁수 및 유사를 우회시켜 댐 하류로 직접 배제하는 방법

IV. 목표별 추진 방향

⇒ 높은 건설비용 때문에 일부 국가(일본, 스위스)에서만 댐 저장능력 확보, 하류하천 유사공급 및 친환경 하천관리 등의 목적으로 운영하고 있음

○ (국외사례) 바이패스방식을 통한 탁수, 유사이송, 퇴적물 배제, 수질개선 등의 지속가능한 관리가 가능함

- 일본 : 누노비키, 나라현 아사히댐, 나가노현 코시부댐, 미와, 마츠카와, 우라야마댐

- 스위스 : Soils댐, Pfaffensprung 댐

- 탁수 저감 : 발생 탁수의 약60% 하류 방류(미와댐)

- 유사 이송 : 하류하천에서 댐 건설전 환경의 80~90%복원(아사히댐)

⇒ 바이패스 건설 후 댐 유입 퇴사량 격감 및 댐 수명 연장 효과

- 수질 개선 : 하류하천 수질개선(우라야마댐), 호내 수질개선

⇒ 바이패스 운용시 호내 수질영향 평가 : ELCOM-CAEDYM 사용 시나리오 검토(우라야마댐 바이패스 운용시 유입오탁부하량 저감

- 조류발생 저감효과, 일본토목학회논문집 B1 Vol.68, No.4, 1_781-1_786(수공학, 2012)

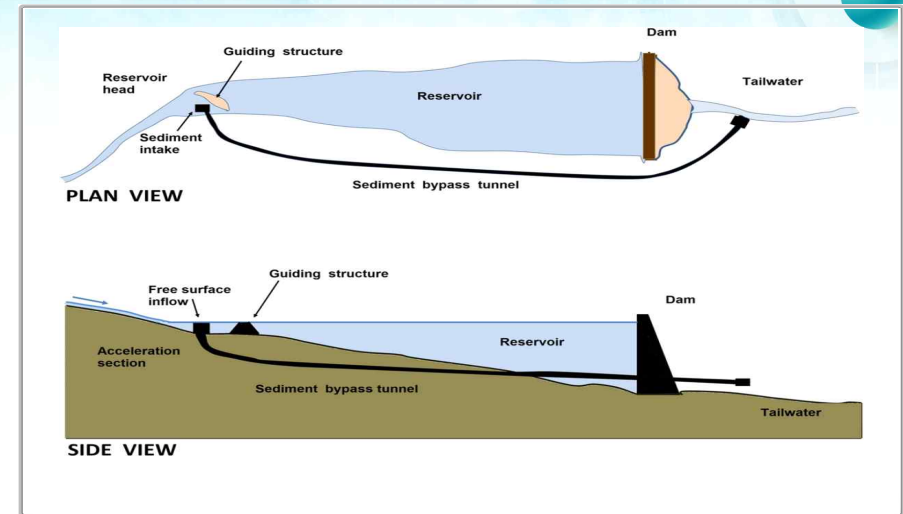
라. 시범사업(안)

□ 댐상류-댐하류 바이패스터널(SBT)을 이용한 하천유사공급 및 생태계 연결성 확보

○ (유사이송) 강우시 유입되는 유사를 댐 하류로 직접 배제하여 하류하천 자연성회복

○ 바이패스시스템은 댐 본래의 기능을 유지하면서 유사의 하류이송 및 강우시 오염부하배제라는 목적을 달성하기 위한 항구적인 시설로서의 역할을 충족할 것으로 판단됨

낙동강 자연성 회복 구성(안) 수립 연구용역



<그림 4-35> 바이패스터널 개념도

마. 기대효과

□ 댐유역 상·하류하천의 종적 연결성 확보

○ 댐 하류하천(내성천)으로 자연적인 유사공급을 통한 생태서식처 안정화 및 멸종위기종(흰수마자)의 복원 및 회복

○ 하류하천에서의 침식 저감 및 하천육상화 방지

* 형태적 단순화 및 수변부 육상식물 침투 방지



<그림 4-36> SBT 운영에 따른 하상변화

- 수생태계의 자연성 및 건강성 회복
 - 댐 하류 하천유지유량 및 생태유량 공급 증대
 - 하류하천 생태계의 댐 건설 이전으로 구조적/기능적 복원가능
 - 저서무척추생물 및 멸종위기종 1급 흰수마자 서식처 회복
 - * 부유사 공급, 내성천 수생태계 생물종다양성 증대

4.3.1.2 지류(상류 중심)의 종적 연속성 회복

가. 현 황

- 낙동강에는 수자원 확보나 이용, 발전 등을 위해 연속성을 차단하는 다양한 수리구조물이 설치·운영되고 있으며, 특히 본류 뿐만 아니라 지류까지 필요 이상으로 과도하게 설치되고, 목적과 기능을 상실한 수리구조물의 방치로 하천의 연속성이 저해되고 있는 실정임
- 염수 침입 방지를 위해 설치된 낙동강하굿둑, 농업용수 등의 확보를 위해 전국하천에 설치된 33,914개의 하천구조물 중 낙동강유역에 설치된 12,146개의 구조물 가운데 1,639개 시설에 어도 설치됨(국가어도정보시스템, 2020)

<표 4-23> 어도 설치현황

대권역	하천 구조물	어도		평가등급				개보수 대상어도	개보수 필요율(%)
		계	설치율(%)	양호	미흡	불량	판정보류		
전체	33,914	5,393	15.9	1,618	3,206	556	0	3,762	69.8
낙동강	12,146	1,639	13.5	553	1,041	45	0	1,086	66.3

나. 문제점

- 1,626개의 어도가 326개 지류하천에 설치되어 있으나, 실제 제대로 운영되고 있는 어도는 33.7%에 불과함(국가어도정보시스템, 2020)
- 어도별 현황은 국가어도정보시스템에서 검색 가능하며, 내수면어업법 제19조의6(어도의 사후관리) 근거로 사업절차(지구선정 → 기본 세부설계 → 사전

모니터링 → 인허가 → 시공 → 준공 → 사후 모니터링)에 준해 사업대상(입구부 단차·경사도 미준수, 입구부 퇴적, 내부파손, 비표준형식 어도, 출구부 단차, 출구부 연결성 미흡 등)을 선정하여 어도 개보수사업을 진행중임(국가어도정보시스템, 2020)

- 사회·경제, 이수·치수, 수질·생태 등 다양한 측면의 모니터링과 면밀한 평가를 통해 철거·개선(개방 및 탄력운영 등) 등의 조치추진이 필요하며, 제한적 어도 개보수사업의 확대를 통해 하천의 연속성 회복을 위한 노력이 요구됨

다. 추진방향

- 기본방향
 - 낙동강유역 상·하류 하천의 어류, 생물종 조사를 통한 연속성 필요 및 사업 구간을 설정하고 상·하류를 연계한 협업사업의 제안과 확대 필요
 - 댐 상·하류 어류, 하천환경, 보 현황 등을 통해 시범사업 구간 선정·추진
- 환경부 주도의 하천 연속성 회복을 위한 법·제도적 정비
 - 어도는 환경부, 국토교통부, 농림축산식품부 등 하천과 수로를 다루는 여러 부처에서 수생태계 보전, 생물다양성 증진, 하천·수리구조물 정비, 피해시설물 복구 등의 운영 목적에 따라 개별 법률로 관리되어 통합적 어도 사업 추진에 한계가 있는 실정임

<표 4-24> 부처별 어도 관련 법 및 사업

구 분	환경부	국토교통부	해양수산부	농림축산식품부, 지자체	행정안전부
관련법	물환경보전법	하천법	내수면어업법	농어촌정비법	자연재해대책법
설치 목적	수생태계 보전 및 생물다양성 증진	생태적 기능을 고려한 하천정비	수산생물의 이동통로 확보	친환경적인 농업 수리시설물 정비	자연현상 파괴시설물 복구
사업명	생태하천 복원사업	고향의강 정비사업	어도 개·보수사업	농업생산 기반 정비사업	재해복구사업

- 어도는 하천 연속성 확보에 있어 핵심적이며, 수질-수량-생태를 아우르는 통합물관리 측면에서 어도 관리를 통합할 수 있는 제도적 근거가 필요하므로, 환경부의 ‘물환경보전법’에 의해 큰 틀에서 정리가 되고, 하천복원(생태하천복원사업)까지 연계될 수 있도록 하는 것이 바람직함

IV. 목표별 추진 방향

□ 어도 협력사업 추진방안

- ‘물관리기본법’ 제11조(유역별 관리) 및 제13조(협력과 연계관리)에 따르면, 물은 유역 단위로 관리를 원칙으로 하며, 국가와 지방자치단체는 물관리 정책 시행에 있어 유역 전체를 고려해야 한다고 선언하고 있으므로, 유역 특성을 반영한 지역 기반 계획이 필요하며, 토지이용과 물환경, 수질과 수량, 지류와 본류의 연계성을 고려한 통합관리 추진 필요(물관정리기본계획, 2016)
- 수생태계 건강성 회복을 위해 강의 전체적인 상·하류 간 연결성을 확보하고, 이로써 회유성 어종이 강의 하류에서 상류까지 이동 및 본류에서 지류로의 국지적 이동도 가능하도록 하천의 흐름과 회유성·이동성 어종의 이동을 가로막는 용도 폐기된 하천구조물 등을 개선하여 종적 연결성을 확보해야 함

□ 국가, 지방자치단체, 관계기관 간 어도 협업사업 발굴 및 추진

- 하천시설물 관리·운영은 국가, 지방자치단체, 관계기관 등 다양한 주체가 참여하고 있어 통합적인 관리가 어려우므로, 환경부 주도 가이드라인하에서 조사, 평가, 관리에 대한 기관 간 협력을 유도하며, 역할 및 협력방안에 대한 지침을 작성하여 효율적인 사업추진을 유도해야 함
- 지방자치단체 및 관계기관은 지역 특성을 반영한 관리대책을 수립·추진, 중앙정부는 지방자치단체와 지역주민 참여유도를 위해 수계관리위원회를 포함하는 유역 민·관·학·연 거버넌스를 구축하여 민간부문 활동 기반을 마련하며 유역계획 수립·이행 및 연구수행 시 이해관계 당사자 참여 확대방안 필요

라. 시범사업(안)

- 시범사업 대상지는 금호강 중권역 ‘고현천’ 선정, 고현천은 환경부 낙동강 대권역 하천 수생태계 현황조사 및 건강성 평가(2019년) 조사결과, 어류평가지수 평균 34.4로 D등급(나쁨)으로 나타났으며, K-water에서 조사한 결과 지점별로 A(매우 좋음)~D(나쁨)등급으로 확인 되었음
- 고현천 설치 횡구조물 31개 조사결과, 용수 미이용 및 하천 내 수량유지를 위해 수문 상시개방 중인 수리구조물 가운데 세굴방지, 낙차보 간 거리 및 하천 유지유량 등 고려 선정된 3개소 철거 등 개선 필요. 낮은 어도 설치율(3.2%)로 인해 종적 연결성이 차단되어 있어 연속성 제고를 위해 농업용수 이용 18개소를 대상으로 생태통로인 어도, 수중보, 자연형 낙차공 등 조성 필요

낙동강 자연성 회복 구성(안) 수립 연구용역

<표 4-25> 시설물(횡구조물) 조사결과 예시

구 분	하폭 (m)	제원(m)			수리조건				용수 이용	어도 유무	보간거리 (m)	개선 대상
		길이	너비	높이	수심 (m)	수폭 (m)	유속 (m/sec)	유량 (m³/sec)				
제2낙차보	113	220.6	1.0	2.0	0.82	220.6	0.007	1.266	○	X	597	어도

※ 보현산댐 고현천 하천환경조사 및 건강성 제고방안 연구(K-water, 2020)



<그림 4-37> 고현천 현황조사 지점 및 수리구조물 위치도

- 고현천 ‘19년~’20년 10개 지점 대상 어류조사 결과, 총 6과 23종 1,496개체가 출현, 우점종 참갈겨니(385개체, 55.1%), 아우점종(156개체, 22. %) 피라미로 우점종과 아우점종 개체수 2배 이상 차이로 인해 참갈겨니 목표종 선정
- 건강성평가 결과를 바탕으로 고현천 용수 미이용 13개소 중 낙차보 3개소를 선정하여 여건에 따라 적절한 보 개선 및 농업용수 이용 낙차보 중 보의 높이가 상대적으로 높은 2개소(H=3.3~4m)를 선정하여 어도 설치방안 제시
- 유량과 여울 등이 양호한 보현산댐 상류 7개소와 어도 설치 1개소, 가동보 및 징검다리보는 수생태계 연속성이 확보되어 존치시키며, 낙차보 대비 어도 설치율이 낮아(31개소 중 1개소) 시범사업의 지속 성과분석과 확대 필요

IV. 목표별 추진 방향

<표 4-26> 적용구간 예시

구 분		낙차보길이 (m)	낙차보간거리 (m)	유량 (m³/sec)	적용방법
보 개선	제22낙차보	31.7	640	0.852	존치 후 개선
어도 설치	제 12낙차보	75.3	1,219	1.117	일반콘크리트어도 (아이스하버식)

※ 보현산댐 고현천 하천환경조사 및 건강성 제고방안 연구(K-water, 2020)

□ 어도 설치 2개소 및 낙차보 개선 3개소 개략사업비 산정

<표 4-27> 개략사업비 예시

항목별	개소수	소요액(백만원)	세부 산정내역
아이스하버식 어도 설치	2	932	466,000,000원 × 2
낙차보 개선	3	150	50,000,000원 × 3

※ 보현산댐 고현천 하천환경조사 및 건강성 제고방안 연구(K-water, 2020)

□ 재원 확보방안 : 생태하천복원사업, 시책사업 등과 연계를 통한 재원 확보

○ 생태하천복원사업은 생태이동통로 조성 및 개선, 오염하천(건강성등급 D등급) 개선 등 환경부에서 국비 50%, 지방비 50%로 수행하는 사업이며, 제방 축조 및 하천시설물 정비사업은 광역지방자치단체장이 수행하는 사업으로 자체 예산으로 수행하거나 기획재정부에서 국비를 받아 추진함. 기타 수질 개선사업으로는 환경부 주관으로 지방자치단체에서 신청하는 우리마을 도랑 살리기사업과 물이용부담금을 이용하는 비점오염저감사업인 지천 살리기 사업 등 공모사업이 있음

마. 기대효과

□ 자연적 물 흐름 회복으로 유수생태계 재생 및 회유성생물 이동, 비회유성 생물의 서식처 질 향상을 통해 수생태계 종적 연속성 확대 가능

낙동강 자연성 회복 구성(안) 수립 연구용역

4.3.1.3 본류(중·하류 중심)의 종적 연속성 회복

가. 현 황

- 낙동강 본류에 설치된 13개의 어도는 K-water가 운영관리하는 10개소는 구미보 1개, 칠곡보 1개, 달성보 2개, 합천창녕보 2개, 창녕함안보 2개, 낙동강하구둑 2개와 경북 봉화군의 삼동·분천·석포 3개소임(국가어도정보시스템, 2020)
- 이외에도 상주보 1개, 낙단보 1개, 강정고령보 2개의 어도가 있으나 국가어도정보시스템에는 누락되어, 표준화된 어도 현황 파악이 어려운 실정임

<표 4-28> 4대강 다기능보 어도 설치현황

보 명	형 식	설치년도 위치	보 명	형 식	설치년도 위치
상주보	인공하도식 (자연형)	2012년 우안	달성보	인공하도식 (자연형)	2012년 좌안
낙단보	복합형 (인공하도+아이스하버식)	2012년 우안		아이스하버식	2012년 우안
구미보	아이스하버식	2012년 우안	합 천 창녕보	복합형 (인공하도+아이스하버식)	2012년 좌안
칠곡보	복합형 (인공하도+아이스하버식)	2012년 좌안		볼랜드식	2012년 우안
강 정 고령보	인공하도식 (자연형)	2012년 좌안	창 녕 함안보	계단식	2012년 좌안
	아이스하버식	2012년 우안		아이스하버식	2012년 우안

□ 또한 환경부의 어류 건강성 조사결과, 낙동강 본류 구간 어류평가지수는 평균 34.6(D등급, 나쁨)으로 C등급(보통)과 D등급(나쁨)이 대부분을 차지함

<표 4-29> 낙동강 본류 어류평가지수

조사지점수 (개)	어류평가지수(FAI)		등급별 구간 수(%)				
	평균	등급	매우 좋음 (A)	좋음 (B)	보통 (C)	나쁨 (D)	매우나쁨 (E)
38	34.6	D	1(2.6)	1(2.6)	12(31.6)	20(52.6)	4(10.5)

IV. 목표별 추진 방향

<표 4-30> 어류평가지수 등급별 구분

등급	표시색	환경상태	어류평가지수(FAI)
A	파랑	매우 좋음	80 ≤ ~ ≤ 100
B	초록	좋음	60 ≤ ~ < 80
C	노랑	보통	40 ≤ ~ < 60
D	주황	나쁨	20 ≤ ~ < 40
E	빨강	매우 나쁨	0 ≤ ~ < 20

※ 어류평가지수(FAI) : 출현어종의 식성 특성, 내성도 특성, 서식지 특성을 적용하여 8개 건강성 평가항목에 따라 산정 후 총합 100점으로 계산



<그림 4-38> 낙동강 대권역 어류 평가결과(환경부, 2019)

- 하천 정비로 인한 하도 직강화로 본류 구간의 자연적인 중형사주 항목은 지류 등에 비해 매우 낮으며, 서식처 특성 평가결과 본류 대부분 구간에서 횡구조물이 없거나 어도 설치에 잘 되어 있는 것으로 나타남

<표 4-31> 본류 하천 특성평가

조사 지점수 (개)	종적특성 (최대값 35)	하천 종적 특성평가		서식처 특성 (최대값 90)	하천 서식처 특성평가		
		자연적인 중형사주 (최대값 10)	하도정비 및 특성자연도 (최대값 25)		유속다양성 (최대값 30)	저질상태 (최대값 30)	횡구조물 (최대값 30)
38	9.3	1.1	8.3	45.4	7.4	10.9	27.1

※ 낙동강 대권역 하천 수생태계 현황조사 및 건강성평가(환경부, 2019)

낙동강 자연성 회복 구성(안) 수립 연구용역

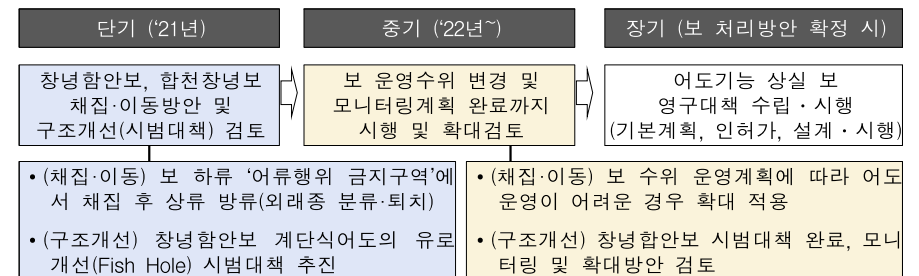
나. 문제점

- 낙동강 본류 강정고령보와 달성보, 합천창녕보 수문개방으로 인한 보 수위 저하로 어도 기능이 상실되어 산란시기 상·하류 간 어류 이동 제약 발생함에 따라 수위 변화 시에도 어도 운영이 가능한 개선방안 수립 필요
- 산란을 저하, 개체군 크기 감소, 특이종 우점 및 다양성 감소 등으로 인한 문제로 어업 민원 발생 우려
- 특히 낙동강유역은 보 처리방안이 아직 확정되지 않아 4대강 보 운영수위에 따른 어도 개선 추진을 위해 영구대책(수위변동형, 펌프설치·운영, 하상굴착·갑문형)과 임시대책(채집·이동, fish hole, siphon)으로 나누어 검토 및 시행할 수 있도록 어도 개선 추진 로드맵 등을 통한 사전검토가 요구됨

다. 추진방향

- 지류 부문에서 언급한 종적 연속성 확대를 위한 기본방향과 법·제도적 정비 및 어도 협력사업 발굴 및 추진 내용은 본류에도 동시에 적용되는 기본전략임
- 낙동강 본류 중 문제점에서 검토되었던 4대강 보 어도 개선에 초점을 맞추어 단기·중기·장기로 나누어 심층 추진전략 수립이 필요함

<표 4-32> 기간별 4대강 보 어도 추진전략(안)



- 단기대책은, 1안으로 채집·이동 중심의 소상어류 상류 이동방안으로 임시 Pipe 활용 유인수 공급방법과 2안으로 유로 개선(Fish Hole)으로 인한 효과 검증 등을 위한 시범대책 추진을 들 수 있음

IV. 목표별 추진 방향



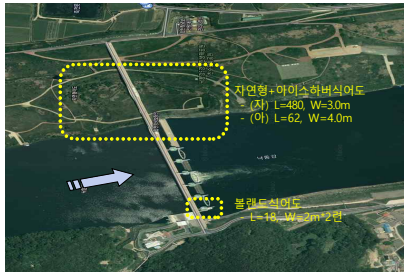
<채집 및 이동>



<Fish Hole 천공>

<그림 4-39> 어류 채집 및 이동, Fish Hole 천공

- 중기대책으로는, 채집·이동과 구조적 개선방안 시행 및 효과 모니터링으로 2021년 하반기 이후 보 개방 운영수위 변경·확정 시 운영수위 유지기간과 예산 및 보 처리방안 확정시기 등을 고려하여 어도 개선대상과 방안을 검토



<합천창녕보>



<창녕함안보>

<그림 4-40> 합천창녕보 및 창녕함안보 어도 현황



<달성보, 양측벽 적용 가능>



<합천창녕보, 마이스하버식어도 연장>

<그림 4-41> 어도 개선방안 예시

- 장기대책은, 확정된 운영수위에 따라 어도 기능이 상실되는 보 및 상시개방 시 종적 연속성 확보가 필요한 보에 대한 영구 개선방안을 마련하는 것임

낙동강 자연성 회복 구성(안) 수립 연구용역

라. 시범사업(안)

- 낙동강 본류 자연성 회복을 위한 보 운영 모니터링 계획에 따라 보 운영수위를 조절하고, 일시적인 어도 기능 상실 및 향후 보 처리방안을 고려한 단계적 어도 개선방안 마련으로 어류 이동 안정성 확보

- 단·중기 방안으로, 임시개방 보 중 어류산란기 어도 기능이 상실되는 창녕함안보를 중심으로 개선방안 추진 및 기타 보로 확대하고, 장기 방안으로 보 운영방안이 확정되는 시기 및 운영수위 등을 고려하여 영구대책 마련·추진

- 단기대책('21년) 제시

- (1안) 채집·이동 중심의 소상어류 상류 이동 - 임시 Pipe 활용 유인수 공급
- (2안) 구조적 개선을 통한 시범대책 검토
- Fish Hole(창녕함안보 어도 기능 회복) 계획 검토 및 효과 검증 필요

- 단기대책 개략사업비(안)

<표 4-33> 본류 하천 특성평가

조사 지점수 (개)	종적특성 (최대값 35)	하천 종적 특성평가		서식처 특성 (최대값 90)	하천 서식처 특성평가		
		자연적인 중월사주 (최대값 10)	하도정비 및 특성자연도 (최대값 25)		유속다양성 (최대값 30)	저질상태 (최대값 30)	횡구조물 (최대값 30)
38	9.3	1.1	8.3	45.4	7.4	10.9	27.1

※ 낙동강 대권역 하천 수생태계 현황조사 및 건강성평가(환경부, 2019)

<표 4-34> 단기대책 개략사업비(안)

구분	소요예산	주요 내용
채집·이동	47백만원	• 창녕함안보(2개월), 합천창녕보(0.9개월) 시행 기준 - 정치망 1EA 설치, 어류채집 및 선별·이동(2인1조:2인), 선박(선장, 어창 포함) 및 이동차량 대여
Fish Hole 계획 및 설계	45백만원	• 창녕함안보 계단식어도 개선 설계(사업비 75백만원) - 어류전문가 자문, 구조검토(5), 수치해석(30백만원) 포함
소 계	92백만원	-

IV. 목표별 추진 방향

□ 중기대책('22년~) 제시

- (합천창녕보, 창녕함안보) 채집·이동, 구조적 개선방안 시행 및 효과 모니터링
- 보 개방 운영수위 변경·확정 시('21년 하반기 이후) 어도 개선대상 및 방안 검토
- 운영수위 유지기간, 예산(채집 vs 구조개선), 보 처리방안 확정시기 등 고려

○ 잦은 수위 변동 및 보 처리방안 확정 전까지 채집·이동 지속 시행

- 어도 운영 가능수위 미적용 시(강정고령·달성·합천창녕·창녕함안보)
- 구조적 개선(임시대책) 어려운 경우 보 처리방안 및 영구대책 적용시까지 시행 필요

○ 구조적 개선대책으로 창녕함안보 시범대책(Fish Hole) 완료 및 확대 검토

- 창녕함안보 Fish Hole 설치완료, 개선효과 모니터링 및 효과 검토
- 운영효과, 운영수위 등을 고려하여 확대방안 검토를 통한 시행계획 수립

○ 중기대책 개략사업비(안)

<표 4-35> 중기대책 개략사업비(안)

구분	소요예산	주요 내용
채집·이동	168백만원	<ul style="list-style-type: none"> • 강정고령·달성·합천창녕·창녕함안보 각 2개월 : 42백만원 × 4개보 - 정지망 5EA 설치, 어류 채집 및 선별·이동(2인1조 : 4인) - 선박(어창 포함) 및 이동차량 대여
Fish Hole	75백만원	• 창녕함안보 계단식어도 개선
시행 설계	10백만원	• 합천창녕보 하류 어도 유입부 개선(관리수위 확정 or 장기화 시)
소 계	253백만원	-

□ 장기대책(보 처리방안 확정 시) 제시

- 확정된 운영수위에 따라 어도 기능이 상실되는 보 및 상시개방 시 종적 연속성 확보가 필요한 보에 대한 영구 개선방안 마련 필요

○ 보 처리방안 확정 후 유지·운영되는 보 중 종적 연속성 확보가 필요한 보에 대한 종합계획 수립

낙동강 자연성 회복 구성(안) 수립 연구용역

- 각 보의 어도 개선방안에 대한 종합계획 수립 용역을 통한 기본계획 시행

- 하천관리청 및 지방자치단체 협의 및 인·허가 추진

- 각 보별 개선계획을 포함한 실시설계 및 사업 시행

○ 주요 개선방안별 개요

<표 4-36> 장기대책의 개선방안별 장단점 및 개략공사비(안)

개선방안	사례 사진 / 모식도	장점 및 단점	개략 공사비
채집·이동		<ul style="list-style-type: none"> • 포획(산란기) 및 선별(외래어종 퇴치) 후 상류 방류 • 다양한 어종 이동 가능 • 지역어민, 전문가 활용한 지역협력사업 추진 • 운영매뉴얼 부재 및 상시운영 불가능 	0.4억원 (2개월)
Fish Hole 천공		<ul style="list-style-type: none"> • 기존 어도 활용 및 가물막이 불필요 • 보 상류에 설치된 형태(Set-Back형)만 가능 • 시공 및 연구사례 없음 	1.2억원 (1개소)
어도연장		<ul style="list-style-type: none"> • 운영수위 및 보처리방안 확정 후 시행 가능 • 하류수위에 따라 운영수위까지 연장 필요 • 하천 홍수 등에 대한 안정성 검증 및 확보 • 보 운영 시 가물막이 등 가시설 필요(미포함) 	1.2억원 (10m 연장)
Fish Siphon		<ul style="list-style-type: none"> • 유인수로(EL.5.0m 이상 시 정상운영)에 설치(D300) • 어도 및 유인수로(계단식어도)로 활용 가능 • 운영 안정성 위한 추가시설 필요(홍수기 유지관리) 	0.85억원 (1개소)
수위 연동형		<ul style="list-style-type: none"> • 수위 따른 어도 높이 조절로 상시 어도 기능 확보 • 높이차가 클수록 사업비 및 규모 증가 • 시공사례 부족 및 신뢰도 낮음 • 시범사업 통한 효과검증 후 점진적 확대 	133 ~ 153억원
수중펌프 설치·운영		<ul style="list-style-type: none"> • 수조 및 수중펌프설치로 어도 용수공급 및 운영 • 공사비 저렴 및 기간 최소화 • 전력비 등 유지관리비(약 11백만원/월) 소요 	10억원
하상굴착 및 감문형		<ul style="list-style-type: none"> • 전력비 등 유지관리비 최소화 • 하상굴착 및 수문설치로 공사비 고가 • 하도깊이 증가에 따라 방문객 안전사고 위험 증가 	100억원

마. 기대효과

- 자연형 어도 수조(POOL) 조성 시 환경오염 및 민원이 감소하며, 어도 수조 및 수중펌프를 이용한 어도 용수공급으로 수위 저하 시에도 어류 이동 가능하며, 수위연동형 어도 설치 시 수위에 따라 어도 높이가 조절되는 수위연동형 어도를 제작하여 수위 변화에도 상시 어도 기능 확보가 가능함에 따라 하천의 종적 연속성 확대
- 유량 제어 및 어도 기능성 확대, 지역주민 소득 증대 및 외래어종 퇴치 가능

4.3.1.4 낙동강 하구 기수생태계 복원

가. 현 황

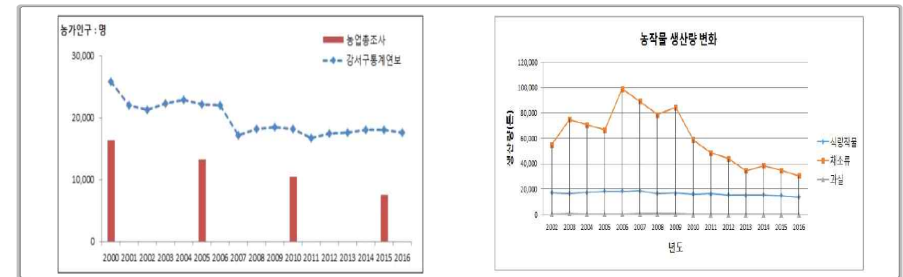
- 낙동강하굿둑 개방은 국정운영 5개년 계획 국정과제(국정과제 59번, 실천과제 ④ “낙동강 수질·수생태계 단절해소를 위한 하굿둑 시범 수문개방”)로 반영되었으며, 과제 수행을 위해 ‘낙동강 河口 환경관리를 위한 실무협의회’를 구성하여 운영 중(‘17.7~)
- 『낙동강하굿둑 운영개선 및 생태복원 방안 연구용역』 1단계(‘18.1~‘18.11) 및 2단계(‘19.3~‘21.4)를 완료하였으며, 5개 기관을 중심으로 3차례의 실증실험을 완료(‘19. 6~‘20.7)하여 하구 기수생태계 복원을 위한 계획 수립 중
- 용역 추진현황과 계획을 이해관계자와 공유하고 의견을 수렴하기 위하여 부산시 주관으로 민관협의체 운영 중 (‘19.8.22’)

<표 4-37> 민관협의체 구성 현황



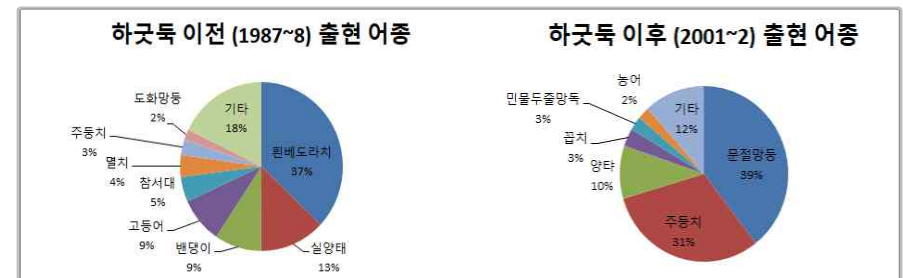
나. 문 제 점

- 낙동강 하구의 경제·생태 기능 동반 저하
- 지난 10년간 농작물 생산량 감소 등 농업 비중이 낮아지고 있으며, 동 지역 도시계획과 맞물려 가속화될 전망
 - * 에코델타시티, 서부산유통단지, 명지국제신도시 등(~'23년 개발완료 예정)



<그림 4-42> 농가인구 및 농작물 생산량 변화

- 생태적 변화는 하굿둑으로 인해 담수-염수의 소통이 차단되어 출현 어종이 단순화되고 기수어종이 사라지는 등 생태 기능 저하



<그림 4-43> 하굿둑 건설 전·후 출현 어종

- ⇒ ‘인간·자연의 공존사회 구현’이라는 그린뉴딜과 탄소중립에 발맞추어 농업·경제·생태 모두에 활력을 넣는 하구기능 복원 필요
- ⇒ 하구복원을 추진하기 위해서는 다원화된 물관리를 연계하여 수량, 수질, 수생태를 모두 아우르는 통합물관리 추진이 필요

다. 추진방향 및 시범사업(안)

① 낙동강 하구 기수생태계 복원

□ 기본방향

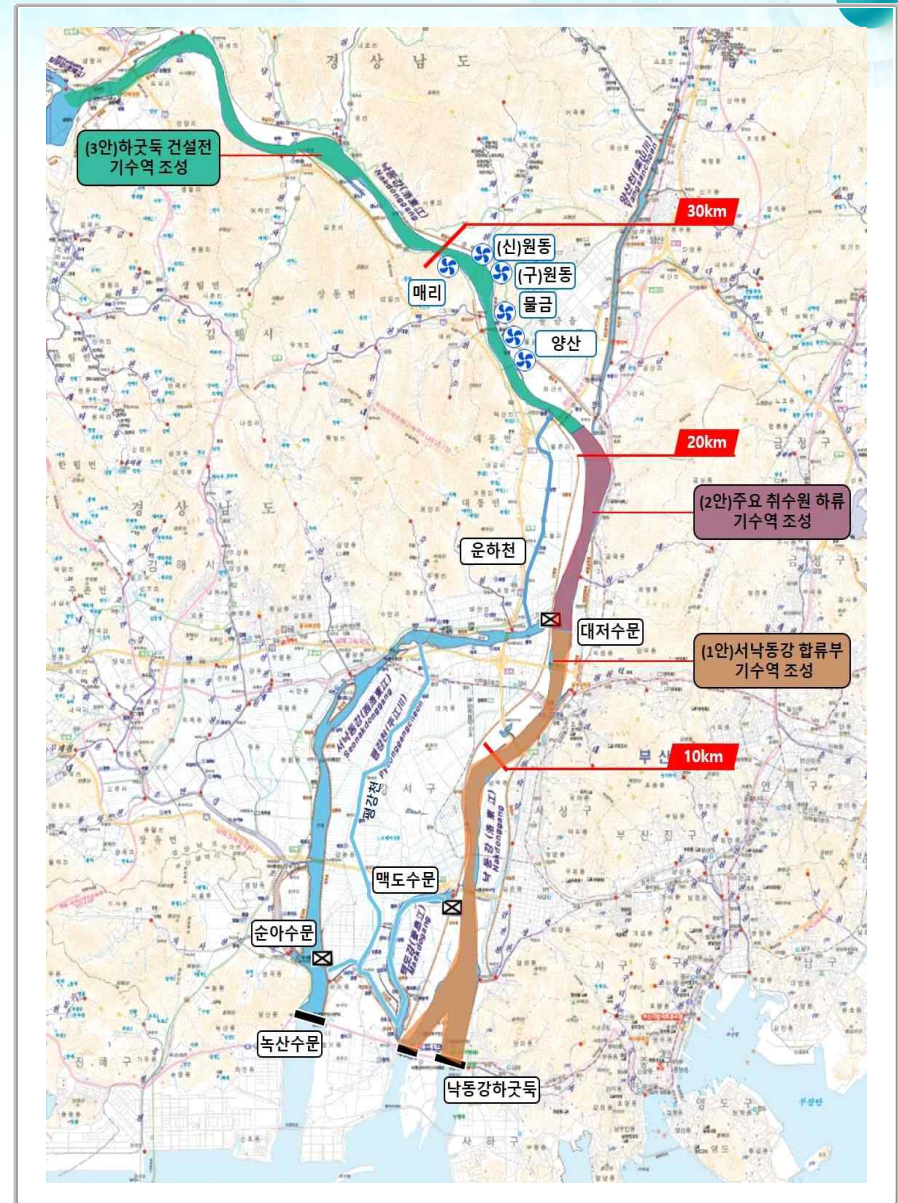
- 낙동강하굿둑의 본래 기능(용수공급, 농업 염해방지 등)을 유지하면서, 사회적 요구(농업+생태+경제)에 부합하도록 단계적 기수역 복원
- 생물다양성이 높은 양질의 기수생태계를 조성함과 동시에 지역주민과 생태복원 효과를 공유하여 생태·주민간 상생방안 마련

□ 조성범위

- 서낙동강지역 농업용수 공급에 영향을 미치지 않는 서낙동강유입부 하류범위까지(10~12km 내외) 기수환경을 조성
- 부산, 울산 등 주요 도시에 용수를 공급하고 있는 취수시설에 영향을 미치지 않는 범위(하굿둑 상류 20km 이내)까지로 범위 한정
- 향후 전면 개방 시 하굿둑 건설 전과 유사한 환경(연어, 장어 등 회기종 서식)이 될 수 있도록 추진

□ 수문개방

- 수문을 지속 개방하되, 개방 정도를 조절하여 하천수위를 유지하고 염분 확산 범위 조정하는 수위유지방식으로 개방
- 수문을 상시 개방하되 조위에 따라 하천수위·염분변화가 발생하는 환경을 조성할 수 있는 수위변동방식으로 하굿둑 건설 전 환경으로 회복될 수 있도록 환경 조성
- 소조기 때 수문 아래를 개방하여 바닷물은 유입되지 않고 물고기는 둑 내외로 소통하는 생태소통방식 추진



<그림 4-44> 하굿둑 기수역 조성(안)

② 낙동강 하구 통합물관리

- 낙동강 하구에는 하굿둑을 비롯해 서낙동강 수문, 취수장, 양배수장, 배수펌프장, 농수로 등 다양한 수리 시설물이 존재하고, 각 시설물은 다양한 주체(부산, 경남, K-water, 농어촌공사 등)가 각자 목적에 따라 개별관리 중
- 또한 부처별 기능에 따라 관리체계가 분산되어 통합적인 생태 공간으로서의 관리·운영이 어려운 실정
- 하구의 공통 물문제 해결을 위해서는 다원화된 물관리 체계를 통합하여 유기적으로 운영하는 아래와 같은 하구통합물관리 추진 필요

<표 4-38> 낙동강하구 통합물관리 추진방향

비 전	자연을 보전하고 인간을 이롭게 하는 낙동강 하구	
목 표	낙동강하구 통합물관리를 통한 스마트 물순환 회복 하굿둑 개방을 통한 건강한 기수생태계 복원	
추진방향	<ul style="list-style-type: none"> ▣ 수량(이·치수), 수질, 생태 전반을 아우르는 통합물관리 체계 구축 ▣ 기수생태계 복원을 통한 지속 가능한 하구 실현 ▣ 기수역 조성과 더불어 수질·수생태 가치를 높이는 하구환경 개선·보전 ▣ 국민의 참여와 공감대를 기반으로 성공적인 하구통합물관리 추진 	
추진전략 및 추진과제	추진전략	추진과제
	1. 하구 통합물관리	1.1 모니터링 확대 1.2 물정보 공유플랫폼 고도화 1.3 하구통합물관리시스템 구축 1.4 법·제도·기준 마련 1.5 『하구통합운영센터』 설치 1.6 조사·연구
	2. 하굿둑 개방	2.1 하구 기수생태 복원방안 확정('20년) 2.2 개방대비 대책시행('21년~) 2.3 시범운영('21년) 및 상시운영('22년~)
	3. 수질·수생태 건강성 회복	3.1 서낙동강 수질개선 3.2 생태복원 및 평가 3.3 생태 관광·문화 활성화
	4. 거버넌스 및 소통·홍보	4.1 거버넌스 활성화 4.2 국민 소통 및 홍보

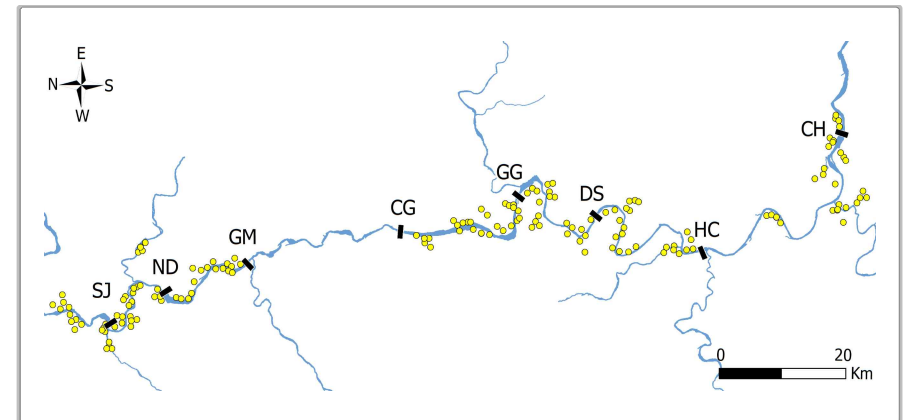
라. 기대효과

- 낙동강 하굿둑으로 단절된 하구에 하굿둑 개방을 통한 기수생태계를 조성하여 지속 가능한 하구의 환경적 가치를 증진
- 자연과 사람을 아우르는 체계적이고 지속 가능한 로드맵 실행을 통해 성공적인 낙동강하구 통합물관리 실현 및 합리적인 하구 기수생태계 보전

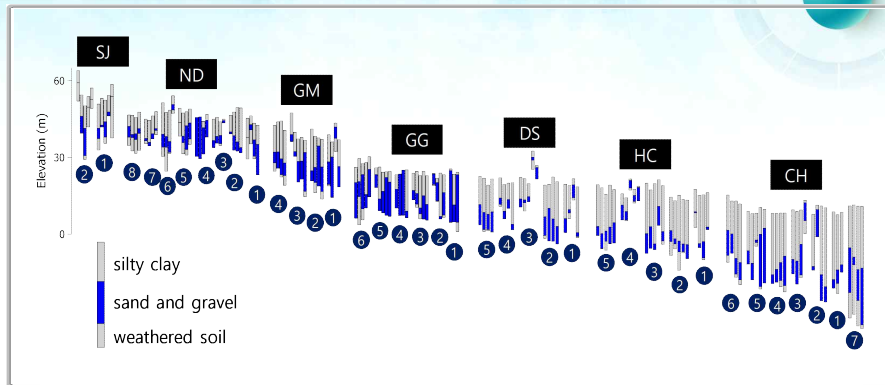
4.3.1.5 하천 수위 변동에 따른 지하수 활용성 확보

가. 현황 및 문제점

- 보 개방에 따른 지하수 장애 우려지역을 선별하여 낙동강의 8개 보 가운데 칠곡보를 제외한 7개 보의 상류에 위치한 37개 농경지(충적층)를 대상으로 지표수 변화에 따른 지하수유동을 검토
- 시추조사 결과, 낙동강 상류 지역에서는 충적층 하부에 선크브리아기 편암 및 편마암, 중생대 주라기 편마상 화강암, 세일 등이 분포하며, 중류 및 하류지역은 중생대 역암 및 세일, 화성암이 분포함



<그림 4-45> 낙동강 37개 과업지역 시추조사 위치도



<그림 4-46> 낙동강 37개 과업지역 총적층 두께 및 고도 변화

- 환경부는 2017년 6월부터 4대강의 수질 개선과 수생태계의 자연성 회복을 목적으로 4대강의 보 수문을 단계적으로 개방하고 있으며, 이 과정에서 일부 농경지의 지하수 취수량이 감소하는 피해가 발생
- 보 개방으로 지하수위가 내려가면 관정에 설치된 펌프의 종류 또는 대수층(시스템)의 특성에 따라 다양한 방식으로 관정의 양수량이 감소

나. 추진방향

- 지하수 이용 현황 분석
 - 과업지역에서 이용하는 지하수 관정은 총 5,941개이며, 강정고령보와 창녕함안보 지역에서 상대적으로 많은 관정이 이용되고 있으며, 특히 강정고령보 지역은 단위면적당 관정수도 가장 높은 것으로 나타남
 - 관정 용도별 이용현황을 살펴보면, 농업용 관정이 4,364개(68%)로 대부분을 차지하며, 다음으로 생활용이 1,823개(28%)로 많이 이용
 - 암반 관정(2,148개)이 총적 관정(842개)보다 훨씬 많았으며, 전체적으로 지상펌프(1,966개)보다 수중펌프(2,434개)를 더 많이 이용
 - 낙동강 상류의 상주보, 낙단보 및 구미보 지역에서는 지상펌프 이용비율이 높으며, 하류의 강정고령보, 달성보, 합천창녕보 및 창녕함안보 지역에서는 수중펌프 이용비율이 높음

- 지하수 이용량은 총 59,136 m³/d, 관정당 평균이용량은 10.0 m³/d으로 분석되었으며, 관정 밀집도가 높은 강정고령보와 창녕함안보 지역이 상대적으로 높았다. 한편, 관정당 평균이용량은 강정고령보, 창녕함안보와 함께 달성보의 일부지역에서도 높게 나타남

다. 시범사업(안)

- 지하수 흐름 모델 설계 및 예측
 - 보 개방에 따른 지하수 영향을 평가하기 위하여 Visual MODFLOW를 이용하여 37개 과업지역에 대한 지하수 흐름 모델을 개발
 - 과업지역의 지형, 지질, 수문 관측 자료, 시추조사 및 양수시험을 통해 획득한 대수층의 구조와 특성 자료 등을 종합하여 모델을 설계
 - 관측된 지하수위 자료를 이용하여 모델 보정을 수행하였으며(정류모델), 보정된 모델을 이용하여 보 개방에 따른 지하수 흐름계 변화를 예측
- 지하수 장애 우려 지역에 대한 지역별 상황에 맞는 용수공급 대책 마련이 필요하며, 이를 위해 관측정 추가 설치를 통한 지하수 모니터링 체계를 강화하고 관정 전수조사, 이용량 조사 등이 선행되어야 함
- 농업용 지하수의 경우 용수 공급 대책으로 선택할 수 있는 대안이 다양하지 않으나, 적용할 수 있는 대안은 대체관정 개발, 인공함양, 지표수 수원공 개발 3가지 방법을 적용할 수 있음

라. 기대효과

- 보 개방에 따른 지하수 이용 장애 평가로 대체 수자원 확보 근거 마련 가능
 - 37개 지역의 지상펌프 설치 관정은 총 2,283개이며, 이 중 295개(13%) 관정은 보 개방 전에도 이용 장애가 발생하며, 보 개방 시 478개(21%)가 증가하여 총 773개(34%) 관정에서 지상펌프 이용 장애가 발생하는 것으로 분석

4.3.2 황적 연속성 회복

가. 현 황

- 하천의 황적 구조 및 기능
 - 자연하천은 침식, 퇴적, 운반의 물리적 작용이 오랫동안 반복되는 과정을 통해 형성되고 수역, 사주, 식생대 등으로 구분되며 식생대는 수중권, 수변권, 고수부지권, 하천제방권, 산지식생대순으로 구분됨
 - 하천의 황적 구조를 통해 자연정화, 생물 서식처 제공, 육상·수생태계 전이대 기능 외에 심미적 가치 및 문화공간 제공, 범람시 자연제방 등의 기능을 함



<그림 4-47> 하천의 단면 구분

- 국내에서는 산업화, 도시화에 따른 하천 직강화, 제방·호안 설치 등에 따른 조절 하천화로 자연적 지형구조를 유지하고 있는 하천이 매우 적음
- 또한 침투홍수량 홍수 및 유사공급 억제 등으로 불안정 하도로 변화되었으며 기존의 모래, 자갈 이동상 사주의 형태는 고정화되고 하도구간에서 대규모 식생역이 활착하는 등 하천 고유의 황적 생태계 구조를 변형시킴



<그림 4-48> 낙동강 검암지구 안동댐 건설 전(좌) 및 건설 후(우) 항공사진 비교

나. 문제점

- 하천의 황적 연속성 진단을 위해서는 지형, 생태, 토지이용 등 광범위한 조사가 필요하며 다양한 요소의 상호작용으로 이루어지는 복잡계인 하천의 공간 특성, 차수별 형상 등 고려시 표준화된 평가에는 어려움이 따름
- 낙동강 수계는 전반적으로 건강성은 좋음~보통으로 평가, 도심지 지점은 수중생물에 의한 건강성 뿐만 아니라 서식 및 수변환경 분야에서도 건강성이 낮게 평가된 것으로 미루어 볼 때 하천 직강화, 하천주변 토지이용에 따른 오염원 유입과 서식처 교란에 의한 영향이 큰 것으로 판단
- 서식수변환경지수(HRI) 등급은 5대강 중 가장 낮은 지수를 보였고, 나쁨 23%와 매우나쁨 2.7%로 많은 지점의 건강성이 상대적으로 낮게 나타남

<표 4-39> 2019 수계별 서식수변환경지수(HRI) 및 등급 분포

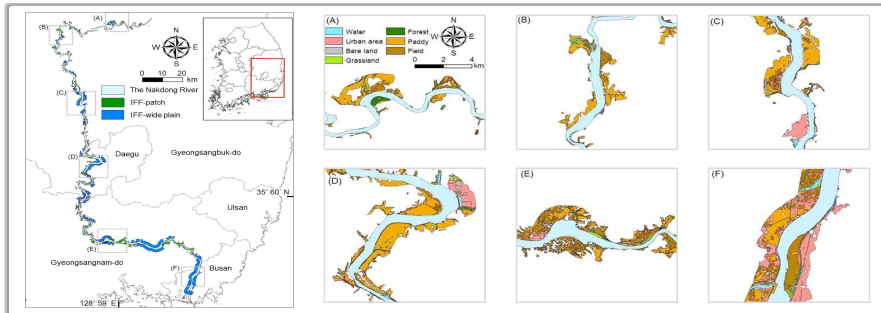
대권역명	조사 지점수(개)	HRI		등급별 지점수(%)				
		평균	등급	매우 좋음 (A등급)	좋음 (B등급)	보통 (C등급)	나쁨 (D등급)	매우 나쁨 (E등급)
낙동강	300	51.8	보통	17(5.7)	69(23.0)	137(45.7)	69(23.0)	8(2.7)
한강	444	58.3	보통	51(11.5)	148(33.3)	180(40.5)	62(14.0)	2(0.5)
금강	199	53.5	보통	10(5.0)	52(26.1)	103(51.8)	32(16.1)	2(1.0)
영산강	106	53.1	보통	3(2.8)	30(28.3)	56(52.8)	16(15.1)	1(0.9)
섬진강	102	60.7	좋음	7(6.9)	43(42.2)	43(42.2)	9(8.8)	0(0.0)
제주	7	61.4	좋음	2(28.6)	1(14.3)	3(42.9)	1(14.3)	0(0.0)
전국	1,158	55.6	보통	90(7.8)	343(29.6)	522(45.1)	189(16.3)	13(1.1)

- 수변식생지수는 보통(C등급)의 건강성을 보였으며, 상대적으로 매우 좋음(A등급)은 적고 나쁨(D등급) 구간이 많이 나타남

<표 4-40> 2019 수계별 수변식생지수(RVI) 및 등급 분포

대권역명	조사 지점수(개)	RVI		등급별 지점수(%)				
		평균	등급	매우 좋음 (A등급)	좋음 (B등급)	보통 (C등급)	나쁨 (D등급)	매우 나쁨 (E등급)
낙동강	252	45.4	보통	18(7.1)	65(25.8)	128(50.8)	37(14.7)	4(1.6)
한강	308	44.3	보통	30(9.7)	63(20.5)	152(49.4)	53(17.2)	8(2.6)
금강	159	48.9	보통	24(15.1)	35(22.0)	87(54.7)	12(7.5)	1(0.6)
영산강	77	51.1	좋음	15(19.5)	16(20.8)	40(51.9)	6(7.8)	0(0.0)
섬진강	78	50.6	좋음	15(19.2)	18(23.1)	39(50.0)	5(6.4)	1(1.3)
제주	6	38.3	보통	0(0.0)	1(16.7)	4(66.7)	0(0.0)	1(16.7)
전국	880	46.5	보통	102(11.6)	198(22.5)	450(51.1)	113(12.8)	15(1.7)

- 격리/차단된 제내지 하천환경의 연계 평가 연구(국토교통부, 2019)에 따르면 낙동강 본류 국가하천 구간인 안동댐에서 하구까지 제내외지 격리 현황 분석 결과, 격리된 과거 홍수터는 총 384지점, 전체면적은 291km²로 조사됨
- 현재 농경지가 73.9%, 시가지지역은 12.7% 등으로 분석되었는데 이용률이 낮고 초지, 수역 및 산지의 비율이 높은 농경지는 하천의 횡적인 구조 복원 대상지로서의 활용이 용이할 것으로 파악됨(조강현 등, 2019)



<그림 4-49> 낙동강 제내·외지 격리 현황

□ 하천 횡적 연속성 관련 제도 현황

- 국내에서 하천 횡적 연속성 증진 도모를 위해 물환경보전법, 4대강 수계법을 통해 상수원 보호, 수생태 보전, 복원 등을 위해 하천, 호소 경계 1km이내 지역을 매수, 조성관리 할 수 있도록 규정하고 있으나 제내지로 한정하고 있음
- 하천법에서도 보전, 복원지구에 대해 하안복원, 홍수터, 제방복원 등 사업근거를 마련하고 있으나 제외지에 한정, 제내지까지 온전한 횡적 복원을 위해 개법안에 따른 복원을 연계 통합할 수 있도록 근거가 마련되어야 함

<표 4-41> 관련 제도 현황

구 분	물환경보전법	낙동강수계법	하천법
내 용	<ul style="list-style-type: none"> 제19조의3(수변생태구역의 매수·조성) 시행령 제25조(수변생태구역 매수 등의 기준 등) 시행령 제31조의4(수생태계 연속성 확보에 필요한 조치 등) 	<ul style="list-style-type: none"> 제4조(수변구역의 지정·해제 등) 제4조의2(수변구역관리 기본계획의 수립·시행) 제4조의3(수변생태벨트 시행계획의 수립·시행) 	<ul style="list-style-type: none"> 제45조(보전지구 등의 관리) 시행령 제25조(보전지구·복원지구 안에서의 사업) 제84조(폐천부지 등의 관리)

다. 추진방향

□ 기본방향

- 기존 하도구간 내 변형된 단면 구조, 하안, 홍수터 등을 복원하고 제외지에 국한된 하천 관리를 극복하여 제방으로 단절된 제내지의 옛 홍수터를 회복하고 궁극적으로는 하천 유역 전체가 복원 대상의 공간이 되어야 함
- 다양한 토지이용 실태 감안, 우선적으로 하천, 호소 훼손, 교란된 제내지 홍수터를 복원하고 단계별로 제내지까지 확대 연계하는 통합형 완충지대를 구축

<표 4-42> 횡적 연속성 회복을 위한 핵심전략

<p>핵심전략 1. 하안 복원 및 수변완충지대 확대</p> <ul style="list-style-type: none"> 하천 제외지의 자연 하상복원, 하폭 확대 및 제내지(수변구역 등 매수토지 적극 이용)와 연결 지역별 통수능, 토지이용 여건에 따라 제방 후퇴, 무제부화, 제방과 하향, 환경사제방 등 검토 자연적인 물질순환, 여과, 서식처 기능 회복, 자연적인 홍수에 스스로 적응, 천이될 수 있는 완충공간 확보 	
<p>핵심전략 2. 기후변화 대응 Green - Blue 네트워크 체계 구축</p> <ul style="list-style-type: none"> GBN(Green-Blue Network) 기법을 반영한 녹색과 청색 요소간의 연결성 증진 수변구역 등 기매수토지, 자연습지, 공원, 산림 등 지역의 그린인프라를 하천 홍수터 수변완충지대와 유기적으로 연결 탄소흡수 증진 및 서식처 네트워크 강화 	
<p>핵심전략 3. 수변완충지대의 생태, 인문자원화</p> <ul style="list-style-type: none"> 수변완충지대 계획시 인문·자연현황과 연계하여 우리강의 문화자원으로 육성 조성운영관리 단계에 주민 거버넌스 기반으로 지역 소득창출에 기여 및 환경보전에 혜택 	

IV. 목표별 추진 방향

□ 하안 복원 및 수변완충지대 확대

- 제외지 중심의 하천홍수터를 공간 개념으로 복원하여 환경사 제방 조성, 하천 폭 확대, 휴경지 매입 등을 통한 제방 후퇴, 천변저류지 조성 등 도모
- 제방후퇴, 자연형 홍수터 확보 등은 제내지 수변구역 등의 기배수 지역과 폐천부지 등 국공유지를 적극 활용하고 도시화, 농경지에 대해서는 매수를 위해 대규모 재정 소요 및 사회적 합의 등을 고려 장기적으로 추진



<그림 4-50> 하폭 확대 및 제방 후퇴 개념

- 하도 내 육역화로 인한 과대 식생대, 낮아진 하상 구조를 복원하기 위해 홍수터를 복원하여 모래, 자갈 사주 등 재현, 유사공급을 장기적으로 추진

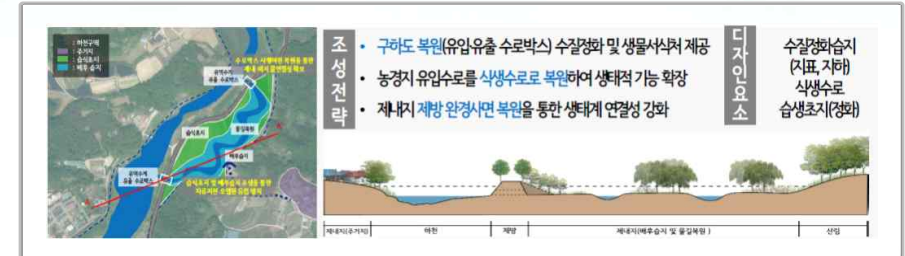


<그림 4-51> 복원 사례(上 : 미국 트리니티강, 下 : 독일 이자르강)

- 하천 제외지와 제내지를 연계한 수변림, 초지, 습지 조성을 통해 수역과 육역간의 생태적 추이대 기능을 하는 통합형 수변완충지대를 확대 복원

낙동강 자연성 회복 구성(안) 수립 연구용역

- 이때 하천 차수, 홍수터·제방 형태 및 제내지의 토지이용 양상을 고려하여 수변완충지대를 유형화하고 대상지별 현황에 맞는 복원사업을 추진

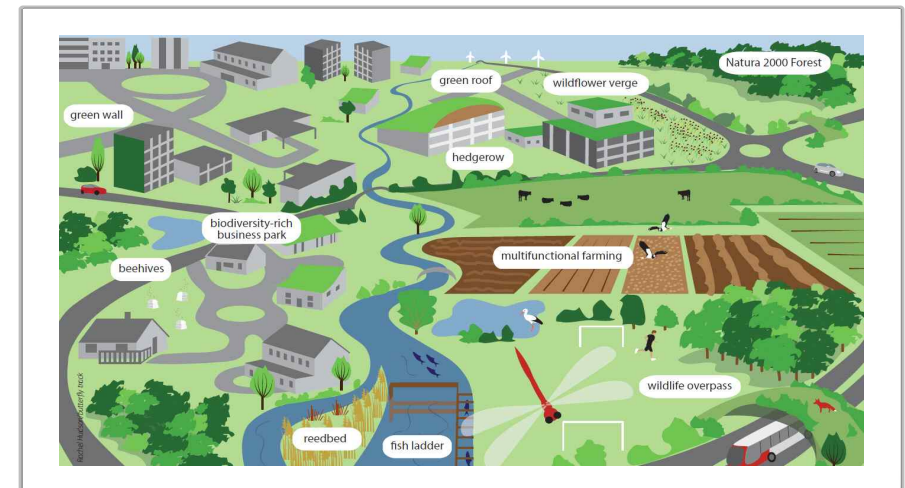


<그림 4-52> 통합형 수변완충지대 모델(예)

□ 기후변화 대응 Green - Blue 네트워크 체계 구축

- 수변구역, 상수원보호구역 등이 인접한 하천, 댐 구간의 경우, 기존 매수토지 등과 단계별로 연결하는 Green-Blue Network형 수변완충지대를 구축

- * (Green-Blue Network, GBN) 하천 등 수공간과 녹지, 생태공원 등 그린인프라와 연결되면서 자연의 연결성이 확대되고, 생태계의 연속성이 확대되는 개념



<그림 4-53> 유역 그린-블루 네트워크 개념 (EU종다양성 전략(Biodiversity Strategy 2011))

IV. 목표별 추진 방향

□ 수변완충지대의 생태, 인문·자원화

- 수변완충지대는 생태네트워크 구축의 거점 역할이 가능한 그린인프라이며, 환경생태적 가치 뿐만 아니라 인문·사회적 가치를 확산시킬 수 있는 자원임
- 생태관광과 생태탐방 등의 공간적 거점으로써, 탐방객들에게 자연생태의 체험, 힐링의 즐거움을 제공할 수 있는 자원임
- 따라서 거점과 네트워크로서의 가치를 확산할 있는 체계적인 전략을 수립하고 실천할 수 있는 수변생태벨트를 조성해야 함



<그림 4-54> 수변완충지대 함양상림 전경

- 수변완충지대의 지속성을 유지하기 위해 직접적 이해당사자인 주민들이 충분한 정보를 공유하고 의사결정에 참여할 수 있도록 인적네트워크를 구축하여 소통과 협력을 통한 복원 추진



<그림 4-55> 유역 거버넌스 체계 및 생태 활동

낙동강 자연성 회복 구성(안) 수립 연구용역

- 지역주민이 직접적으로 참여하는 지역 거버넌스 구성과 함께 친환경 수변완충지대와 연계한 주민 지원사업 및 소득 창출 방안 필요



<그림 4-56> 생태교육 전경

<표 4-43> 수변완충지대를 활용한 지역 거버넌스 사업 예시

구 분	사업명	내용
단기	정화활동	주변 쓰레기 제거, 예·제초 생태계교란종 제거 등
	안내시설물 설치	수변완충지대 개념 및 해설 수변완충지대 현황, 주의사항 등
	조성 공모전	대학생, 일반인, 전문가 등을 대상으로 시행 지역민의 의견을 적극 반영
중·장기	생태계 모니터링	동·식물 변화상 관찰 환경변화 모니터링
	생태계교란종 제거	가시박, 단풍잎돼지풀 등 주요 생태계교란종의 지속적인 제거
	활용 생태 교육	하천, 호소 수변의 기본현황 동·식물상 현황 연계 프로그램 운영
	홍보	SNS, 홈페이지, 팸플릿 등 지역 신문 및 방송 등
	주민역량강화 프로그램 운영	참여자 역량에 맞는 인식→실천→주도의 단계별 맞춤형 교육 실천활동에 필요한 기초적 부분 지원
	주민 감시원	동·식물 포획 및 채취, 쓰레기 불법투기 생태계교란종 제거, 기타 환경 보전 관련 불법행위 감시
	환경 컨설팅	마을 활성화를 위한 지원 및 협력 활성화 프로그램 진행, 컨설팅 및 모니터링

라. 시범사업(안)

- 하도 내 하상 복원은 국내외 관련 기술을 접목하여 적용이 가능하나 제방고 하향, 후퇴 등은 제내지 토지이용 여건 및 사회적 공감대를 바탕으로 단계별 추진 필요
- 제내지와 제외지를 연계한 통합형 수변완충지대는 댐 저수구역내 홍수터 중 경작행위 등으로 호소 수질에 영향을 미치고 생태적으로 교란된 지역과 인근에 기매수된 수변구역 토지를 활용하여 시범사업 추진
 - 낙동강 수계는 안동댐 상류 경북 안동시 도산면 원천리 일원을 선정함
 - 선정된 지역은 제외지 홍수터 주변으로 제내지 복원이 필요한 지역이 위치하고 있으며, 인근 주거지 및 대규모 농경지로 인한 오염 가능성이 높음
 - 또한, 원천리 마을회관 외에 이육사문화관, 퇴계이황선생묘소 등 문화자원이 분포하고 있어 탐방객의 유도 및 홍보가 가능할 것으로 판단되며, 928번 지방도와 직접적으로 연결되어 접근성이 양호함



<그림 4-57> 안동댐 상류 시범대상지 현황(경상북도 안동시 도산면 원천리 일원)

- 기존습지, 월동 조류, 기존 서식 생물 등 주변 생태자원을 고려한 생물서식처 및 정화림, 바이오매스림 조성, 소득창출 작물을 통한 지역주민 상생과 함께 문화유적지를 보전하는 친환경 전통마을로 조성방향을 제시함



<그림 4-58> 안동댐 상류 시범대상지 현장전경(좌) 및 시범사업 조감도(우)

- 하천 구간에서는 낙동강 하구역 및 서낙동강 일원 제시, 낙동강 본류 제내외지 격리 현황 분석 결과, 넓은 개활지에 위치한 과거 홍수터로 농경지와 수역간 완충지대 조성으로 비점오염원 저감, 수생태축으로서의 기능 증진



<그림 4-59> 서낙동강 전경(좌) 및 메릴랜드 주 체사피크만 전경(Bay Journal, 2014)(우)

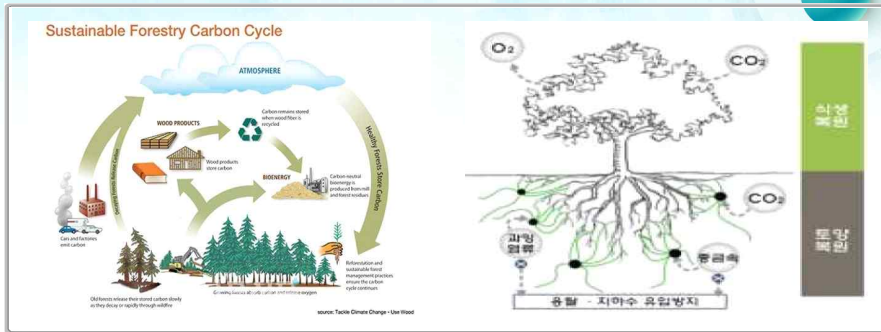
마. 기대효과

□ 강의 생태적 연결성 증진

- 강을 횡적으로 단절시키는 구조물을 줄이고 제방으로 둘러싸인 강폭을 확대하여 강 스스로의 물길 형성을 유도하고 자연적인 유황이 생겨나 강 스스로가 변화와 역동성을 갖게 됨
- 이러한 역동성의 회복은 다양한 산란처, 서식처를 만들어주고 이를 통해 수생태계 건강성 및 생태적 네트워크 증진에 도움을 줄 것으로 기대

□ 생태계서비스 기능 증진

- 탄소 및 비점오염 저감, 생태계 건강성 및 생태적 네트워크 증진, 녹색 일자리 창출, 민·관 협치 등 생태계서비스 측면의 기능 증진 효과가 기대됨



<그림 4-60> 수목활용을 통한 탄소저감 모식도

4.3.3 자연유황의 회복

가. 현황

□ 자연유황의 변동

- 상류의 댐·저수지에서 방류량을 조절해 중·소규모의 홍수가 줄어드는 등 하천 흐름의 변화를 나타내는 유황이 단순해지고 있음
- 댐·저수지의 건설에 따른 저류량 증가, 방류량의 인공적인 조정 등으로 인해 건설 전·후 하천의 유량변동계수(최대유량/최소유량)는 감소하는 형태

<표 4-44> 5대강 주요지점 유량변동계수 변동 현황

하천명 (지점)	유량변동계수		
	댐 건설전*	'80~'90**	'95~'14***
한강 (한강대교)	390	90	115
낙동강 (진동)	372	260	101
금강 (공주)	300	190	71
섬진강 (송정)	390	270	272
영산강 (나주)	320	130	214

【주】 * 한강 '19~'43, 낙동강 '19~'27, 금강 '18~'79, 섬진강 '18~'64, 영산강 '16~'75 자료 이용
 ** 『댐건설로 인한 5대수계 본류의 유황변화 분석』(대한토목학회 논문집 제13권 제3호, 1993)
 *** 한국수문조사연보 자료('95~'14)를 이용하여 지점별 유량변동계수를 산정

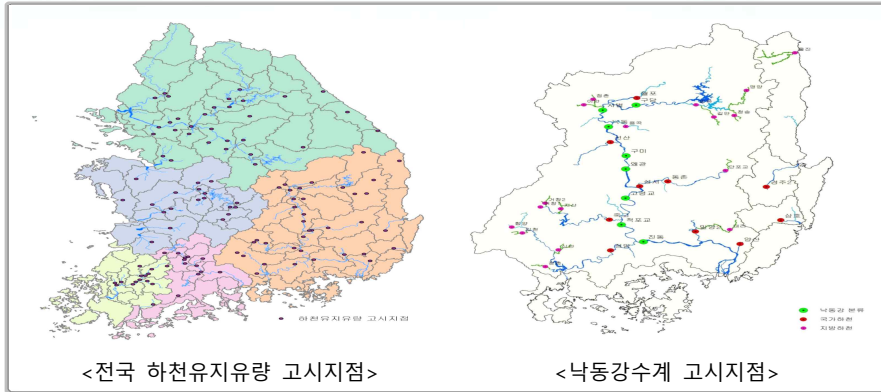
※ 수자원장기종합계획(국토교통부, 2016)

□ 하천유지유량 확보

- 하천의 다양한 기능들이 조화롭게 유지될 수 있도록 하천을 종합적으로 계획하고 관리하기 위해 하천유지유량 개념 도입
- 하천유지유량은 「하천법」상 생활·공업·농업·환경개선·발전·주운 등의 하천수 사용을 고려하여 하천의 정상적인 기능 및 상태를 유지하기 위하여 필요한 최소한의 유량으로 정의되고 있으며, 하천유지유량의 확보를 위해 국가는 하천유지유량 제도를 도입('99) 및 고시(주요하천 분류 '06, 주요지류 '15)

IV. 목표별 추진 방향

- 전국 하천유지유량 고시지점은 114개소로, 한강 33개소, 낙동강 35개소, 금강 18개소, 영산강 15개소 및 섬진강 13개소 운영 중



<그림 4-61> 하천유지유량 고시지점 현황(환경부 2020)

나. 문제점

□ 자연유황 변동에 따른 하천 환경·생태계 영향

- 물흐름의 정체와 부유물 퇴적으로 인해 녹조현상 심화, 강의 자정능력 저하, 하상변화 감소, 식생 침입 등으로 인한 강의 육역화 현상이 심화되고 있으며 수생태 측면에서는 상·하류간 생태계 단절로 생물종의 다양성과 건강성이 악화되고 있으며, 자연유황의 상실은 유사 이동과 강의 역동성을 감소시켜 어류를 포함한 다양한 생물들의 서식처 및 산란처 감소로 이어짐
- 또한, 유황의 단순화로 강에 과도한 식생이 유입되어, 홍수위 상승 등 홍수 방어력이 저하 및 자연경관 훼손과 사람의 접근성 저해에도 문제가 됨
- 획적 변화가 차단됨에 따라 저수로에 물흐름이 집중되어 하상의 지속적인 저하문제 및 지하수위 저하, 육역화 등의 문제가 더욱 고착·심화 됨

□ 하천유지유량 달성률 저조

- '06~'18년 동안 전체 측정지점 대비 하천유지유량을 100% 달성하는 지점의 평균 비율은 약 13%이며, 275일 이상 달성하는 지점은 59%이며, 반년 이상 하천유지유량을 달성하는 지점은 79%임

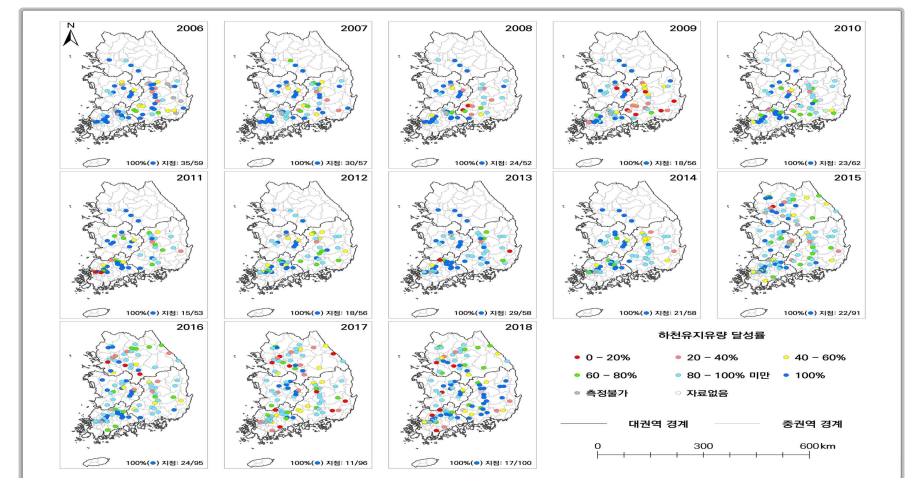
낙동강 자연성 회복 구성(안) 수립 연구용역

- 본류구간은 대부분 유지유량이 갈수량을 기준으로 고시되어 있어 달성율이 높았으나, '15년 새롭게 고시된 지점은 달성률 저조

<표 4-45> 2006 ~ 2018년 낙동강 하천유지유량 달성률(%) 평가

연도	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17	'18	평균
계측지점 총개수	27	25	19	23	26	18	21	23	22	24	23	23	27	23.2
하천유지유량 달성률(달성지점 총개수/측정지점 총개수*100, %)														
365일 달성 지점 비율(%)	44	32	11	4	8	17	10	22	9	4	9	0	0	13.0
275일 이상 달성 지점 비율(%)	63	60	53	22	50	67	52	78	68	67	70	57	59	58.8
반년 이상 달성 지점 비율(%)	78	76	68	35	81	83	90	91	82	79	87	83	89	78.6
365일 중 달성일수 비율별 지점수	100% (365일)	12	8	2	1	2	3	2	5	2	1	2	0	3.1
	75%~ (275일~)	5	7	8	4	11	9	13	13	15	14	13	16	10.5
	50%~ (183일~)	4	4	3	3	8	3	3	3	3	4	6	8	4.6
	25% (91일~)	6	6	4	8	5	3	2	0	4	3	2	0	3.5
	<25% (90일 이하)	0	0	2	7	0	0	2	0	2	1	4	0	1.4

※ 수문조사연보('06~'18년, 한강홍수통제소), 연도별 측정불가 또는 결측 지점 미포함



<그림 4-62> 하천유지유량 달성률 분포('06~'18)

다. 추진방향

□ 자연유황-하천생태계 관련성 연구 추진

- 하천 유황은 하도 및 홍수터에서 물과 유사의 이송을 통해 하천 내 물질 이동, 하상 형태 등에 영향을 끼쳐 하천생태계를 조직화하고 범위를 설정함
- 인공구조물로 인해 왜곡된 하천 유황과 유사량의 변동 정도, 하천 생물 등 생태계 영향에 대한 연구가 선행되어야 자연유황의 회복 수준이 도출 가능
- 국내 하천복원은 치수사업에 의해 훼손된 하천들이 주로 대상이 되어왔으나, 하천의 보전과 복원을 위한 패러다임이 자연유황의 역할이 중요시되는 것으로 바뀌어 가면서 생태계 건전성 확보를 위한 자연유황의 특성과 생태계 간 연관성에 대한 연구가 필수적임
- 대하천에서부터 중소하천의 자연유황은 저수지의 건설, 하천수 취수량 증가 등으로 인해 변화하였으나, 이에 관한 연구실적은 부족한 상황임. 따라서 생태계를 고려한 하천복원을 위해서는 생태수문학적 분야의 발전이 요구됨

□ 환경생태유량 필요성

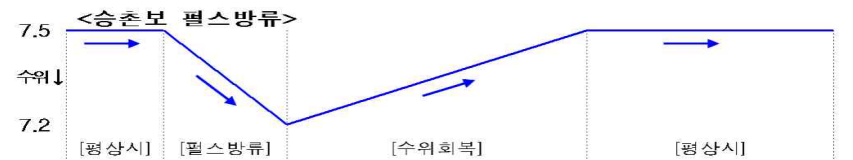
- 최근 용수공급 외 생태, 경관, 친수에 대한 물 수요가 증가함에 따라 수생태계 건강성에 대한 관심이 증가되고, 관련 법제도의 정비도 진행되었음
- 특히, 2017년 물환경보전법의 개정에 따라 수생태계 건강성 유지를 위해 필요한 최소한의 유량을 환경생태유량으로 정의하고 이를 하천관리에서 고려할 수 있도록 법제화 하였음
- 제2차 물환경관리 기본계획에서는 전국의 수생태계 건강성을 양호(B)등급 이상으로 유지하는 것을 목표로 하고 있으며, 이를 유지하기 위해서는 연중 제공되는 자연유황의 생태적 기능이 확보되어야 하며 전국 환경생태유량 취약지점을 파악하고 하천의 자연유황의 특성과 유사량 등 각 요소들이 가지는 생태적 기능 등을 고려한 환경생태유량 산정 및 하천관리 반영 필요

* '환경생태유량 시범사업 및 제도 운영 방안 연구'(17년, 환경부)을 통해 수계별 2개 지점을 선정하여 시범 모니터링 실시 및 제도 운영체계 구축 방안 검토

□ 수자원시설의 탄력적 운영을 통한 하천 역동성 회복

- 강의 역동성과 생태계 건강성 회복을 위해서는 유황 회복이 필요하며, 이를 위해 계절적 특성과 수요에 따라 변동 가능한 하천유지유량(환경생태유량)을 설정하고, 이에 따라 이·치수에 부담이 없는 한도에서 댐·저수지 등의 방류 패턴을 개선

- (펄스방류) 일정기간 간격으로 수자원시설의 일시방류 및 저류를 반복하여 하천유량의 변화를 만들어 줌으로서 하천생태 및 수질환경 개선
- (대상시설) 승촌보 및 죽산보
- (운영기간) '16년 7 ~ 10월 간 녹조발생 상황에 따른 탄력운영
- (운영기준) 조류 증가, 여유유량 확보 등 수질·강우·유량 조건 만족시 일주일 간격으로 실시



<그림 4-63> 하천의 수환경개선을 위한 펄스형 보 시범운영 사례(영산강)

- 또한, 육역화를 막기 위해 강별 특성과 수요(홍수방어, 경관유지, 친수, 생태계 보전 등)에 맞추어 과도한 수준의 식생을 방지할 수 있도록 주기적인 식생 조사와 육역화 예측·방지 등 적정수준의 관리 병행
- 현재 하천유지유량은 평상시 유지유량의 전량을 방류하는 방식으로 운영 중이며 이 경우 기존 댐방류량에 유지유량 부족분만을 방류하는 방식(가변적 하천유지유량 공급)을 검토하고 효율적인 운영을 통해 갈수기에 공급할 수 있는 유지유량 확보 가능

<표 4-46> 가변적 하천유지유량 공급 예시

구 분	기존 하천유량	댐 방류량	총 하천유량	하천유지유량	계
당 초	10	15 (기준유지유량 방류)	25	15	기준유량 초과만족
변 경	10	5 (부족분 방류)	15	15	10만큼의 저수량 확보가능

IV. 목표별 추진 방향

- 『하천법』 개정 등을 통하여 하천유지유량의 안정적인 유지를 위해 대표지점의 지속적인 모니터링과 결과 보고 및 조치 등에 대한 체계 구축, 하천유지유량 미달성 구간별 수질, 수생태, 친수, 하류의 물이용 등 영향평가 기반 마련 및 지속적 평가

라. 시범사업(안)

□ 하천유지유량 산정지점 확대

- 하천이 가지는 고유기능(수생태조성, 경관 등)의 관점이 중요해지고 있으며,물관리 범위도 본류에서 지류하천까지 아우르는 유역단위로 확대되었음. 확대된 관리범위에 맞추어 대하천에서부터 소규모지류 하천까지 다양한 생물종의 서식지, 인간의 거주성(Amenity), 하천환경 보존, 건천화 방지 등을 위해 유지유량 관리지점 확대 필요

□ 수자원시설의 효율적 운영을 통한 하천유지유량 확보

○ 시설간 연계 운영

- 하천유지유량 확보를 위한 신규 수자원개발은 사회적 갈등 등으로 어려운 상황이므로, 댐-보-저수지 연계운영의 고도화를 통해 하천유지유량을 최대한 확보하고 필요시 방류 및 이용 중이지 않은 유휴저수지의 조사·재개발·활용을 통해 하천유지유량 확보

- (시설물간 연계) 수양제(농공)→평림댐(수공) 연계시설 구축('17년)
- (유휴저수지 활용) 용도폐지 남수저수지(농공)을 수공이 매입·보강 후 용수공급 예정(22~)



<그림 4-64> 현재 시행중인 비상연계시설 및 유휴저수지 재활용 사례

낙동강 자연성 회복 구성(안) 수립 연구용역

○ 건천화된 도심하천의 자연유황 회복

- 본류의 풍부한 유량을 이용해 도시 내 건천화된 하천에 유지용수를 활용하여 하천생태계 및 물길 복원을 통한 도심 에메니티 증진

- (사업목적) 도시하천은 불투수면적 증가로 홍수기 제외 대부분 건천의 형태로, 유지용수 공급을 통해 하천 본연의 친수, 생태기능을 살리기 위함
- (정비방향) 제방보강 및 고수부지 환경정비, 도심물길복원으로 구분하여 시행
- (추진현황) '10년 4대강 수계별 시범지구 1개소 씩 시행



<그림 4-65> 물 순환형 하천정비사업 현황

<표 4-47> 물 순환형 하천정비사업 시범 및 우선사업 지구 현황

수계별	대상 하천	사업구간(km)
한강	• 5개소 (소양천, 가평천, 마석우천, 창릉천, 학곡천)	28.0
낙동강	• 7개소 (금오천, 광암천, 다방천, 대리천, 대명천, 송평천, 천내천)	43.8
금강	• 4개소 (중교천, 제민천, 내창천, 왕포천)	13.5
영산강	• 3개소 (광주천, 풍영정천, 나주천)	13.0
4대강 외	• 1개소 (건산천)	15.7

※ 물순환형 하천정비 기본계획(국토해양부 2010)

□ 자연유량 회복을 위한 법·제도 정비 방안

○ 하천유지유량과 환경생태유량 통합 관리

- 하천유지유량 중심으로 환경생태유량 통합관리 방안 마련과 하천법 등 관련 법률 정비 필요, 중·소유역단위 하천 유량 확보 및 유지를 위한 모니터링 체계 구축 및 정량적 평가 방법 마련

○ 하천유지용수 우선순위 조정안 마련

- 댐의 현재의 가뭄 '주의' 단계 시 하천유지용수 공급 전략 삭감 방식에서 사회적 수용성과 생태계의 중요성을 종합 고려한 단계별 삭감 방식 추진 필요, 수량과 수질을 동시에 고려하여 댐 용수 비축기준을 개선하고 대하천 위주에서 중소하천 저류시설까지 용수공급 대상으로 확대 고려

마. 기대 효과

- 강의 연속성과 역동성을 회복하고, 수생태계 건강성을 지속 확보하여 하천 활용뿐만 아니라 생태서식지 등 하천의 본래 기능을 충족
- 하천의 인공적인 활용으로 인해 단순화된 하천 흐름의 변동성을 회복
- 자연유황에 의한 유사이송, 생태용수 도입 등 다양한 수생물 서식지 확보
- 하천유지유량 지점의 확대적용으로 사람과 가까운 친수하천의 조성

4.3.4 치수안전성 확보

가. 현 황

- 물재해 피해를 저감 시키기 위한 홍수조절용량 확보, 하천 정비 시행
- 다목적댐과 홍수조절지 건설을 통해 홍수조절용량 총 56억 m^3 확보 및 기후 변화에 대비하여 치수능력 증대사업 실시
 - 홍수조절능력을 갖춘 시설 중 다목적댐(20개)과 홍수조절댐(5개)의 홍수조절량이 약 53억 m^3 로 홍수조절능력의 대부분(90% 이상)을 담당

<표 4-48> 댐 및 저수지 용도별 홍수조절량

구 분	전국	다목적댐	용수 전용댐	발전 전용댐	농업용 저수지	하구둑·담수호	홍수 전용댐
홍수조절량 (백만 m^3)	5,597	2,296	24	276	19	-	2,982

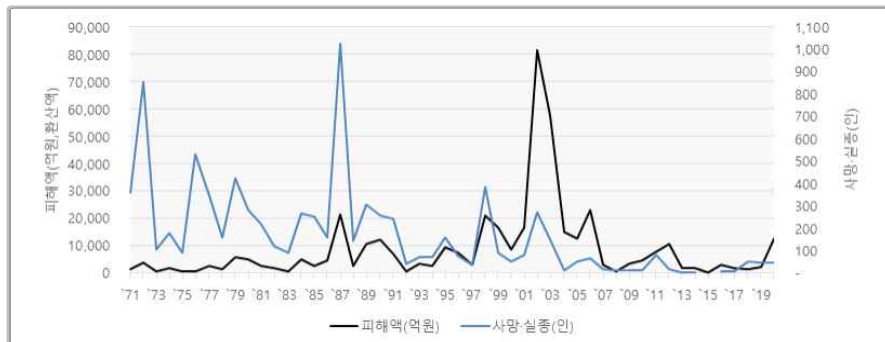
※ 댐건설장기계획(2012~2021) 수정계획(환경부, 2018)

- 하천유역의 홍수피해 예방을 위해 지속적인 투자 및 정비 시행으로 국가하천은 81.4%, 지방하천은 48.1%가 정비를 완료하였으며, 하천기본계획 수립율은 87.0% (한국하천일람, 2018 기준)
- 홍수예보 첨단화로 홍수피해 사전 예방
 - 비구조물적 대책의 일환으로 빈도별 홍수범람에 따른 침수지역의 범위와 깊이 등을 제공하기 위한 홍수위험지도 제작, 홍수특보지점(55개소) 및 각종 홍수정보의 신속한 제공을 위해 홍수정보지점(120개소)을 운영
 - 강우의 이동, 발달 상황 등이 가능한 강우레이더를 설치·운영하여 홍수예보 정확성 향상
- 재해로부터 안전한 하수도시설 보급 및 관리
 - 상습침수구역의 하수도정비 중점관리지역 지정('13~'19, 77개소) 및 지역별 특성을 반영한 도시침수 예방사업 추진

나. 문제점

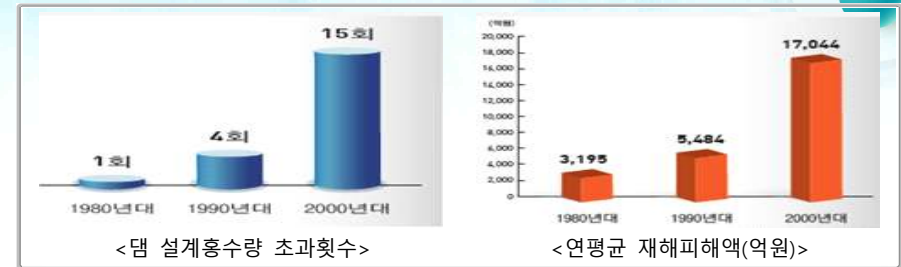
□ 홍수 취약성 증가

- 치수관리는 국가나 정부의 공공의 이익 증진을 위한 물관리 부문 중 하나이며, 치수적 측면에서는 지속적인 하천정비로 침수면적이 감소하고 있으나, 기후변화로 인한 강우특성 변화, 도시화·산업화 등으로 홍수위험에 대한 취약성은 증가하고 있음
- 지난 50년간(1971~2020) 인명피해와 홍수피해액을 살펴보면 지속적 치수사업 투자로 1990년대 이후 인명피해는 감소하고 있으나 경제발전에 따라 자산가치가 상승하면서 피해금액은 증가



<그림 4-66> 50년간 홍수 피해 추이(재해연보 2019, 풍수해대응 혁신 종합대책 2020)

- 이상기후로 인한 국지적 강우 등으로, 홍수 등 물 재해 발생 빈도는 증가 추세로 과거대비 집중호우 빈도 및 강우강도가 증가하며, 이러한 강우 특성 변화로 홍수피해 가능성 증대
- 환경부 ‘지속가능한 통합물관리 비전마련을 위한 포럼운영 최종보고서’(2018)에 따르면 집중호우 추이는 ‘80년대 기준 60회/년에서 ‘11년 기준 133회/년으로 연간 집중호우 횟수가 ‘80년대 대비 약 2.2배 증가하였으며, 기후변화로 인해 하천시설물 설계빈도 이상의 홍수 증가로 대규모 피해 발생
 - ‘02년 태풍 “루사” (강릉 870mm/일 강우), ‘06년 태풍 “에위니아” (남해 265mm/일 강우), ‘16년 태풍 “차바” (대암댐 계획홍수량 초과유입 1,620m³/s)



<그림 4-67> 기후변화에 따른 홍수빈도·피해 변화(국민의 물관리 혁신 방안, K-water 2019)

- 기후변화 적응, 유역 및 지역 중심의 홍수 및 가뭄 등 재난관리 실현 등을 위해서는 물재해 취약지역에 대한 과거 사례 및 취약성 평가가 선행되어야 하며 취약정도에 따른 맞춤형 대책 마련 및 집중적인 정책 추진 필요

□ ‘20년 홍수피해 분석

○ 집중호우로 인한 하천범람피해

- 기록적인 강수량으로 인해 모든 하천 유역에서 예년 대비 1.7 ~ 2배의 강수량을 기록하였으며, 주요 지점에서는 최대치 기록을 초과

<표 4-49> 2020년 주요댐 유역 강수량

유역	면적	과거 최대강수량	2020년 강수량	대비
섬진강댐	763km ²	295mm ('02년)	341mm	116%
하류 지역	4,151km ²	252mm ('02년)	350mm	139%
용담댐	930km ²	270mm ('04년)	378mm	140%
하류 지역	1,297km ²	229mm ('11년)	230mm	100%
합천댐	929km ²	259mm ('18년)	304mm	117%
하류 지역	403km ²	308mm ('02년)	251mm	81%

※ 풍수해 대응 종합대책(관계부처 합동, 2020)

- 과거의 강우 패턴을 토대로 국가하천 100~200년, 지방하천 50~80년 홍수 빈도로 수립한 홍수방어계획이 기후변화에 따른 강수량 증가 양상을 반영하지 못하였고, 국가하천(총 3,602km) 정비율 81.4% 대비 지방하천(총 26,252km)은 48.1%, 소하천(총 34,689km)은 45.5%로 정비율이 낮은 등 자치단체가 관리하는 지방하천, 소하천, 세천 등에 대한 제방 보강, 준설 등의 홍수예방 투자 및 정비가 부족하였음

IV. 목표별 추진 방향



<섬진강댐 하류 (남원시 금지면)>



<합천댐 하류 (합천군 울곡면)>



<용담댐 하류 (금산군 제원면)>



<용담댐 하류 (영동군 양산면)>

<그림 4-68> 2020년 8월 집중호우로 인한 피해 전경

- 또한, 수문 방류 개시 3시간 전까지 방류시기, 방류량 등을 포함한 방류계획을 관계기관, 하류주민에게 통보 후 방류시까지 하류 주민의 대피 등 대응시간이 충분하지 않았던 점도 피해를 키우는 요인이 되었음

○ 배수시설 능력을 초과한 강우로 인한 도시침수

- 하수도, 우수저류시설, 배수펌프시설 등 배수시설 용량을 초과한 집중호우로 부산, 대구 등 대도시에서 빗물이 역류하여 침수피해 발생하였으며(부산 7.23, 대전 7.30) 배수시설의 유지관리 소홀 및 운영상의 미흡과 집중호우시 침수·범람이 우려되는 시설 및 지역에 대한 통제가 미흡하여 인명(부산 지하차도 3명사망 등) 및 재산 피해 발생

다. 추진방향

- 사전 예방적 홍수 방어체계 구축

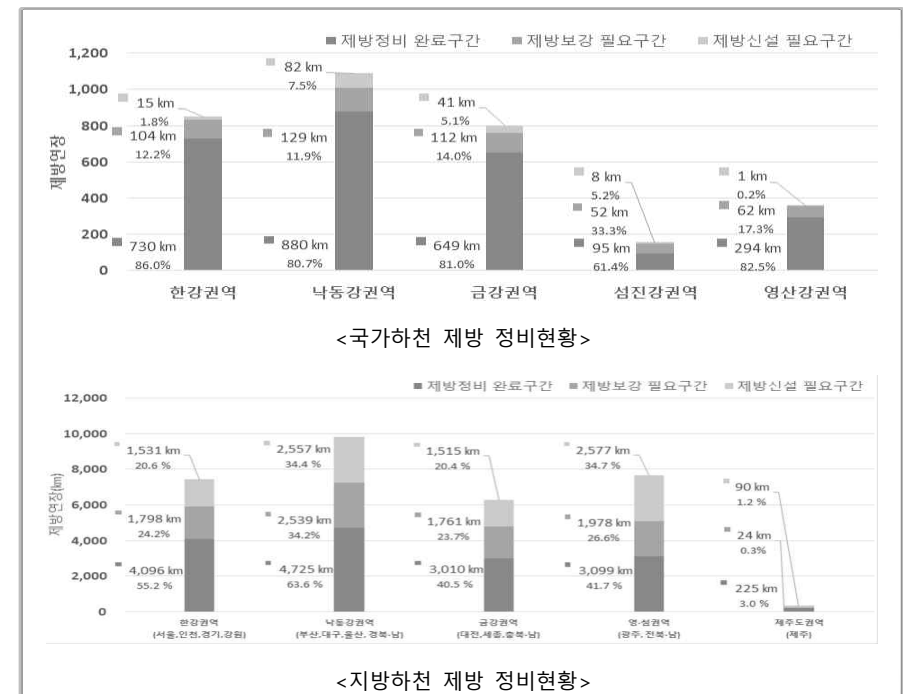
낙동강 자연성 회복 구성(안) 수립 연구용역

- 홍수 예방을 위한 지속적인 투자를 통해 하천정비율은 국가하천 81.4%, 지방하천 48.1%이며, 최근의 이상기후에 따른 영향을 고려한 하천기본계획의 재수립 및 홍수빈도의 상향 조정을 통한 하천정비 필요

<표 4-50> 하천기본계획 수립 현황(2018년 기준)

연대	계		수립구간			미수립구간	
	개소수	연장(km)	개소수	연장(km)	수립율(%)	개소수	연장(km)
합계	3,833	29,853	3,457	26,150	87	1,240	3,703
국가	63	3,012	63	2,991	99	2	21
지방	3,770	26,840	3,394	23,158	86	1,238	3,682

※ 한국하천일람(국토교통부, 2018)



<그림 4-69> 국가 및 지방하천 제방 정비현황(한국하천일람, 국토교통부 2018)

IV. 목표별 추진 방향

- 계획홍수빈도의 상향에 따른 국가·지방하천 제방축조 및 보강을 통해 홍수에 안전한 하천구간을 확대함에 있어, 하천공간의 생태·친수·문화 기능, 하천과 주변도시와의 네트워크 강화 등 하천활용 요소를 고려한 제방공간의 확보 추진
- 국가·지방하천 종합정비계획(2016, 국토교통부) 상 하천제방정비율을 26년까지 국가하천 97%, 지방하천 70% 수준으로 높일 것을 계획

<표 4-51> 국가하천 정비계획

구 분		제방 신설·보강	하도정비(구간연장, 준설량)
한강수계	사업량	77(km)	26(km) / 1,403만(m³)
	사업비	1,147 억원	3,085 억원
낙동강수계	사업량	84(km)	61(km), 932만(m³)
	사업비	1,183 억원	2,902 억원
금강수계	사업량	30(km)	-
	사업비	494 억원	-
영·섬수계	사업량	31(km)	2(km) / 29만(m³)
	사업비	633 억원	46 억원

※ 국가·지방하천 종합정비계획('16~'26)(국토교통부, 2016)

<표 4-52> 지방하천 정비계획

구 분		제방 신설·보강	하도정비(구간연장, 준설량)
한강수계	사업량	1,286(km)	9.2(km), 128만(m³)
(서울, 인천, 경기, 강원)	사업비	20,549 억원	205 억원
낙동강수계	사업량	2,268(km)	28(km), 123만(m³)
(부산, 대구, 울산, 경북·남)	사업비	37,110 억원	197 억원
금강수계	사업량	1,637(km)	17(km), 23만(m³)
(대전, 세종, 충북·남)	사업비	25,373 억원	36 억원
영·섬수계	사업량	1,502(km)	18(km), 63만(m³)
(광주, 전북·남, 제주)	사업비	22,096 억원	100 억원

※ 국가·지방하천 종합정비계획('16~'26)(국토교통부, 2016)



낙동강 자연성 회복 구성(안) 수립 연구용역

라. 시범사업(안)

□ 홍수조절용량 확보를 위한 강변저류지 및 홍수터 설치

- 강변저류지는 하천연안의 저지대를 활용하여 하천의 계획홍수 초과 발생시 일시 저류하는 기능의 시설물로, 하천변에 접하여 있는 위치적 특성으로 홍수조절효과가 확실하고, 설치가능 대상지가 많으며 기존 하천의 홍수터를 복원하여 본래의 홍수조절기능을 회복·활용할 수 있는 시설
- 하천의 자연성 회복의 일환으로 기존 하천의 홍수터 복원을 통해 홍수소통공간을 추가로 확보함과 더불어 과거의 하천으로 회복 및 하천환경 개선

<표 4-53> 홍수조절용량 확보(안) 개요

구 분	강변저류지	홍수터
전 경		
활 용	<ul style="list-style-type: none"> • 하도홍수분담 • 야생생물서식지 • 생태연못·관찰테크 설치 • 자연학습원 등 	<ul style="list-style-type: none"> • 하천형상 복원 • 홍수소통공간 확보 • 친수공간활용 등

※ 국가·지방하천 종합정비계획('16~'26)(국토교통부, 2016)

<표 4-54> 지방하천 강변저류지, 홍수터 계획

구 분		강변저류지	홍수터
한강수계	사업량	4개소, 656만(m³)	28개소, 74만(m³)
(서울, 인천, 경기, 강원)	사업비	1,806 억원	291 억원
낙동강수계	사업량	6개소, 17만(m³)	12개소, 10만(m³)
(부산, 대구, 울산, 경북·남)	사업비	64 억원	16 억원
금강수계	사업량	10개소, 32만(m³)	8개소, 16만(m³)
(대전, 세종, 충북·남)	사업비	77 억원	94 억원
영·섬수계	사업량	10개소, 49만(m³)	18개소, 6만(m³)
(광주, 전북·남, 제주)	사업비	97 억원	15 억원

※ 국가·지방하천 종합정비계획('16~'26)(국토교통부, 2016)

IV. 목표별 추진 방향

- 국가하천은 투자우선순위 평가기준에 따라 국고를 배분하고, 지방하천은 치수안전도 확보 및 중요도 등을 고려하여 광역지자체별로 우선순위 결정

<표 4-55> 연차별 투자계획

구 분(억원)	계	'16년	'17년	'18년	'19년	'20년	'21~25년
국가하천	40,000	3,900	4,000	4,000	4,000	4,000	20,100
지방하천	부 산	2,180	220	218	218	218	1,088
	대 구	1,858	262	186	186	186	852
	울 산	2,422	162	242	242	242	1,292
	경 북	19,876	1,807	1,988	1,988	1,988	10,117
	경 남	19,592	1,610	1,959	1,959	1,959	10,146

※ 국가·지방하천 종합정비계획('16~'26)(국토교통부, 2016)

□ 댐·하천 홍수방어기준 강화 및 댐 운영체계 개선

○ 홍수방어기준 강화

- 유역별로 증가하는 홍수량 가중치를 산출하고, 홍수량 증가 정도를 고시, 댐·하천 설계에 반영 필요. 국가하천 주변의 사회·경제적 가치 평가 후 중요지역의 방어목표 대폭 상향(최대 200년 → 500년 빈도) 등 차등화된 목표 적용하고 지방하천의 계획빈도(50~80년)도 권역별 하천 기본계획을 재검토하여 현실에 맞게 상향
- 부유식 시설물에 대한 하천점용 허가 기준 설정 및 제방의 구조안전성 점검체계 개선(제방 내부 토질여건 종합평가 등)을 통한 안전기준 강화로 하천 시설물 설치 및 관리 안전화 확보 노력 필요

○ 댐 운영체계 개선

- 댐 홍수대응용량 확보를 위해 용수이용 등 댐의 이용에 영향이 없는 범위 내에서 홍수기 제한수위를 하향하는 것을 검토(섬진강댐 시범적용 → 他댐 확대적용)하고, 댐 사용권의 재배분과 저수용량이 감소한 댐의 퇴적토 제거(영천댐, 대암댐)를 추진함으로써 홍수조절 기능 강화
- 댐 방류 시 하류지역 피해 예방을 위한 댐운영협의회(댐관리자-지자체-주민)를 운영하고, 수문방류 예고제를 도입하여 방류 가능성을 사전(1~2일)에 안내하여, 위험지역 내 신속한 정보 제공 추진

낙동강 자연성 회복 구성(안) 수립 연구용역

- 이상기후 등을 반영하여 댐 운영 의사결정 기준, 기준수위 초과 시 조치사항 등을 구체화하고 드론, AI, 빅데이터 분석 등을 활용하여 댐 안전관리에 대한 스마트화 추진

□ 도시 침수 예방

○ 도시 수방성능 제고

- 증가하는 강수량과 강수 패턴을 고려하여 자치단체별 방재성능목표(지역이 감당할 수 있는 강우) 상향 검토하고 방재시설 성능 평가를 통해 목표에 미달하는 시설 집중 개선, 상습침수지역의 하수관로 설계빈도 상향(30~50년)
- 재해영향평가 협의개선으로(심의위원회 투명성강화, 이행실태점검, 업무지침 보강 등) 행정계획, 개발사업으로 인한 도시 침수 사전 차단

○ 침수 예방사업 확대

- 펌프장(행안부), 하수도(환경부), 하천(국토부) 등 정비가 필요한 지역에 풍수해 생활권 종합정비사업 확대하고, 도심의 상습침수구역의 하수도정비 중점관리지역 지정 및 지역별 특성을 반영한 도시침수 예방사업 추진
- 노후하수관로 정비대책 수립, 집행 및 유지관리를 추진하여 긴급보수가 필요한 노후하수관로를 정비하고, 하수관로 운영관리시스템의 시범적용을 통한 표준모델 개발, 실시간 유량 모니터링, 빗물펌프장 자동운전 관리 등을 위하여 ICT 기반 「스마트 하수관로 관리시스템」 구축을 추진하여 침수, 지반침하로부터 안전한 하수도시설 관리

□ 재난 대응체계 개선

○ 상황관리시스템 스마트화

- 재난안전통신망을 통한 대응기관 및 현장-상황실 간 실시간 정보(영상 등) 공유 및 신속 대응 지원, 재해우려 지역의 지능형 CCTV 확충으로 위기징후 조기 포착·전파체계 강화 및 급경사지, 저수지 등에 설치한 IoT 센서와 전자지도(GIS) 상황판을 연계하여 전국 재난정보를 동시에 호출·분석
- 그간 축적된 풍수해 정보의 정제·표준화(~'25년)를 통하여 빅데이터 기반의 상황관리 추진 및 정책 결정 지원

○ 데이터 기반의 예보시스템 지능화

- 다원화된 기상관측 통합 관리 및 관측정보 공유 확대를 통한 데이터 협업·연계 강화 및 예보기간, 지역에 한정되지 않는 유역·수계간 통합형 수치예보모델 개발 추진
- 풍수해관리시스템을 피해 규모, 범위, 양상 등 위험요소를 모델링하여 피해 정도를 예측하는 예측·예보형으로 고도화하여 과학적 피해 예측 및 예방사업 효과 분석

마. 기대 효과

- 이상강우·집중호우로 인한 극한의 홍수가 발생하더라도 국민의 생명·재산피해를 최소화 할 수 있는 치수 안전성을 확보
- 기후변화에 따른 극한홍수 대응 기준마련 및 체계 구축
- 기반시설 홍수안전 강화 및 예방 투자 확대
- 도시홍수관리체계 강화하여, 도시의 침수 예방 능력 강화
- 홍수예보체계의 고도화를 통해 선제적인 홍수대응 체계 마련

4.3.5 옛 물길 복원

가. 현황 및 문제점

- 옛 물길 복원을 위해 주요 대상지에 대하여 접근성 및 사업 가능 여부, 생태, 역사·문화 자원이라는 세 가지 측면에서 대상지(후보군)를 선정·추진
- 접근성과 인프라를 갖추고 있고, 보상 없이 사업 시행이 가능한 곳(제내지)
- 생태적으로 우수한 자연환경과 생물종 다양성을 확보할 수 있는 곳
- 역사·문화자원을 포함하여, 물길 변화(하폭, 하상)가 있는 곳

<표 4-56> 주요 대상지의 자원

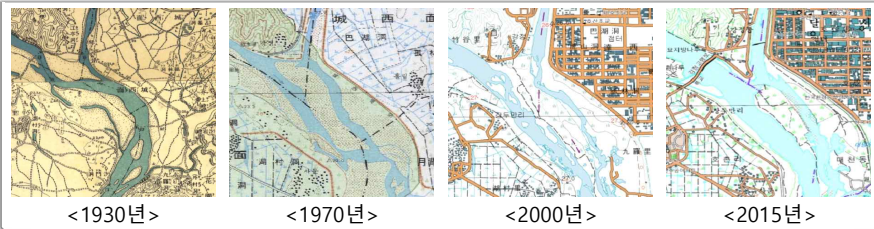
대상지	접근성	도시규모	생태 자원	역사·문화 자원
영주	-	시	영주댐 모래톱	소수서원, 영주댐
안동	-	시	구담습지	병산서원, 도산서원, 월영교
구미	-	시	해평습지	
대구	양호	광역시	달성습지	도동서원, 사문진나루터, 디아크
합천·창녕	-	군	우포늪	해인사, 합천댐, 합천창녕보
창원	-	시	-	주남저수지
부산	양호	광역시	을숙도 철새도래지	다대포 침사, 을숙도 낙조, 하굿둑

- 대상지의 접근성, 제내지, 생태, 역사·문화 등을 고려한 과거 지도 분석 결과, 옛 물길 변화(하폭, 하상) 및 산업화에 따라 직강화된 달성습지(대구), 을숙도(부산) 사례 조사 시행

① 달성습지(대구)

- 1930년, 강의 물길 폭이 좁고, 고령군/달성군으로 넓게 범람원(달성습지)을 형성 하였으며, 현재 하중도가 고령군쪽에 편입되어 있는 반면, 1970년 이후부터는 낙동강과 금호강이 만나는 합류부에 하중도가 나타나기 시작함
- 2000년부터는 크고 작은 모래톱과 초지로 추정되는 대상이 나타나며, 현재 하중도가 디아크문화관 지점 및 사문진나루터 까지 연결되어 있고, 성서공업단지 면적이 확대되면서 수계의 비율이 감소하기 시작하였음

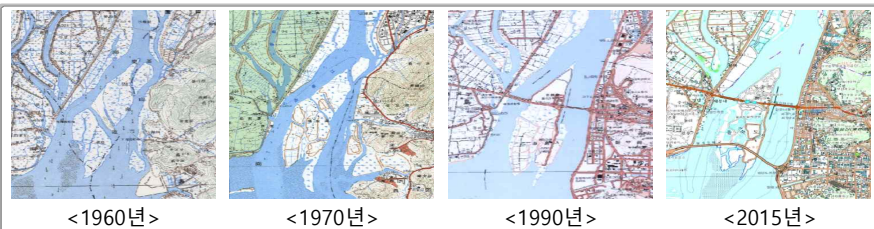
- 2015년 ~ 현재, 강정고령보가 건설된 이후 대부분의 모래톱, 초지 등은 사라지고 선명한 하중도가 나타나며, 강폭, 수심등이 증가한 것으로 판단되고, 대명유수지에는 멸종위기 야생생물 2급 맹꽂이 최대 산란지가 위치하고 있음



<그림 4-70> 달성습지 물길의 시계열적 변화(공간정보플랫폼, 국토교통부)

② 을숙도(부산)

- 1960년 을숙도 상·하부에 물길이 선명하게 나타나고 김해, 서부산 일대 넓은 갯벌이 형성되었으나, 1970년에는 하부 물길이 사라지고, 백합 등이 생성됨
- 1985년 하굿둑 건설을 위한 공사가 진행되면서 새로운 사주가 형성되었으며 1990년 기수역 생성, 쓰레기 매립장으로 이용되면서 생태계가 크게 훼손되었고 장림, 다대포 지역 등 대규모 매립이 완료되어 현재의 지형으로 형성됨
- 2000년 이후는 대규모 매립사업이 종료되는 시점으로 하구는 안정을 찾고 있고 2015년부터 전형적인 삼각주 형태를 지니게 되었으며, 부산시의 을숙도 생태공원 조성에 따라 다양한 생물들이 서식하는 생태관광지로 관리 중



<그림 4-71> 달성습지 물길의 시계열적 변화(공간정보플랫폼, 국토교통부)

- 대상지에 대한 옛 물길 추이 및 세 가지 관점을 검토한 결과, 낙동강 종류의 달성습지(대구), 하류의 을숙도(부산) 두 곳을 후보 대상지를 선정하고 생물종 및 생태계 복원 등에 초점을 맞추어 기본구상(안) 수립

나. 추진방향 및 시범사업(안)

- 본 과업의 기본 방향은 낙동강의 생태적으로 우수한 자연환경과 생물종 다양성을 확보할 수 있는 곳과, 역사·문화·생태 자원과 기존 인프라를 활용하여 옛 물길을 알리고, 新 생태계 서비스 확산체계 구축하는 데 목적이 있음 수문·지형·생태학적으로 악화된 옛 물길의 물리적인 복원보다, 생물종 복원, 미래세대를 위한 생태교육 효과 증대, 건강한 물공급과 생명력 있는 자연형습지, 인공함양지조성 등 선도구역을 설정한 생태 복원 계획



<그림 4-72> 낙동강 유역 옛 물길 복원 대상지 현황

① 달성습지 기본구상(안)

□ 현황분석

- 역사문화 : 도동서원 / 탐방로 : 대명유수지 탐방로, 은행나무 숲 자전거길
- 주변 용도지역은 공원지역, 농업지역, 주거지역이 혼용된 형태로 나타남

□ 자연환경

- 현존식생 : 자라풀, 왕버들, 물억새 등 / 동물 : 수달, 맹꽂이, 삵, 쇠오리 등
- 우점식생 : 갈대, 물억새 군락 / 멸종위기 야생생물 및 생태계 교란종 서식

□ 주변시설

- 문화시설 : 디아크문화관, 달성습지생태학습관 / 공원녹지 : 대명유수지 등

IV. 목표별 추진 방향

□ 기본방향 및 대상지 선정



<그림 4-73> 달성습지 기본방향



<그림 4-74> 달성습지 대상지 선정

- 대상지는 달성습지 상류 일원으로, 하중도 상부 및 육역화가 진행되어 버드나무, 갈대군락 등이 서식하는 습지 상류로 선도구역 선정

□ 하중도 기본구상(안)



<그림 4-75> 하중도 기본구상(안)

낙동강 자연성 회복 구성(안) 수립 연구용역

- 달성습지 하중도는 사람들의 출입을 제한하고, 철새 먹이터를 조성하는 등 철새 서식환경사업 진행 중으로, 한시적 이용을 전제로(10월~3월 제한)하중도의 생태자원을 체험·학습할 수 있도록 최소한의 관찰로, 폰툰다리 및 조류관찰대 등을 설치하고, 시민참여를 통한 조류 먹이 공급처(청보리밭) 조성

□ 상류 습지 기본구상(안)



<그림 4-76> 상류 습지 기본구상(안)

IV. 목표별 추진 방향

- 대상지 생태기반환경 분석결과와 개체수 동향을 바탕으로 흑두루미, 큰고니 등 대향 조류를 목표종으로 설정하여, 핵심지역(무논습지, 울무경작지), 완충지역(소규모 둠벙), 전이지역(생태습지원, 조류관찰대) 등으로 계획하고, 달성습지 생태학습관과 연계한 생태탐사활동 및 야외 생태학습프로그램 운영

☐ 생태관광 기본구상(안)

<그림 4-77> 생태 관광 기본구상(안)

낙동강 자연성 회복 구상(안) 수립 연구용역

② 을숙도 기본구상(안)

□ 현황분석

- 역사문화 : 을숙도 낙조, 다대포 첨사 등
- 탐방로 : 낙동강 생태탐방선, 그린웨이
- 토지이용현황은 잡종지 48%, 전 38%, 하천 8% 등으로 구성

☐ 자연환경

- 현존식생 : 해당화, 새섬매자기 등
- 조류 : 쇠백로, 노랑부리저어새(친연기념물) 등
- 하구 비오름 조사결과(부산시, 2007년), 을숙도 일원 철새서식지 1등급 기록

☐ 주변시설

- 운동시설 : 축구장, 테니스장
- 문화시설 : 낙동강물문화관, 부산현대미술관
- 공원녹지 : 을숙도 철새공원, 생태공원



<그림 4-78> 인문·자연환경, 주변시설 분석

IV. 목표별 추진 방향

□ 기본방향

<표 4-57> 개념도 및 주요내용

개 념 도	위 치 도	주요 내용
		<ul style="list-style-type: none"> (방향) 기수역 수생태계 생물다양성 보전, 새섬매자기 서식지복원, 계절 철새 등 (연계) 배수문 뱃길투어 및 명주나비길 연계
		<ul style="list-style-type: none"> (방향) 명지·하단포구, 에덴윌리지 등 역사 문화 자원과 연계한 프로그램 개발 (연계) 장소와 연관된 인문학적 콘텐츠

□ 기본구상(안)



<그림 4-79> 을숙도 기본구상(안)

낙동강 자연성 회복 구성(안) 수립 연구용역

○ 을숙도 하부는 핵심지역으로, 을숙도 상부는 완충지역으로 설정하여 생물종(명주나비) 다양성 및 생물서식공간(취방울덩굴)의 복원을 통틀 계획하고, 기존 탐방로를 2열 가로수길 조성을 통해, 이용자의 휴식공간 및 산책로 기능을 강화함

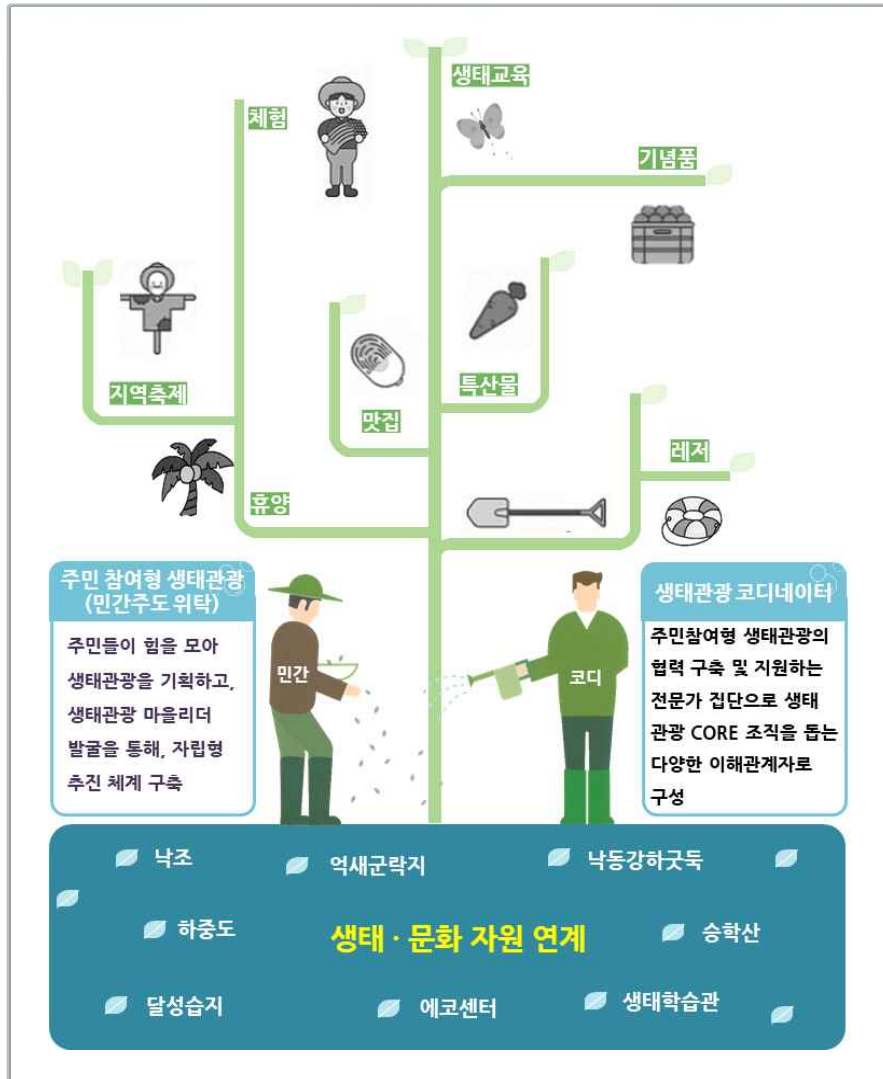
○ 주요 조망포인트 포토존 및 전망대 설치를 통해, 을숙도의 생태, 문화적 가치를 알리고 옛 물길의 홀로그램 설치 등 계획하여, 낙동강하구에코센터, 낙동강문화관과 연계한 생태체험활동 및 야외 관찰 프로그램 등 운영

□ 생태관광 기본구상(안)



<그림 4-80> 을숙도 생태관광 기본구상(안)

다. 기대효과 (통합 미래비전)



<그림 4-81> 기대효과 및 통합 미래비전

4.4 생명이 숨쉬는 강

구분	단기(3년)	중기(5년)	장기(5년이후)
① 생물모니터링 및 교란종 관리	<ul style="list-style-type: none"> 현황조사 및 평가 - 외래종 관리방안 마련 - 시범사업 대상구간 제안 - 완전 제거 가능 구간 선정 - 제거후 전·후 생물다양성 변화 확인 필요 	<ul style="list-style-type: none"> 현황조사 및 평가 - 퇴치기법 개발(액비화 등) - 장기생태모니터링 - 뉴트리아, 강준치 등 선정 * 신라기에 직접포획에 의한 상류이동 생태계교란종 수매 	<ul style="list-style-type: none"> 생물다양성관리 계획 및 전략수립 - 밀양 예림교 - 황강하류 - 밀양강일대
② 건강성 회복 및 서식처 복원	<ul style="list-style-type: none"> 현황조사 및 평가 - 비점오염원 파악 및 서식처 평가 - 관리방안 수립 - 주요 분류 및 지류의 자료 수집 - GIS 등과 같은 최신 기법을 이용한 분석 	<ul style="list-style-type: none"> 현황조사 및 평가 - 하천 특성에 맞는 생물다양성 유지 - 강변저류지를 통한 서식공간 확보 - 4대강 공사이후 적치장 이용장소 파악 - 낙동강본류 및 지류 	<ul style="list-style-type: none"> 주요 지천과 강 본류의 합류부 관리 - 수변부의 식생 및 피난처 관리(예: 서낙동강권역)
③ 생태거점 보전·관리 방안	<ul style="list-style-type: none"> 현황조사 및 평가 - 분류 및 지류에 미치는 다양한 영향을 조사 - 시범사업 대상구간 및 위치 지정 - 서식처의 안정성, 주변 생태계의 질, 멸종위기종의 분포 유무 등을 복합적으로 고려 	<ul style="list-style-type: none"> 현황조사 및 평가 - 축적된 자료를 체계적으로 분석 - 형산-태화강 - 구간별 특성을 고려한 생태거점 지정 - 방치된 보의 관리실태 확인 및 개성 - 수변부의 공간구분 	<ul style="list-style-type: none"> 취약요인 분석 및 중장기적 달성 - 생태거점은 주된 관리대상 분류군에 따라 현저히 달라짐으로 환경부 조사를 철저히 분석하여 관리
④ 위해물질 관리강화	<ul style="list-style-type: none"> 독성 및 위해성평가에 대한 기준 마련, 퇴적물 조사 - 영풍제련소, 구미국가산단 등 	<ul style="list-style-type: none"> 중금속 등 위해물질 모니터링 강화 - 모니터링 횟수 및 지역 확대 	<ul style="list-style-type: none"> 수생태 예측 모델링을 활용한 관리 - 국내 모델 개발로 수생태계 관리 및 정책 활용
사업화 방안	<ul style="list-style-type: none"> 생물종 모니터링 및 생태계교란종 관리 · (내용) 생태계교란종(뉴트리아, 강준치, 큰빛이끼벌레, 가시박, 양미역취 등)에 대한 관리(제거) 강화, 제거 전후 생물다양성 관찰 하천, 호소 수생태계 생태거점 보전 관리 및 서식처 복원 · (내용) 낙동강내 주요 생태거점 단편화되어 부족한 종적, 횡적 연결성 회복이 가능한 4대강 사업 후 경작지 및 강변저류지를 활용하여 생물다양성 및 서식여건이 증진된 공간 확보 수생태계 위해물질 관리강화 · (내용) 생태독성 및 위해성 평가에 대한 기준 마련하고 퇴적물내 중금속 조사 횟수 증대로 우역 우려지역에 대한 집중조사 강화 		

4.4.1 생물종 정밀 모니터링 및 생태계교란종 관리

가. 현 황

□ 분류군별 현황

- 우리나라의 경우 과거에서부터 현재까지 다양한 외래종 분류군의 연구가 활발히 진행되고 있으며, 각 유역환경청(한강, 낙동강, 금강, 영산-섬진강 등)에서 주기적인 외래종 퇴치 사업등을 시행중임

<표 4-58> 생태계교란종 관리방안 과제 목록

출판연도	제목	내용	발행 기관	대상 외래종
2004	생태계 위해외래종의 통합 관리 방안 연구	관리 방안 마련	한국환경정책평가연구원	통합
2015	기후변화와 생태계 변화에 기반한 침입외래종의 관리전략	관리 방안 마련	한국환경정책평가연구원	통합
2018	서울시 한강의 어류군집과 외래종 분포 특성	분포 현황	한국어류학회	어류
2019	전라남도 진도군에 서식하는 외래종의 식물상 및 생활형에 관한 연구	분포 현황	한국도서학회	식물

<표 4-59> 주요선진국 기술내용과 국내 개발 현황

세부기술 내용	주요선진국명	국내 개발 담당	수준 (국외대비)	대상 외래종
외래생물 관리계획 수립	미국	환경부 생물다양성과	60%	통합
외래생물 분포 현황 조사	미국	각 광역시청 환경정책과	50%	통합
외래종 데이터베이스 구축	스위스	환경부 및 국립공원관리공단	35%	어류

□ 국외 연구 동향

- 해외에서는 미국 루이지애나의 경우 뉴트리아 개체수 감소를 위해 마리당 4USD의 수매금을 통해 하구습지생태계를 보존하기 위한 노력하고 있음. 뉴트리아 개체수 감소 및 제거를 위한 모니터링 기술, 미끼(lure), 유인제(attractant), 독극물(toxicant), 다중포획 시스템 등을 연구하고 있음

나. 문제점

□ 분류군별 집중 연구 필요

- 각 분류군의 정밀한 연구 및 관리방안보다는 특정 수계 및 지역 내에 서식하는 전체 외래종의 분포 현황을 중심으로 연구가 진행되었던 탓에 각 외래종의 집중적인 연구는 다소 부족한 것으로 판단됨. 이에 따라 연구목표 외래종을 사전에 선정하여 효과적인 관리가 수반되어야 함

□ 최신 연구 동향에 따른 연구 필요

- 식물의 경우 종자발아의 확률은 확산에 매우 중요한 요소이기 때문에, 가시박(Sicyos angulatus)의 종자 발아에 대한 연구를 통해 외래종 관리를 위한 연구가 수행되고 있음. 광범위한 확산을 막기 위해 양미역취(Solidago altissima)의 경우에는 초기 발견을 위한 연구가 수행되고 있고 큰빛이끼벌레의 경우에는 휴면아를 활용하여 서식지 밖으로 확산되는 연구가 수행됨

다. 추진방향 및 시범사업(안)

① 현황조사 및 평가 강화

□ 외래종 및 생태교란종에 대한 연구확대 및 관계기법 개발

- 낙동강에는 현재 뉴트리아, 큰빛이끼벌레, 강준치, 배스 블루길, 가시박, 양미역취 등이 빈번히 관찰되고 있으며 이미 상당한 피해를 유발되고 있음. 수자원공사에서 2018년 이후 일부 종에 관한 연구를 통해 분포가 밝혀지거나 번성 정도를 확인하고 있음

IV. 목표별 추진 방향

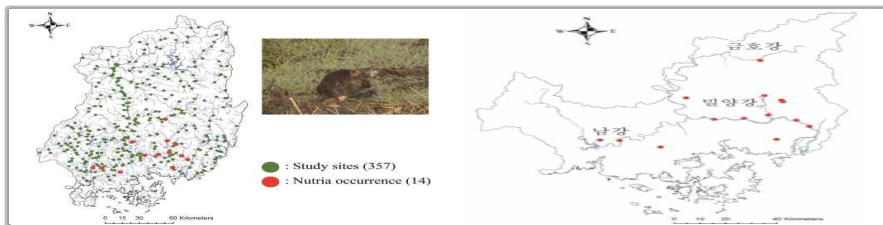
- 뿐만 아니라 2021년부터는 수자원공사가 중심이 되어 뉴트리아, 큰빗이끼벌레, 강준치 등의 수변 및 수중생물에 대한 현황을 파악하고 있으며 강준치의 경우 처리방안(그림 2-1-1)을 개방형 R&D를 통해 연구를 수행하고 있음
- 따라서 향후 외래종 현황조사 및 평가와 관련된 과제의 경우 단순 조사에 그치지 않고 외래종의 효과적인 관리 및 퇴치 기법을 개발할 수 있는 방향 지향해야 함



<그림 4-82> 강준치 수매 및 액비화의 예

□ 지속가능한 생태모니터링 기반 강화

- 생태계 교란종의 경우 장기모니터링이 절실히 요구되는 생물들이 많음. 뉴트리아의 경우 2015년경 까지 급격히 확산되고 있었으나 6-7억원의 예산을 집중 투입한 후 개체수가 감소하기 시작하였음
- 하지만 당시 조직적이지 못하고 체계가 부족하여 뉴트리아 퇴치에 한계가 있었음. 뉴트리아는 낙동강에 99.9%가 서식하였으며, 지자체별로 포획보상금이 달라 퇴치 전략의 일관성이 부족하여 퇴치의 실효성이 매우 낮았음
- 2021년 현재 일부 지역에 개체군이 남아 있어 재확산의 불씨가 남아 있어 현황 파악이 시급하며 일관되고 장기적인 관점의 모니터링 과제 도출이 필요할 것으로 판단됨



<그림 4-83> 낙동강유역 뉴트리아 조사 결과(좌) 및 확대분포(우) (홍성원, 주기재, 2020)

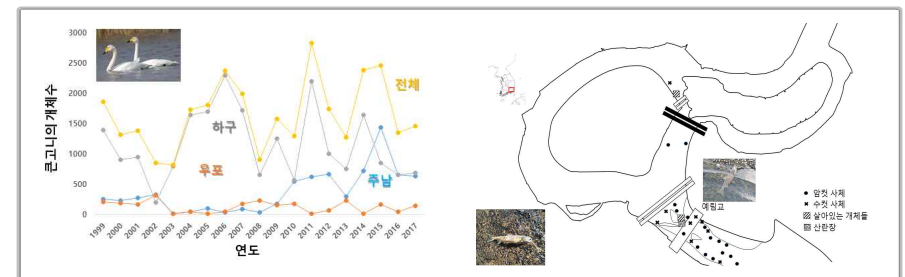
낙동강 자연성 회복 구성(안) 수립 연구용역

② 생물종다양성 증대를 통한 생태계서비스 향상 대상지 선정

□ 생물다양성관리 계획 및 전략수립

- 낙동강 본류와 지류는 우리나라의 타 수계와 달리 하천의 하상이 모래가 많으나 모래 하천의 특성이 생물다양성에 미치는 영향을 체계적으로 파악한 적이 없음
- 생물다양성관리 계획을 장기적으로 서식처다양성관점에서 접근하고 현재 수계에서 자생적으로 번성이 어려운 얼룩세코미꾸리, 흰수마자 등 핵심적인 종들을 파악하고 장기적으로 본류와 지류의 생물다양성 핵심 관리지역을 선정할 필요가 있음
- 2021년 1월 26일 구미 해평의 경우 고니가 약 800마리 정도 관찰되었음. 강 본류와 인접한 구하도(지산 셋강, 우각호)의 채식지(수초대)가 있었기에 가능한 부분으로 낙동강 전역을 통해 강과 강과 인접한 생물서식공간을 입체적으로 파악해 볼 필요가 있음

- 창녕 노리 인근의 본류에 위치한 수로: 철새 서식지
- 양산의 둔치내 습지 (고니의 중간 기착지)
- 밀양 예림교 (연어 산란장)
- 황강하류 (흰수마자 서식처)
- 밀양강일대 (귀이빨대칭이 서식처 확인)



<그림 4-84> 서식지별 큰고니 개체수의 연도별 변화(좌) 및 밀양강 연어 현황(우)

③ 시범사업(안)

□ 낙동강 중하류 중심의 외래종 퇴치/저감 사업

- 낙동강 중하류에는 강준치가 크게 번성하여 배스나 블루길을 대신할 정도로 우점하고 있음. 이로 인해 경제성 어종의 채집이 현저히 줄어 내수면 어업이 붕괴될 정도의 실정에 이르렀음. 먹이사슬의 이해를 통한 Top-down control에 대한 연구사업이 필요함
- 4대강사업으로 인한 하상의 단순화, 수심과 하폭의 변화가 타수계로부터 이입된 강준치의 번성에 기여한 것으로 평가됨. 뉴트리아의 경우 시범적으로 완벽한 제거가 가능한 구간(예: 밀양강, 단장천)을 선정하여 퇴치노력을 집중할 필요가 있으며 제거 전후 생물다양성 변화를 관찰할 필요가 있음

라. 기대효과

- 외래종의 효과적인 관리 및 퇴치 기법을 개발
- 생태계교란 생물 제거를 위한 기존 퇴치사업 현황 및 문제점을 분석 및 개선 방안을 도출
- 사업의 효율적인 이행을 위한 포괄적인 관리체계 및 평가지침 마련
- 핵심적인 종들을 파악하고 장기적으로 본류와 지류의 생물다양성 핵심 관리 지역을 선정
- 낙동강 전역을 통해 강과 강과 인접한 생물서식공간을 입체적으로 파악

<표 4-60> 낙동강유역 생태계 교란종 종류

사진	주요특징	기타
	<ul style="list-style-type: none"> • 종명: 뉴트리아(Nutria) • 학명: Myocastor coypus • 생태: 칠레, 우루과이 등 남미가 원산지이며, 하천내 독 근처에 구멍을 파고 군집을 이루어 생활함. 수중식물의 잎을 주로 먹으며, 대식성으로 인하여 생태계 교란 야생동물로 지정되어 관리, 규제하고 있음 	<ul style="list-style-type: none"> • 2009년 생태계 교란종 지정
	<ul style="list-style-type: none"> • 종명: 강준치(Sky gager) • 학명: Erythroculter erythropterus • 생태: 낙동강 중,하류 생태계에서 무리를 지어 다니며 최상위포식자로 군림함. 식탐이 강하며 경제성 토종어류를 주로 먹기 때문에 최근 생태계 교란종으로 지정해야 한다는 평가가 나오고 있음 	<ul style="list-style-type: none"> • 2004년 조만강에서 최초 확인
	<ul style="list-style-type: none"> • 종명: 큰빛이끼벌레 • 학명: Pectinatella magnifica • 생태: 동종의 여러 개체가 군집을 이루어 서식하며, 유속이 느린 강에 서식함. 사대강 사업 이후 낙동강의 유속이 느려져 활발한 증식을 유도했다는 분석이 나오고 있음 	<ul style="list-style-type: none"> • 지난 30년간 미국 서부를 포함하여 유럽, 아시아로 퍼짐
	<ul style="list-style-type: none"> • 종명: 가시박(Bur cucumber) • 학명: Sicyos angulatus L. • 생태: 하천부지와 저수지, 농수로 주변에서 주로 서식하며, 뛰어난 번식력으로 인해 농작물에 피해를 주고있음. 또한 다른 나무를 올라타며 자라기 때문에 지주식물의 광합성을 방해함 	<ul style="list-style-type: none"> • 수박 덩굴 쪼김 병을 막고자 북미에서 들어옴
	<ul style="list-style-type: none"> • 종명: 양미역취(Tall Golden-rod) • 학명: Solidago altissima L. • 생태: 북미 대륙 원산지이며, 뺨뺨한 군집을 이루어 서식함. 뿌리에서 'DME'라는 독성물질을 내뿜어 타 식물의 생장을 방해함 	<ul style="list-style-type: none"> • 타 식물의 생장을 방해하는 독성물질에 자가 중독되고 있다는 저서가 존재

4.4.2 하천 건강성 회복 및 서식처 복원구상

가. 현 황

□ 낙동강 하천건강성 현황

- 낙동강은 상류에 댐들이 위치하며 중류에는 대구와 같은 도시가 발달되어 있음. 남강의 경우 진주 일대의 공단을 지나 평야지대를 거치면서 비점오염원들이 많이 유입되고 있음
- 수계의 비점오염유입, 강 본류의 제방으로 인한 수변서식처 상실 등을 입체적으로 분석한 후 해당 하천의 특성에 맞는 유량, 생물다양성유지방안, 서식처 복원방안 등을 도출할 수 있는 과제가 필요함
- 낙동강의 자연성 회복을 위한 서식처의 질적변화를 파악하기 위해 본류 및 지류의 건강성 우수지역과 훼손지역에 대한 기초정보를 확보

□ 하천건강성평가

- 하천건강성평가 조사구간에서의 자연적인 종횡사주, 하도 정비 및 하도 특성의 자연성, 유속다양성, 하천변 폭, 저수로 하안공, 제방하안 재료, 저질상태, 횡구조물, 제외지 토지이용, 제내지 토지이용과 같은 항목을 이용하여, 서식처 및 하천 수변환경의 특성을 평가하고 평가구간에 대한 서식수변환경도를 작성하도록 함

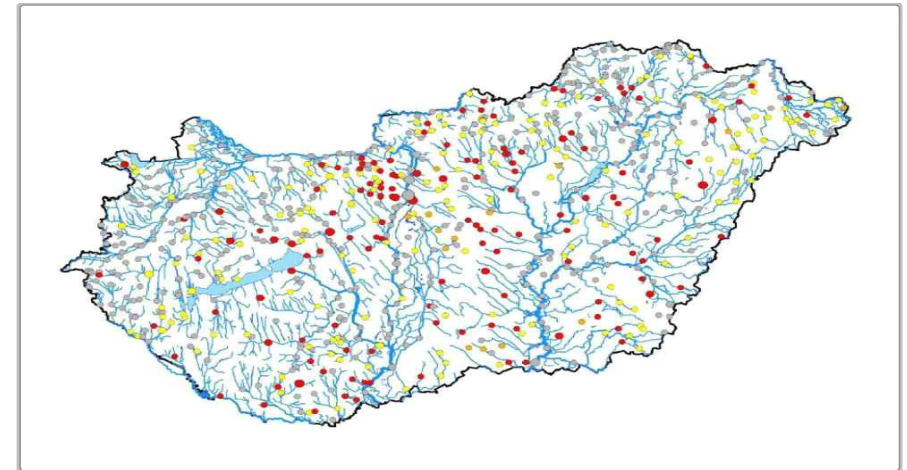
나. 문제점

□ 하천건강성평가 정도 관리 실시

- 정성정보를 평가하므로 연구원 간 조사 이견이 없도록 QA/QC를 항시 실시하여 조사를 진행하고, 또한 정성적 평가항목으로 평가가 불가능한 부분들과 특징적인 부분을 현장 조사 중 최대한 상세하게 기술하도록 함. 장기적으로 하천의 변화를 파악하는데 매우 중요한 기초자료를 확보

□ 하천건강성평가 관리 방안 수립 필요

- 낙동강 전역의 주요 본류 및 지류의 수질 자료, 수생태계 건강성자료, 하천 서식수변 자료 등을 Point-based Mapping 기법(그림 2-2-1) 등과 같은 최신 기법을 이용하여 GIS로 표시한 후 해당 집수역 인근의 인문사회 환경자료를 겹쳐 현황을 정밀하게 파악한 후 관리방안을 모색하는 등의 정량적 기법 개발을 위한 과제가 필요할 것임



<그림 4-85> Point-based Mapping 예시 (EU, Hungary, 출처: SMARAGD-GSH)

다. 추진방향 및 시범사업(안)

① 보호종 및 멸종위기종 회복중심의 서식처 관리방안 도출

□ 생물종에 대한 관심도 및 시급성을 고려한 서식처 구간 및 위치 선정

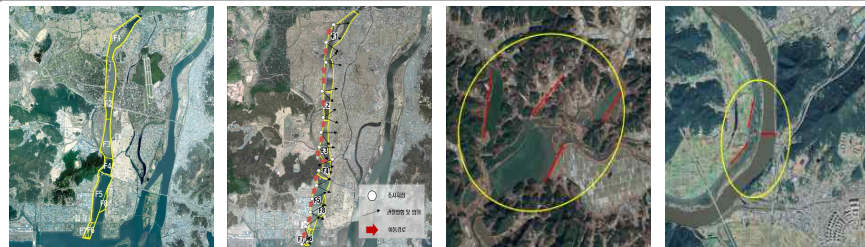
- 생물분류군 별 시범사업 대상구간은 매우 정교하게 선정되어야 함. 일부 멸종위기 어류의 경우 현재까지 파악된 자료와 인위적으로 방생한 자료를 취합하여 수계전체에서 가장 시급하게 보호해야할 시범사업 대상구간을 파악할 수 있는 과업이 필요할 것으로 판단됨

IV. 목표별 추진 방향

- 흰수마자 : 내성천
- 박실지 정양지 : 수생식물
- 열목어 : 봉화
- 삼락습지 : 맹꽁이
- 본포와 구미 해평 : 두루미, 고니

□ 주요 지천과 강 본류의 합류부 관리

- 낙동강 본류는 현재 매우 단조로운 형태로 총 525 km 중 약 300km 구간이 획일적인 보구간으로 변형되었음. 수심은 8~10m 강폭은 300~500m 정도로 변화되었고 수변부의 식생대도 매우 작아 수중생물들의 피난처가 부족함
- 밀양~수산부터 상주까지 크게 변형되었으며 고령부터 예천(하구로부터 약 300km)은 수심 1~2m가 10m 정도로 화정도가 매우크며, 지류와 본류가 만나는 지점은 수심이 얕고 퇴적 정도가 다양하며 독특한 형태를 나타냄
- 따라서 주요 지천과 강 본류의 합류부 관리 방안 도출을 위한 과제가 필요할 것으로 판단됨

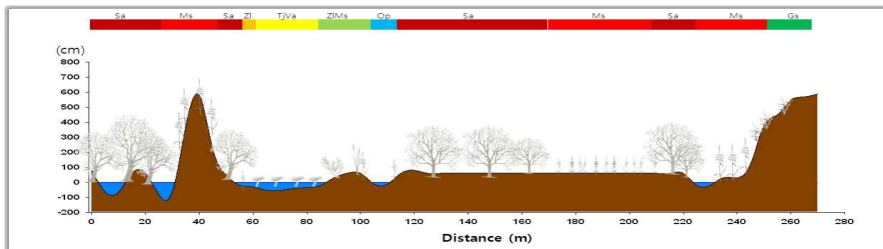


<서낙동강권역>

<우포늪과 토평천>

<고령 개진>

<그림 4-86> 낙동강 주요 지천과 강본류의 합류부(예 창녕 계성천·삼랑진 습지와 본류의 연결부, 합천 신반천, 합천 황강, 함창 영강, 삼강리 삼강합류부, 서낙동강)



<그림 4-87> 하천단면 모식도의 예

낙동강 자연성 회복 구성(안) 수립 연구용역

□ 기수복원 및 회유성어류 서식처 확대

- 낙동강 하굿둑 건설이 1987년에 완공된 이후 기수생태계가 담수와 해수로 극명하게 구분되면서 기수생물상이 급격히 변화되고 생물다양성이 감소됨
- 특히 어류 군집은 60~70종의 어류종다양성이 20~30종으로 감소되었고, 강하성 어류와 소하성 어류의 대표종인 연어와 민물뱀장어의 이동에 장애가 발생하였으며 기수역에 풍부하였던 제철 개체군도 소멸되었음
- 따라서 하굿둑 개방을 통한 기수생태계를 20~30km 정도 확대하여 하굿둑 건설전 수준으로 회복시켜야 함



<그림 4-88> 낙동강하굿둑 전경(좌 : 우안, 우 : 좌안)

② 생물서식공간 확보 및 평가 방법 개선

□ 강변저류지 확보를 통한 생물서식공간 확보

- 수변부 주요 습지와 인접 상습침수 농경지는 4대강 사업으로 인한 준설토 적치장으로 활용되어 홍수시 저류공간으로서 기능을 상실한 경우가 많음
- 낙동강 본류 및 주요 지류 10여개에서 강변저류지를 확보하여 평상시에는 수생식물(예: 연재배)을 재배하고 홍수시 저류지로 활용할 경우 생물다양성 증진과 기후변화에 대비할 수 있는 토대를 만들 수 있음
- 따라서 강변저류지(합천 신반천 일대, 남강 함안군 일대) 확보 방안 마련을 위한 과제 제안이 필요함

IV. 목표별 추진 방향



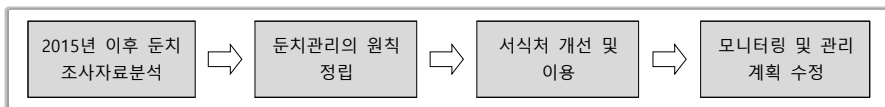
<그림 4-89> 창녕군의 습지 소실 현황



<그림 4-90> 창녕군 강태이곡의 소실변화

□ 강변저류지 확보를 통한 생물서식공간 확보

- 낙동강 본류의 둔치는 4대강 공사 당시 38개의 공구로 나누어 공사가 진행되었으며, 공구당 1-2개의 20-100만평 규모의 둔치가 조성되었음. 경작지는 자연적인 천이가 유도되도록 변화하였으며 일부둔치에는 생태하천과 인공연못이 조성되었음
- 이러한 변화에 대한 종합적인 평가는 2015년 이후 4대강 전체를 대상으로 진행되었으며 일부 구획화(zoning)를 위한 기초자료로 활용되었으나, 둔치는 생물서식공간과 이용공간이 혼재되어 있어 전체적인 관리의 원칙과 조성이 필요하며 자연성 회복을 위해 낮아진 수위에 맞는 전략 수립이 요구됨



<그림 4-91> 낙동강 본류의 둔치내 생물서식공간 평가 및 개선 순서

낙동강 자연성 회복 구상(안) 수립 연구용역

□ 하구-연안습지 복원

- 낙동강하구는 세계적으로 잘 발달된 삼각주(delta)로서 많은 모래섬들로 구성되어 있음
- 지난 30년간 다양한 보호방안들이 수립되고 습지보호구역으로 지정되어 관리되어왔으나, 하구 주변의 개발로 인하여 생태계의 온전성이 위협받고 있음
- 따라서 하구-연안의 기수역 확대와 더불어 종합적인 복원방안을 수립하여 구획화(zoning)에 따라 관리하여야 함



<그림 4-92> 하구-연안습지 전경(좌 : 연안습지(강진만갯벌), 우 : 매립습지(통영))

라. 기대효과

- 장기적으로 하천의 변화를 파악하는데 매우 중요한 기초자료를 확보 가능
- 낙동강의 자연성 회복을 위한 서식처의 질적변화를 파악하기 위해 본류 및 지류의 건강성 우수지역과 훼손지역에 대한 기초정보를 확보
- 수계전체에서 가장 시급하게 보호해야할 대상구간을 선정 가능
- 강변저류지 확보를 통한 생물다양성증진과 기후변화에 대비할 수 있는 토대를 만들 수 있음
- 주요 지천과 강 본류의 합류부 관리 방안 도출 가능
- 낙동강 본류의 둔치내 생물서식공간 평가 및 개선

4.4.3 하천·호소 생태계 생태거점 보전·관리 방안 수립

가. 현 황

□ 하천-호소 생태계 조사 배경

- 국내 대형하천은 많은 보에 의해 흐름이 조절되는 조절강 생태계로서 수문학적·기상학적 요인에 민감하게 반응하며, 특히 최근 4대강 살리기 사업 이후 하천 구조 변형에 의해 외래종의 증가와 같은 다양한 생태·환경 문제가 발생함
- 호소의 수질 및 수생태계 보전을 위한 호소수질측정, 수생태계건강성조사, 호소환경조사 등 다양한 조사사업과 조류경보제, 상수원호소, 중점관리저수지, 농업용 중점 관리저수지 등 관리업무가 수행중임

<조사근거>

- 「물환경보전법」(이하 ‘수질법’) 제28조
- 「물환경보전법 시행령」(이하 ‘시행령’) 제30조

<관계 법령 및 지침>

- 물환경측정망의 설치·운영: 법 제9조, 시행규칙 제22조 및 제23조
- 오염원 조사: 법 제23조 및 시행규칙 제32조

□ 하천-호소 생태계 조사의 기본 방향

- 호소 수계의 서식환경에 대한 일반현황, 수문현황, 오염원현황과 인문사회 및 경제적 여건에 관한 조사를 실시하고 호소의 생물다양성 조사 등을 포함하는 호소환경 전반에 대한 조사·측정을 하며 이를 토대로 호소수질 및 생태계 보전에 필요한 기초자료로 활용할 수 있게 함

나. 문제점

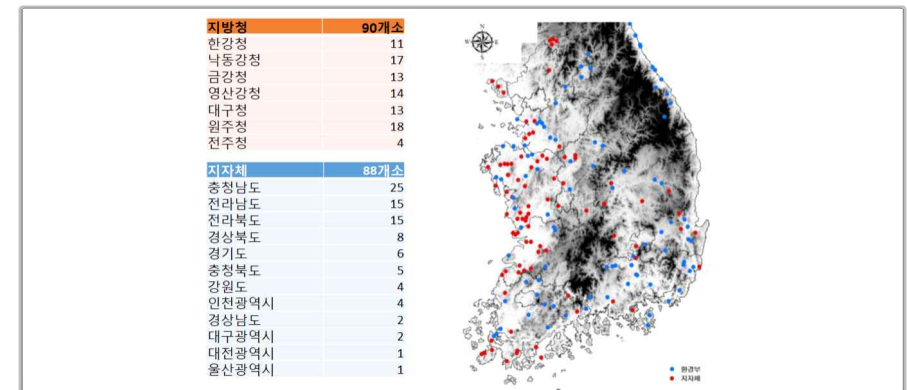
□ 체계적인 하천-호소 생태계 조사 미비

- 낙동강 주요 호소에 대한 축적된 자료를 체계적으로 분석하고 강의 지류와

분류에 미칠 수 있는 다양한 생태정보를 평가할 필요가 있음. 일부 호수의 경우 유입부는 호수와 계류 특성을 보여 서식처의 질이 높고 생물다양성이 높아 적절한 관리가 요구됨

□ 낙동강내의 주요 생태거점 단편화

- 낙동강내의 주요 생태거점은 단편화되어 종적, 횡적 연결성이 매우 부족한 실정임. 그러나 4대강 사업이후 경작지들이 생물서식공간으로 전환되어 방치된 사례가 많아 전략적으로 서식처의 질을 향상시킬 경우 생물다양성을 증진하는 것은 어렵지 않음
- 강의 분류와 지류, 주요 저수지 및 호수 등을 지역전문가들의 도움을 받아 1차적인 주요 지점으로 선정한 후 정밀조사를 실시하여 최종적으로 우선 관리지역을 선정할 수 있는 연구과제가 필요할 것으로 판단됨



<그림 4-93> 전국 호소환경조사 대상 현황

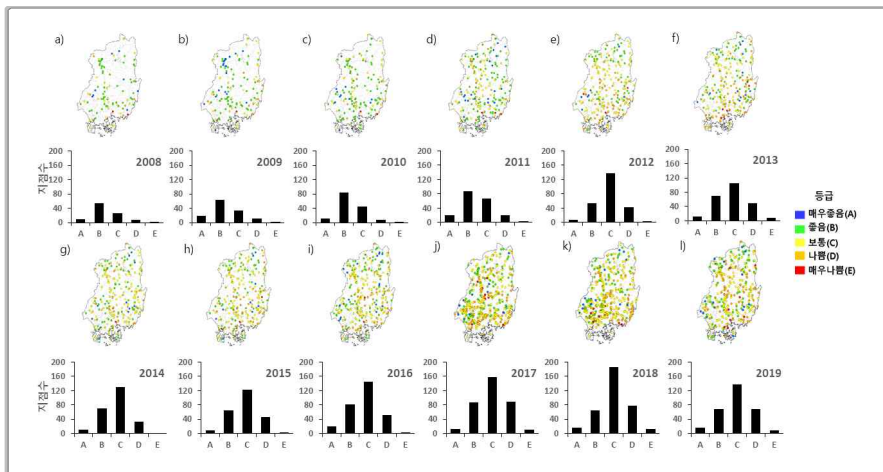
다. 추진방향 및 시범사업(안)

□ 취약요인 분석 및 중장기적 달성 목표 설정

- 생태거점은 주된 관리대상 분류군에 따라 현저히 달라질 수 있음. 저수지의 경우 유입부 인근에서는 양서 파충류의 서식이 매우 중요한 경우가 많으며 교란이 적은 호수의 일부 구간은 수생식물은 적은 반면 거울 철새들이 이용하거나 일부 수달과 같은 동물의 서식처로 중요함

IV. 목표별 추진 방향

- 따라서 환경부의 호수조사를 철저히 분석하여(약 50개소) 관리의 필요성과 취약요인을 분석하여 서식처의 질을 향상시키고자 하는 과제가 필요함.
- 시범사업 대상구간 및 위치
- 시범사업 구간선정은 서식처의 안정성, 주변 생태계의 질, 현재서식생물의 밀도, 멸종위기종 분포 유무 등을 복합적으로 고려하여 선정



<그림 4-94> 낙동강 대권역 서식수변환경지수(HRI) 등급 분포(환경부 하천건강성평가)

- 낙동강 주요 습지 DB평가
- 낙동강 중-하류는 우리나라에서 가장 잘발달된 강배후습지가 분포하였으나, 지난 50년간 농경지 확장, 주거지 건설, 도로 및 제방 건설, 공장 등으로 90% 이상의 습지가 소실되었음
- 현재 경상남도에만 약 300여개의 습지가 파악되고 있으며, 습지는 강분류의 건강성에 큰영향을 미치고 있음에도 불구하고 단편적으로 관리되고 통합적인 평가가 이루어진적이 적음
- 따라서 현재까지 파악된 낙동강 주요습지의 DB를 체계적으로 분류하고 강 분류와의 관계를 파악하여, 그중요도에 따라 입체적인 관리가 이루어지도록 하여야 함

낙동강 자연성 회복 구성(안) 수립 연구용역

- 생태조사 현황 개선 사업
- 낙동강에는 현재 호수조사, 하천건강성 평가, 4대강 보영향 평가, 그리고 둔치의 생태공간 분석 등 매우 다양한 조사들이 연계성 없이 진행되고 있음
- 강분류의 조사에서도 수심별 정밀조사가 이루어지는 곳과 표층수 중심의 조사가 체계없이 진행되고 있음
- 뉴트리아, 왕우렁이, 강준치, 양미역취, 가식박 등 외래기원 생물들이 크게 확장하고 있음에도 불구하고 생태조사의 기준점(집중조사지점, 연속조사지점 등)이 확보되어 있지 않아 장기적인 동향을 파악하는데 한계가 있음
- 따라서 현재 진행되고있는 국가단위의 생태조사 목록, 목적, 성과 등을 입체적으로 분석하고 장기적인 계획을 일원화된 틀속에서 진행할 필요성이 있음

라. 기대효과

- 하천-호소환경 전반에 대한 조사·측정을 하며 이를 토대로 수질 및 생태계 보전에 필요한 기초자료로 활용할 수 있게 함
- 주요 지점으로 선정한 후 정밀조사를 실시하여 최종적으로 우선 관리지역을 선정 가능
- 하천-호소조사를 철저히 분석하여 관리의 필요성과 취약요인을 분석 가능

4.4.4 수생태계 위해물질 관리강화

가. 현 황

- ☐ 낙동강 수생태계 위해물질 영향
 - 낙동강은 우리나라의 다른 강에 비해 중-상류수에 다양한 오염원이 산재하여 하류 지역에서 지표수를 취수하여 음용수로 사용하는 경우로 생태계는 물론 주민건강에 밀접하게 관련됨
 - 수생태계의 위해물질은 환경호르몬으로서 생물에게 크게 영향을 미치고 먹이사슬에까지 영향을 줄 수 있는 중요한 요소임
- ☐ 수생태계 위해물질 관리제도
 - 산업의 발달로 인해 전세계적으로 약 345,000여종, 국내에는 약 44,000여종의 유해화학물질이 제조되어 사용되고 있으며, 해마다 유해화학물질의 사용과 유통이 급증하고 있음. 우리나라의 경우도 매년 300여종의 신규 화학물질이 수입되거나 제조되고 있음
 - 생태 위해성 평가 및 관리기술 개발 측면에서는 국내 생물종을 사용한 독성 시험지침 마련, 온라인 VOCs, 중금속, 조류독소 모니터링 시스템, DNA chip을 이용한 수계의 위해성 미생물 검출기술 등이 진행되고 있음

나. 문제점

- ☐ 낙동강 수생태계 위해물질 영향
 - 낙동강의 공단이 위치한 지천을 중심으로 많은 모니터링이 이루어졌음. 따라서 기존의 위해물질의 분포 및 예상되는 문제점을 강전체의 건강성 회복 차원에서 평가할 때임
- ☐ 수생태계 위해물질 관리제도

○ 수생태 모델링을 이용한 수생태계의 관리 및 정책적 적용을 위한 수생태계 예측 모델에 대한 연구 개발이 진행 중이며, 국내 모델링 적용의 경우 해외모델을 사용하여 주로 하천에 국한되어 있으며 외국에 비해 상대적으로 관련 연구가 미흡한 실정

다. 추진방향 및 시범사업(안)

- ☐ 생태독성 및 위해성평가에 대한 기준마련
 - 낙동강은 최상류의 영풍제련소, 구미일대의 공단 등 무수히 많은 위해물질 유입가능성이 높은 지역이 있으며 지난 30년간 문제가 되고 있으므로 이에 대한 생태독성 및 위해성 평가 관련 과제가 필요함. 본 과업을 통해 낙동강 유역의 생태 독성 및 위해성 평가에 대한 기준점 마련이 필요함
- ☐ 퇴적물 조사 및 중금속 모니터링
 - 현재 지속적으로 진행되고 있는 퇴적물의 중금속 (Al, Ni, Cd, Pb, Cr 등)은 연 2회 조사가 강의 분류와 주요 지류에서 실시되고 있음. 연 4회로 증가 되는 것이 바람직하며 오염 우려지역에 대한 집중조사가 요구됨. 또 일부 구간에서 납과 카드뮴이 배경농도 이상인 경우 유입경로를 철저히 파악할 필요가 있음

라. 기대효과

- ☐ 기존의 위해물질의 분포 및 예상되는 문제점을 강전체의 건강성 회복 차원에서 평가 가능
- ☐ 수생태 모델링을 이용한 수생태계의 관리 및 정책적 적용
- ☐ 낙동강 유역의 생태 독성 및 위해성 평가에 대한 기준점 마련