

하천의 어제,
오늘 그리고 내일

• 2
River & Culture



김 상 옥 | 강원대학교
토목공학과 조교수
(sukim70@kangwon.ac.kr)

생태하천 복원사업과 댐 건설사업의 연계 필요성

들어가며

원주천은 현재 많은 변화를 앞에 두고 있는데, 이 변화는 두 가지의 수자원 관련 계획에 의해 진행될 예정이다. 그 중 하나는 기존의 원주천을 보다 자연친화적이고 생태적으로 탈바꿈시키기 위한 생태하천 복원사업이고, 또 다른 하나는 원주천 상류에 추진되고 있는 홍수조절용 댐 건설 사업이다.

대부분의 생태하천 복원사업에서 가장 중요한 부분은 하천생태를 유지하기 위한 서식처를 구성하고 유지하기 위한 유량의 확보이다. 특히 원주천과 같이 도심에 흐르는 도시하천인 경우에는 유량확보에 있어 공간적 구속이 따른 어려움이 더욱 큰 경향이 있다. 도시하천의 경우 유량확보를 위해서 인근의 대하천이나 저수지로부터의 도수, 지하철용출수나 하수처리장 방류수의 재이용 등 다양한 방법이 사용될 수 있으나, 경제적인 문제부터 수리권 관련 문제까지 쉽게 해결될 수 있는 사안이 거의 없다.

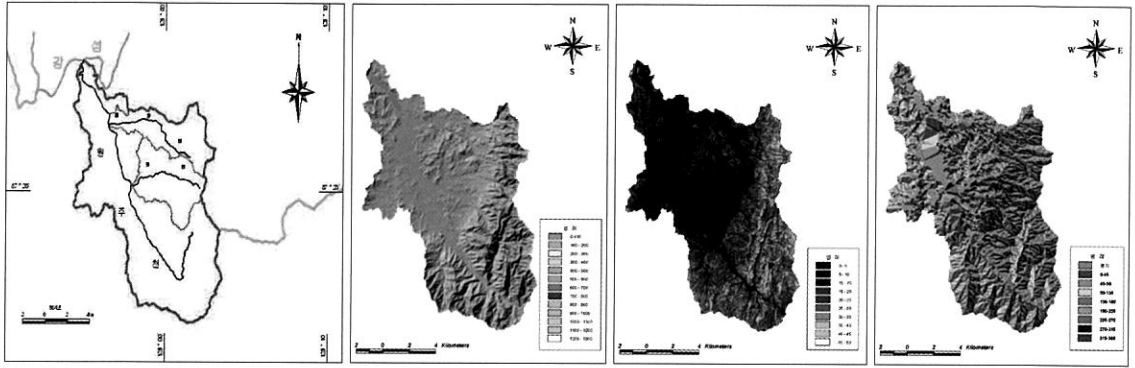
하천의 유량을 인위적으로 조절하기 위해서는 상류에 댐과 같은 구조물의 건설이 필요하지만, 댐 건설이 주는 환경적 측면의 부정적 영향도 있어 최근 댐 건설과 관련된 인근지역 주민을 비롯한 여러 단체의 반대로 건설이 쉽지 않다. 현

재 원주천의 경우 2013년도 국회예산에 원주천 홍수조절댐 사업을 위한 기본설계비 13억 5천만 원이 반영되는 등 원주천 상류에 댐을 건설하기 위한 사업이 가시화되고 있다. 원래 홍수조절용댐이란, 홍수시에만 물을 가두는 개념의 댐으로 평상시에는 물을 담수하지 않기 때문에 생태하천 복원사업에 필요한 유량을 댐으로부터 공급받지 못할 가능성이 크다.

따라서 향후 생태하천 복원사업을 건립 추진 중인 원주천 홍수조절댐 사업과 연계하여 유량을 확보함으로써 두 가지 사업의 시너지 효과를 창출할 필요성이 있다. 이 글에서는 ‘원주천 살리기’ 기본계획에 나타난 주요 사항을 요약하여 정리함으로써 두 사업의 연계를 위해서는 어떤 요소가 중요하게 다루어져야 하는지를 제시하고자 하였다.

원주천의 유역현황

원주천은 섬강의 제 1지류로 유역의 동남단 남태봉의 서쪽 능선 고지에서 발원하여 남쪽으로 유하하다가 금대교에서 유향을 북북서 방향으로 바꾸어 유하하여 섬강에 합류하는 유역면적 152.92km², 유로연장 27.88km인 하천으로 동경 127°54'30"~128°3'3", 북위 37°14'29"~37°25'31"에 위치하며 동쪽



〈그림 1〉 원주천 유역도

〈그림 2〉 원주천 유역 표고분석도

〈그림 3〉 원주천유역 경사분포도

〈그림 4〉 원주천유역 경사방향도

* 출처: 원주천 살리기 기본계획 수립용역보고서, 원주시, 2005.3.

으로 흥양천, 화천 등의 주된 지류가 유입되고 유역폭이 넓게 발달되어 있다(그림 1). 유역의 평면적 특성은 하천을 이해하고 유역의 수문사항을 분석하는데 있어서 매우 중요한 요소이다. 유역의 형상계수는 유역의 형태를 나타내는 무차원 단위의 수치로서 형상계수가 1.0에 가까울수록 유역의 형상은 정방형에 근접하게 되며, 형상계수가 클수록 유출의 집중성향이 커 침투홍수량이 크게 발생하는 반면 형상계수가 작을수록 유출의 집중성향도 약해져서 침투홍수량이 비교적 적게 나타나게 된다. 원주천의 경우 형상계수는 약 0.197로 섬강(0.146)보다 약간 크다. 또한 원주천 유역의 표고분포는 EL.600m 이하가 90% 이상 분포하고 있으며, 상류부 치악산 분수계를 따라 EL.1,300m 이하의 고지대가 분포하고 있다(그림 2). 원주천 유역의 경사분포는 5° 이내가 27.03%, 30° 이내가 89.81%, 45° 이내가 99.97% 이내를 이루고 있다(그림 3). 경사향의 분포는 원주시까지 지역에서는 평지 또는 낮은 경사를 나타내고 있으며, 기타 지역에서는 산지지형의 경사방향성이 뚜렷한 형태를 보이고 있다(그림 4).

또한 원주천은 〈표 1〉에서 보는 바와 같이 지방하천 2개소와 소하천 15개소로 구성되어 있으며 이외에도 비교적 큰 규모의 하수구 13개소가 연결되어 있다. 또한 작은 규모의 저수지가 몇 개 있을 뿐이고 비교적 큰 규모의 수원은 없다.

〈표 1〉 원주천의 구성

구분		유로연장(m)	경사
지방하천	흥양천	10,919	0.069
	화천	7,138	0.076
	잔골천	1,588	0.047
	중방천	1,670	0.026
	무명천	1,970	0.019
	일야미천	1,956	0.014
	입춘내천	4,327	0.018
소하천	신촌천	4,861	0.074
	신성천	1,927	0.097
	양금대천	1,178	0.214
	소도시천	1,354	0.108
	대도시천	2,882	0.123
	금대천1	1,677	0.157
	금대천2	1,673	0.130
	금대천3	2,868	0.106
	막골천/무명천	7,138	0.030
	일른천	4,306	0.094

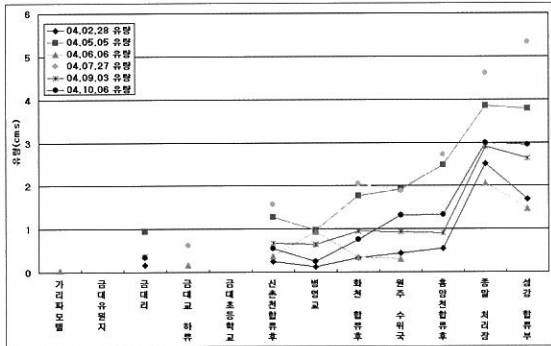
원주천 유역의 기상 및 유량 관측현황

원주천 유역에 대한 수문분석을 수행하기 위해서는 기상 관측소로 기상청 산하의 흥천 및 원주관측소를 비롯한 약 10개의 관측소자료를 사용할 수 있으나, 유역유출모형을 구축하기 위해서는 시우량자료의 보유상태가 양호한 기상청

원주관측소(1975년 운영개시)의 자료를 활용하는 것이 좋다.

또한 원주천 원주교 지점에 1962년 설치된 원주수위관측소가 있으나, 자료의 결측이 많고 유량의 실측성과가 미흡하여 수위-유량곡선의 수정이 절실한 상황이다. 특히 원주천의 경우 향후 댐 건설이나 자연형 하천사업과 같은 유량과 관련된 주요 사업의 진행이 많으므로, 기본계획부터 유량을 실측하도록 하여 실질적인 수위-유량관계곡선을 작성할 필요가 있을 것으로 판단된다. 원주시는 비교적 최근인 2004년에 6회에 걸친 유량측정을 시행하였는데, 그 결과는 <그림 5>와 같으며, 이 자료를 활용하여 추정된 원주천의 주요 지점별 기준갈수량은 <표 2>와 같다. 특히 당시의 측정된 수위 및 유량자료를 활용하여 원주교 수위표에서의 수위-유량관계곡선식을 작성한 바 있는데, 그 식은 다음과 같으며 결정계수는 0.944였다.

$$Q=25,22(h+0,3)^{2,70}$$



<그림 5> 원주천 유역 유량측정 자료(2004년)

* 출처: 원주천 살리기 기본계획 수립용역보고서, 원주시, 2005.3.

원주천의 수질관측 현황

원주시가 2004년도에 3회(2월 27일, 6월 7일, 11월 5일)에 걸쳐 시행한 수질조사 결과, BOD 기준에 의한 수질 등급은 하수종말처리장 상류는 개략적으로 II급수로 나타났고, 하수종말처리장 하류는 처리수의 유입으로 IV/V급수로 나타났다. 각 항목별 세부적 사항을 요약하면 다음과 같다.

- pH는 대부분의 지점에서 중성을 나타내며 몇 지점에서는 약한 알칼리성을 나타냄
- 겨울철 DO는 대부분의 지점에서 10mg/L 이상을 나타내었으나, 단계천의 경우 공장시설들의 하수로 인해 DO가 불과 2mg/L 이하의 낮은 값을 나타냈고, 하수종말처리장 하류에서 섬강까지는 처리수의 높은 BOD 농도의 영향을 받아 10mg/L 이하를 나타냄
- BOD 분석 결과 상류 금대리의 경우는 1.0mg/L 이하로 나타나 양호한 수질을 보이고, 하수종말처리장까지는 3.0mg/L 이하로 나타났고 하수처리장 방류수가 영향을 주는 하류는 10.0mg/L 이하로 나타냄. 단계천의 경우는 우수와 오수가 분리되는 분류식 하수도이나, 이들이 서로 섞여 높은 BOD를 나타냄
- 원주천의 총질소 농도는 2~31mg/L의 범위이며 단계천과, 하수종말처리장, 섬강합류부에서 다른 지점과 비교적 높은 차이를 보이고, 단계천 지점부근에서는 공장폐수로 인해 총질소 농도가 가장 높음
- 원주천의 총인 농도는 0.02~7.9mg/L의 범위를 보였으며, SS 농도는 대부분 0.3~43mg/L의 범위였으나, 원주수위국과 단계천은 명륜천과 우산동의 공장폐수로 인해 다른 곳들에 비해 SS가 높은 농도를 나타냄

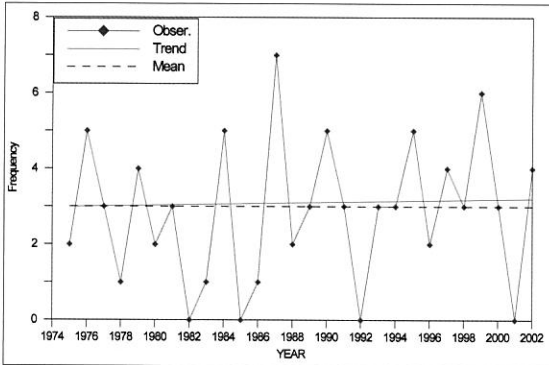
<표 2> 원주천의 지점별 기준갈수량

구분	금대리	신촌천	신촌천 합류부	병영교	화천 합류부	원주 수위국	홍양천	홍양천 합류부	하수 처리장	섬강 하구
기준 갈수량 (m³/s)	0.160	0.032	0.253	0.122	0.333	0.438	0.084	0.549	2.515	1.683

* 출처: 원주천 살리기 기본계획 수립용역보고서, 원주시, 2005.3.

원주천유역의 강우분석 결과

〈그림 6〉은 2004년 원주천 살리기 연구용역에서 시행한 원주관측소의 관측기간 연 집중호우 발생빈도에 대한 경향을 나타낸 것이다. 변동성 분석결과 1986년을 변동점으로 하여 강우의 변화가 발생했던 것을 알 수 있었으며, 점차적으로 강우가 증가하고 있는 추세임을 알 수 있다.



〈그림 6〉 집중호우 발생빈도의 변동 및 경향성 분석

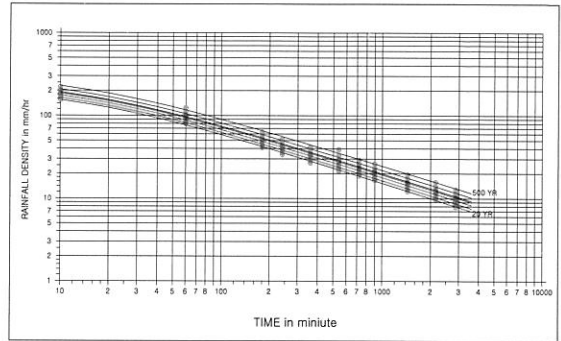
* 출처: 원주천 살리기 기본계획 수립용역보고서, 원주시, 2005.3.

또한 이 연구용역에서는 지속시간 10분에서 48시간까지 총 13개 지속시간별, 1.58년 빈도에서 200년 빈도까지 총 8개 빈도별 확률강우량을 각 분포형에 대한 적합도 검정을 통하여 확률가중모멘트법에 의한 Gumbel 분포를 채택하여 산정하였다(표 3).

〈표 3〉 지속시간별 빈도별 확률강우량

지속시간	확률 강우량 (mm)							
	20년	30년	50년	80년	100년	200년	500년	
원	10분	26.0	27.4	29.2	30.9	31.7	34.1	37.3
	1hr	80.5	86.2	93.2	99.7	102.8	112.3	124.9
	3hr	123.8	132.4	143.2	153.0	157.7	172.1	191.2
	4hr	137.2	146.6	158.4	169.2	174.4	190.2	211.2
	6hr	162.9	174.1	188.2	201.1	207.2	226.1	251.1
주	9hr	195.3	211.8	233.4	254.4	264.7	298.5	347.2
	12hr	226.7	242.9	263.1	281.7	290.5	317.7	353.6
	15hr	251.0	269.7	293.0	314.4	324.5	355.9	397.3
	24hr	294.6	317.0	345.0	370.7	382.8	420.5	470.2
	36hr	352.0	380.2	415.4	447.7	462.9	510.3	572.7
	48hr	380.8	411.0	448.8	483.4	499.7	550.5	617.4

산출된 확률강우량 결과를 바탕으로 10분~2,880분까지의 지속시간에 대하여 강우강도식을 유도하였으며, 강우강도식은 빈도별로 편차가 가장 작은 Sherman형을 채택하였고, 이를 활용한 I-D-F분석 결과는 〈그림 7〉과 같다.



〈그림 7〉 I-D-F분석 결과(원주 관측소)

* 출처: 원주천 살리기 기본계획 수립용역보고서, 원주시, 2005.3.

원주천 수량 확보를 위한 고려사항

원주천의 기능강화를 위해서는 용수확보가 필수적이며 용수확보방안은 유역관리에 의한 지하수위의 상승, 신규수원의 개발, 하수현지처리 강화, 하도의 개선, 하수도시스템의 개선에 의한 계곡수와 우수를 원주천으로 방류, 하수처리장 처리수의 재활용 등의 방안을 고려할 수 있는데, 그 중 중요하게 활용될 수 있는 몇 가지 방안을 제시하면 다음과 같다.

- 상류 신규택지 개발지역 현지처리 원칙의 확립: 하천의 건천화 방지와 유지용수 확보를 위해 새로이 개발되는 단관/구곡지구, 무실지구 등 원주천 상류지역에서 하수의 현지처리를 확대하여 처리수를 상류하천에 직접 방류하는 방안을 검토하여야 하며, 이후 신규로 발생하는 상류지역의 하수는 현지처리를 통해 하천으로 방류하여야 함
- 분류식 하수관거의 조속한 확충과 토출구 개량: 원주천 하수처리장(현재 운영 중인 13만톤/일)으로 유입되는 하수관거는 분류식으로 조속히 확충하여 분류식 하수도에서 유입되는 계곡수와 우수가 하수처리장으로 유입되지 않고 하천유지용수로 기능을 하도록 하며, 이를 위해 분류하수관 설치와 토출구의 개량을 최우선으로 추진하여야 함
- 무실하수처리장 방류수 활용: 새로이 계획되는 무실하수처리장의 방류수를 하천특성에 적합하게 고도처리와 송수와정에 저류지를 통과하면서 침전, 식생정화 또는 역간접축산화시설을 도입하여 하천의 방류기준에 적합하게 정화 후 상류의 유지용수로 활용하는 방안을 고려하여야 함. 하수처리수를 상류지역까지 이송하여 방류할 경우 건천화 방지뿐만 아니라 하수처리에 대한 시민들의 인식도 제고될 것임
- 신규 수원의 개발: 신규수원을 개발하는 방안의 검토도 필

요함. 이미 원주천의 경우 도시유역화 되어 개발가능지는 희박하나 지하수 개발, 저수지, 보 등의 개발 가능성을 검토하여야 하며, 특히 신체에 접촉하는 위락 및 친수용수로 활용되는 지점의 경우 많은 유지용수 확보를 위한 저수지 건설 등 적극적인 확보방안의 검토가 필요함. 이를 위한 노력으로 삼강수계(전천, 원주천) 유역치수종합계획(건교부, 2004)에서 계획 예정인 금대리 상류와 신촌천의 올미득 지점의 저수지를 적절하게 활용토록 계획함

- 유역관리를 통한 합수량 증대: 도시유역에서는 표면의 불투수층이 증가함으로써 강우시 지하수 충전이 감소하게 되어 갈수기 기저유출량 감소로 인해 하천이 건천화 됨에 따라 유역의 침투력을 증가시키거나 자연저류력을 증가시키는 등 유역관리를 통해 기저유출량을 증가시키게 하는 방안임. 유량확보를 위한 유역관리 방안은 그 외에 우수분류관 설치 등 수량 확보에 관한 종합적인 접근방법을 모두 포함함. 이때까지 검토한 것을 종합해 원주천 수량관리계획의 장단점을 검토해 보면 (표 4)와 같음

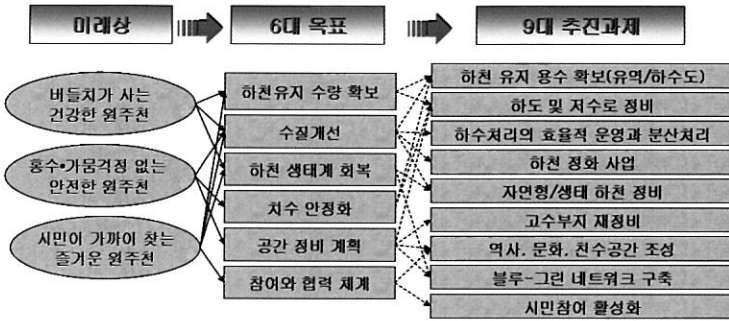
나가며

이 글에서는 원주천의 기본적인 기상, 수리 및 수문, 용수

〈표 4〉 원주천 수량관리 계획

구 상	방 안	검 토	
		장 점	단 점
신규수원 개발	상류에 저수지 축조	<ul style="list-style-type: none"> ● 하천수질 개선 ● 하천기능 유지(생태, 경관) 	<ul style="list-style-type: none"> ● 공사비 ● 국토해양부와의 협의
	지하수 개발	<ul style="list-style-type: none"> ● 하천수질 개선 ● 원주시 단독 추진 가능 ● 비용 저렴 	<ul style="list-style-type: none"> ● 지하수 고갈에 따른 하천 갈수량 저하
	수중보 또는 고무댐 건설	<ul style="list-style-type: none"> ● 원주시 단독 추진 가능 ● 비용 저렴 	<ul style="list-style-type: none"> ● 수질문제 선 해결 필요
하수처리수 재이용	무실하수처리장 방류수 상류 수송	<ul style="list-style-type: none"> ● 하천수질 개선 ● 원주시 단독 추진 가능 	<ul style="list-style-type: none"> ● 추가처리 필요 ● 주민의 거부감 해소
	상류에 마을단위 소규모 고도하수처리장 건설	<ul style="list-style-type: none"> ● 하천수질 개선 ● 원주시의 노력 	<ul style="list-style-type: none"> ● 하수종말시스템과 연계 부족
우수/상류계곡수의 유입 확대	분류식하수관거 정비와 토출구 개량	<ul style="list-style-type: none"> ● 하천수질 개선 ● 하천기능 개선(생태, 친수, 경관) ● 하수처리장 안정화 	<ul style="list-style-type: none"> ● 비용과다와 시간적 제약 ● 2016년 하수도정비시스템
침투력 증가 등 유역관리	우수침투 증진, 불투수층 제거 등	<ul style="list-style-type: none"> ● 갈수기 유량증대 ● 수질 개선 	<ul style="list-style-type: none"> ● 유역관리 ● 가시적 효과 미미

* 출처: 원주천 살리기 기본계획 수립용역보고서, 원주시, 2005.3.



(그림 8) 원주천의 회복을 위한 6대 목표 및 9대 추진과제

확보 계획 등을 관련 보고서를 참조하여 요약하였다. 원주천 살리기 사업은 원주천의 수질개선, 생태계의 보호 및 친수공간 확보를 위해 지금의 갈수량보다 2배 이상 확보하고, 확보된 유량으로 BOD 기준 2등급을 유지함으로써 다양한 수중 생태계를 회복하여 시민이 즐겨 찾을 수 있는 하천의 모습으로의 변화를 목표로 하고 있다. 이와 같은 목표를 달성하기 위하여 원주시는 (그림 8)과 같은 6대 목표와 9개의 추진과제를 설정하고 이를 추진할 예정이다.

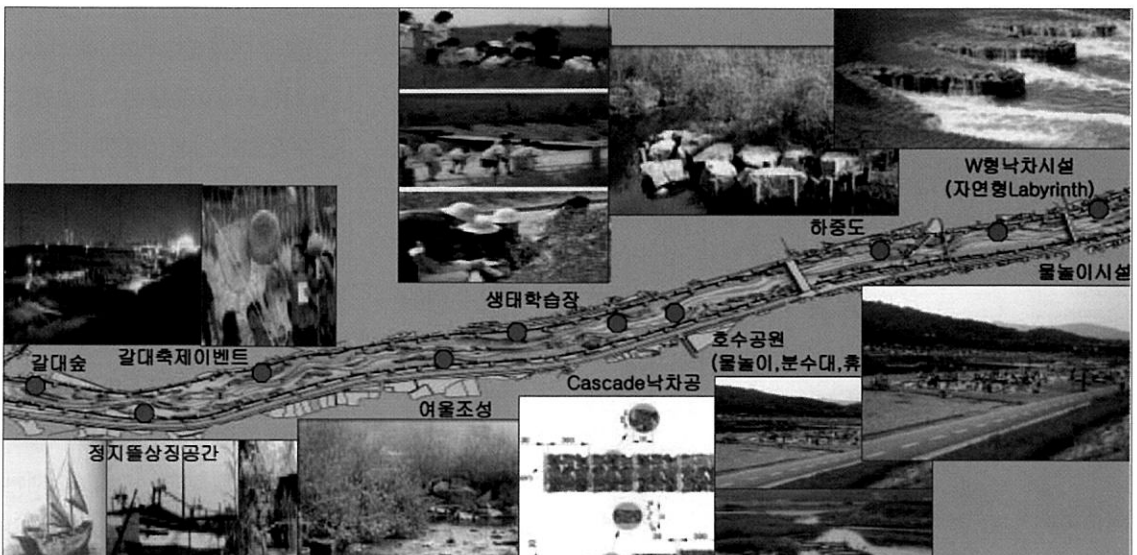
원주천 살리기 기본계획에는 생태하천복원지구(중방교~흥향천 합류부), 체육간강지구(흥양천 합류부~강변교), 도심생태하천복원지구(강변교~화천 합류부), 생태하천복원지구(화천 합류부~동부교), 생태하천보존지구(동부교 상류~금대천) 등의 지구별 세부계획의 시행을 위한 마스터플랜이

수립되어 있다(그림 9). 특히 이와 같은 사업의 추진을 위해 원주시는 환경부와 공동으로 2013년부터 2015년까지 총 사업비 99억 원을 투입하여 원주천 호저면 주산리에서 관설동 영서고등학교 구간에 생태통로를 연결하는 등 생태계 복원사업을 본격적으로 추진할 예정이다.

향후 이와 같이 수립된 계획의 단계적 시행에 있어 현 시점에서 추가로 고려해야 할 점은 서론에서 기술한 바와 같이 별도로 추진되고 있는 원주천 홍수조절용댐의 건설과 원주천 생태하천 복원사업을 연계하여 추진하는 것이다. 현재 수립된 계획은 원주천 상류에 건설될 예정인 홍수조절용댐의 활용에 관한 검토가 없이 수립된 계획이므로, 원주천의 생태하천 복원에 필요한 구간별 필요유량의 확보를 위해 홍수조절용댐의 기능 중 일부를 하천생태계의 복원을 위해 사용할 수 있도록 계획한다면 두 가지 사업의 사업성을 증대시킬 수 있을 뿐만 아니라, 경제적으로도 긍정적 효과를 기대할 수 있을 것이다. 🌍

참고문헌

원주천 살리기 기본계획 수립용역보고서, 원주시, 2005.3.



(그림 9) 도심생태하천복원지구(강변교~화천 합류부)의 설계 사례