

강릉 남대천 수리권 재정립

Re-establishment of Water Rights for Namdaechun River in Gangneung

Chang Kun Park, Sang Cheol Jee

Civil Engineering, Catholic Kwangdong University, 24 Beomil-ro 579 beon-gil, Gangneung-si,
Gangwon-do, Korea

Abstract

The lack of environmental flow of Namdae River in Gangneung causes water pollution that could decimate population of fish and is destroying the ecosystem. Only 0.056 m³/s of water flow amount was measured at the Obong Dam, substantially below a legal environmental flow (0.4 m³/s). The Korea Rural Community Corporation takes more than 2 billion won every year for supplying residential water to the Gangneung City from Obong Dam. Considering its failure to maintain the legal guideline of environmental water flow while providing residential water to Gangneung City, it makes undue profits about 290-670 million won every year. Therefore, the Gangneung City should conduct negotiations with the Korea Rural Community Corporation for re-establishment of water rights for Namdae River. It is crucial for recovery of the ecosystem in Namdae River to map out a plan that secures the supply of proper environmental flow.

Key words: Gangneung Namdaechun river, environmental flow, reestablishment of Namdaechun river water rights, Korea Rural Community Corporation

* 이 연구는 강원녹색환경지원센터 연구사업의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

** Tel. +82-33-649-7514. Fax. +82-33-642-3359. E-mail. ckpark@ckd.ac.kr

Submission & Publication Process

Received: Apr. 6, 2015 / Revised: Aug. 28, 2015 / Accepted: Sep. 7, 2015

국문초록

강릉 남대천은 하천유지유량의 부족으로 하류지역에서 물고기기가 폐죽음을 당하는 등 심각한 수질오염이 발생하고 하천 생태계가 파괴되고 있다. 한국농어촌공사는 오봉댐에서 법정 하천유지용수(0.4 m³/s)를 공급하지 않고, 유량관측 결과 0.056 m³/s를 공급하고 있다고 평가되었다. 한국농어촌공사는 오봉댐에서 강릉시 생활용수를 공급하고 매년 20억원 이상의 물값을 받고 있다. 즉 남대천의 법정 하천유지유량을 공급하지 않은 상태에서, 강릉시에 생활용수를 공급하였기 때문에 한국농어촌공사는 매년 최소 2.9억원, 최대 6.7억원의 부당이익을 취하고 있다. 따라서 강릉시는 한국농어촌공사와 남대천 수리권을 재정립하기 위한 협상을 진행할 필요가 있고, 적절한 하천유지용수를 확보하여 남대천의 생태계를 회복시키는 방안을 마련할 필요가 있다.

주제어: 강릉 남대천, 하천유지유량, 수리권 재정립, 한국농어촌공사

1. 서론

오봉댐을 관리하고 있는 한국농어촌공사는 강릉시의 농업용수용 물을 무상으로 제공하고 있지만 상수원수에는 비용을 부과하여 강릉시로 부터 매년 약 20억을 청구하고 있는 실정이다. 이는 자연유역에서 발생하는 물을 막아 댐을 건설하고 물을 저장한 뒤 물이 필요한 지역에 물을 파는 것으로 해석할 수 있다. 특히 오봉댐 하류부에 하천과 수생태계의 정상적인 기능 유지에 필요한 최소한의 하천유지유량도 보장하지 않아 최근 많은 문제점이 발생하고 있다. 이와 같이 하천유지유량을 확보하지 못하면 건천화현상이 발생하고 암반이 노출되며 그에 따라 하천 수질이 악화되고 생태계가 파괴되어 하천에 악영향을 미친다. 참고로 하천법 제51조에서 하천유지유량은 생활·공업·농업·환경개선 발전 주운 등의 하천수 사용을 고려하여 하천의 정상적인 기능 및 상태를 유지하기 위하여 필요한 최소한의 유량으로 정의하고 있다.

최근 남대천 하류지역에서 은어가 폐죽음을 당하고 악취가 나며 부유물이 떠다니는 상황이다. 2013년, 2014년 연속적으로 폐죽음 사태가 발생했는데(Figure 1), 관계당국(강릉시)은 은어가 집단 폐사한 것은 최근 가뭄이 장기화되고 있는데다 낮 최고기온이 30도 안팎까지 오르면서 수중 용존산소량이 부족해졌기 때문으로 추정하고 있다. 즉 하천유지유량의 부족과 오염물질의 유입과 같은 인위적인 원인은 언급하지 않고 자연재난으로 규정하고 있다.

현재 한국농어촌공사는 강릉시 농업용수와 생활용수를 공급하기 위하여 오봉댐을 운영하고 있는데, 하천이 환경적 기능을 유지하도록 하는 하천유지유량을 확보하지 못했다고 판단된다. 즉 강릉시가 필요한 생활용수를 공급하기 위하여 남대천 하천기본계획에서 규정한 하천유지용수를 공급하지 못하고 있기 때문에 그동안 한국농어촌공사가 부당이익을 얻고 있다고 판단된다.

본 연구의 목적은 오봉댐의 수리권을 재정립하여 강릉시가 부담하고 있는 상수원수 구입비용의 적정성을 평가하고, 적절한 하천유지유량을 확보하여 남대천의 수질을 개선하고 생태계를 복원하는 방안을 제시하는데 있다. 이를 위하여 본 연구에서는 남대천 유출 특성 및 유황 분석을 위한 기초자료

를 수집·분석하고, 기존에 연구된 남대천 유역의 하천유지유량과 본 연구에서 SWMM5를 이용하여 평가한 하천 유지유량을 비교 분석하여 남대천 유역의 적정 하천유지유량을 선정하였으며, 한국농어촌공사에서 협약한 오봉댐 하류부 하천유지유량을 확인하기 위하여 오봉댐 하류부 유량 측정을 수행하였다. 그리고 이상에서 검토한 하천유지유량 및 관측유량 등을 바탕으로 강릉시가 오봉댐 관리주체인 한국농어촌공사에 지불하는 원수대금의 적정성을 평가하였다.



<Figure 1> Mass mortality of Sweet fishes in Gangneung Namdae Cheon

II. 모형의 선정 및 입력자료 구성

1. 모형의 개요

미국의 환경보전국(Environmental Protection Agency)의 지원 아래 개발된 SWMM은 유역에 내릴 강우로 인해 발생하는 지표면 유출 및 지하수 유출, 배수관망에 대한 유출을 추적할 수 있다. SWMM 모형은 도시유역 및 인위적인 배수체계에 적용될 수 있을 뿐만 아니라, 소규모 배수유역에서 대규모 배수유역까지 적용될 수 있다. 그리고 각 배수유역에 대한 합성 및 분리와 함께 배수유역 내의 각종 수리시설물을 동시에 고려할 수 있다. SWMM은 개발된 기관에 따라 다양한 버전이 존재하는데, 본 연구에서 활용한 SWMM은 미 환경 보전국에서 최근에 개발한 SWMM5이다.

현재 SWMM은 일반적으로 도시유역의 하수관망 설계 등을 위한 단기유출모의에 주요 사용되고 있다. 하지만, James, et al.(2005)은 지하수 유출 모듈의 개발 배경에 대하여 설명하면서, 미개발 지역

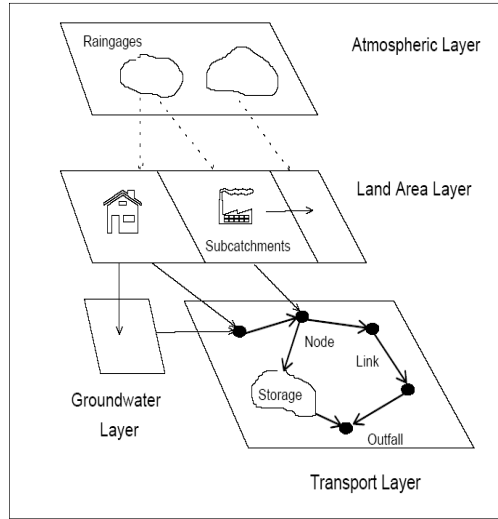
에 대한 적용과 개발된 지역일지라도 지하수의 영향이 큰 지역의 홍수유출의 해석을 위해 개발되었음을 제시하고 있다. 또한 Rossman(2010)도 SWMM의 적용 범위를 지하수 유출이 고려되어야 하는 전 원유역과 유역 유출 연속모의를 대상으로 할 수 있음을 명시하고 있다. 즉, SWMM은 관개 내 흐름모의가 가능하여 도시유역의 유출 해석에 강점을 가진 모형이면서, 전원유역에도 적용할 수 있는 모형이다(Gang, T., et al. 2014). 국내 사례로 Lee et al.(2006)은 안양천, 도림천 유역 등을 대상으로 유역의 물순환 분석을 위해 SWMM 모형을 이용하여 장기연속유출모의를 수행하였으며, 청계천 유역 환경치수 도시관리방안 수립(Seoul City, 2013)에서는 청계천 유역의 LID공법 적용에 따른 장기유출 특성 변화 등을 SWMM을 이용하여 분석하였다. 또한 SWMM 모형은 댐유역의 유출(고동근, 2013), 비점오염 저감 평가 (Jang, J, 2013), LID기법의 유출저감 효과 분석(Park, J, 2013), 도시유역 하수도 설계(Shuster, et al., 2011; Lowe, 2010; Temprano, et al., 2006) 등 유출 및 수질 분야에 다양하게 활용되고 있다.

SWMM은 <Figure 2>와 같이 배수유역의 구조를 네 가지 층으로 구분하여 유출을 모의한다. 이와 같은 유출모의를 위한 SWMM의 입력 자료는 크게 세 가지로 분류된다. 이들은 수문기상 자료군, 매개변수 자료군, 입/출력 제어 자료 군이다. 수문기상 자료군은 강우, 강설 및 증발산과 관련된 자료들이다. 매개변수 자료군은 물리적 매개변수(physical parameters)와 수문학적 매개변수(hydrological parameters)로 구분할 수 있다. 물리적 매개변수들로서는 소유역의 면적, 유역의 평균경사, 불투수지역의 면적 등 소유역 관련 매개변수와 하도 및 관망의 길이, 관경 또는 하도의 폭, 하도의 경사 등 배수 체계 관련 매개변수 등이며 이들의 대부분은 지형도나 항공사진, 관망도 및 하천도 등을 통하여 추정할 수 있는 매개변수들이다. 수문학적 매개변수들로서는 투수 및 불투수유역의 Manning 계수와 하도 및 관망의 Manning 계수, 지표면 저류(depression storage), 침투관련 매개변수, 그리고 유역 폭(characteristic width) 등이다. 입/출력 제어 자료군은 프로그램의 수행과 결과의 출력형태를 결정하는 자료들로서 사용자의 목적에 따라 결정되는 자료들이다(Lee, B., 1998).

본 연구에서는 SWMM5 모형을 이용하여 강릉 남대천 유역의 수문순환과 유출특성을 분석하였으며, 본 연구 분석에 사용한 주요 자료는 다음과 같다.

2. 강우량 자료

연구유역의 주변의 우량관측소는 북강릉, 강릉, 대관령, 횡계, 대가 관측소 등이 있으며 이들 관측소를 이용하여 강릉남대천의 Thiessen 망을 구성한 결과, 강릉 관측소와 대관령 관측소의 지배면적이 각각 32%와 68%로 나타났다. 강릉 관측소와 대관령 관측소의 연평균강수량은 각각 1,454.3 mm, 1,723.7 mm로 두 관측소의 연평균 강수량은 약 15%이상 큰 차이를 나타내고 있다.



<Figure 2> Concept of Drainage in SWMM

3. 증발량 자료

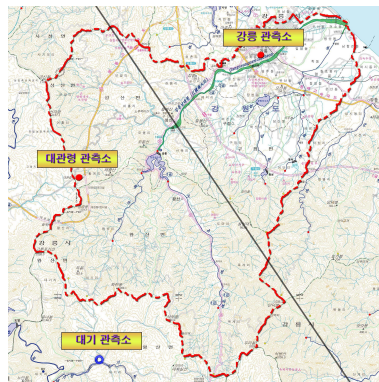
단일 호우사상의 유출모의와는 달리, 연속 유출모의를 수행함에 있어 증발량은 중요한 변수가 된다. 따라서 본 연구에서는 강릉 기상관측소와 대관령 기상관측소의 월평균 증발량 자료를 수집하였다.

<Table 1>은 각 기상관측소의 월 평균 증발량을 나타내는데, 이는 증발접시에 의해 관측된 자료이다. SWMM에 입력되는 증발량 자료는 기상관측소의 월평균 증발량에 증발접시 계수를 곱한 잠재 증발산량 값이며, 본 연구에서는 증발접시 계수로 0.7을 이용하였다.

4. 유역특성 인자

SWMM에서 유역과 관련한 입력자료들은 물리적 매개변수와 수문학적 매개변수로 구분된다. 물리적 매개변수는 소유역의 면적, 유역의 평균 경사, 불투수지역의 면적비 등이다. 그리고 수문학적 매개변수는 투수 및 불투수유역의 Manning 계수와 지표면 저류, 침투관련 매개변수들, 유역폭 등이다. 본 연구에서는 소유역 특성인자를 산정하기 위해 남대천 하천기본계획(Gangneung City, 2006: 2010), 강릉남대천 수계유역종합취수계획(Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2007) 자료, 수치지형도(1:25,000), 토지이용도, 정밀토양도 등을 이용하였다. 위의 입력 자료를 구축하기 위하여 지형정보 GIS(Geographic Information System) 분석 프로그램인 Arcview 3.3을 이용하여 유역의 물리적 매개변수를 추정하였다. 그리고 수문학적 매개변수이기는 하지만 비교적 산정 절차가 명확히 제시된 유출 곡선지수(curve number)를 추정하였다. 여기서 유출 곡선지수는 유효우량을 산정하는 U.S. NRCS(Natural Resources Conservation Service) 방법에서 사용되는 지표로서, 침투와 관련된 매개변수이다.

수문학적 매개변수로서 유역의 조도계수와 지면 저류깊이가 있다. SWMM에는 각각의 매개변수를 투수지역과 불투수지역으로 구분하여 입력한다. 일반적으로 수문학적 매개변수는 정확한 산정이 어려우므로 유출 모의를 수행한 후, 유출 모의 결과와 관측값을 비교하여 추정한다. 하지만 본 연구에서는 대상지역들에 대한 관측자료가 전무하므로 기존 연구에서 제시된 값 및 문헌값 등을 참조하여 적용하였다. 유역의 조도계수는 Stanford Watershed Model(Crawford & Linsley, 1966), Engman(1986), McCuen(1996)의 조도계수 값 등을 참조하여 투수지역에는 0.013, 불투수지역에는 0.4를 적용하였다. 지면 저류깊이는 Tholin Keifer(1960)의 자료를 이용하여 투수지역에는 6.4 mm, 불투수지역에는 1.6 mm를 각각 사용하였다. 본 연구에서는 대상유역인 남대천 유역을 총 8개 소유역으로 구분하여 유출을 모의하였으며, 소유역별 유역 특성인자 자료는 다음 표와 같다.



<Figure 3> Watershed and Meteorological observatory of Namdae Cheon

※ Thiessen Network.

<Table 1> Monthly mean of evaporation

Month	Gangmeung (mm)	Daekwanryeong (mm)
01	65.1	49.9
02	62.8	50.3
03	91.0	75.4
04	131.0	130.5
05	148.0	153.7
06	127.5	117.6
07	120.6	103.5
08	115.2	94.7
09	93.8	80.2
10	92.4	92.3
11	72.2	68.6
12	70.1	56.9
total	1189.7	1073.6

<Table 2> Characteristic factor of Subwater shed

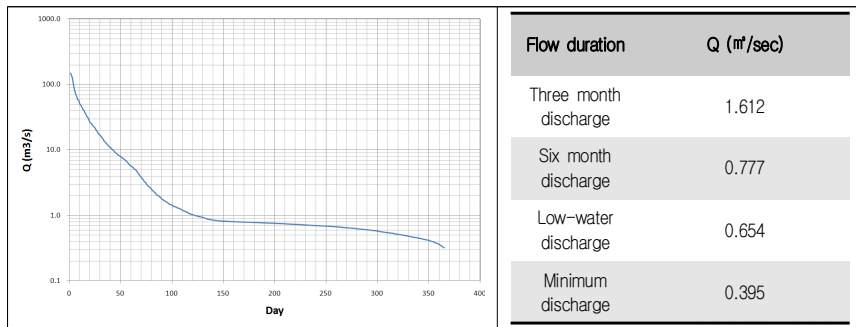
Location	Area (km ²)	Width (m)	Slope (%)	Impervious Area (%)	Roughness coefficient		Depression storage(mm)		Curve Number AMC-II
					Impervious	Pervious	Impervious	Pervious	
ND0	52.09	8,160	3.1	13.82	0.013	0.400	1.6	6.4	84
ND1	5.68	6,560	7.5	13.18	0.013	0.400	1.6	6.4	84
ND2	9.57	7,050	8.2	12.87	0.013	0.400	1.6	6.4	84
ND3	5.12	7,510	9.1	12.71	0.013	0.400	1.6	6.4	84
ND4	7.65	7,930	10.5	12.46	0.013	0.400	1.6	6.4	84
ND5	5.92	7,940	14.3	12.20	0.013	0.400	1.6	6.4	84
ND6	59.11	8,470	20.5	12.02	0.013	0.400	1.6	6.4	85
ND7	113.66	6,420	29.5	11.39	0.013	0.400	1.6	6.4	85

III. 분석 결과

1. 장기유출 모의결과 및 강릉 남대천 유황곡선

SWMM5 모형을 이용하여 남대천의 장기유출특성을 분석하였다. 2001년부터 2012년까지 총 12년의 일 강우량과 월평균 증발산량을 이용하였으며, 분석 결과 오봉댐 하류부 총 유출은 강우량 대비 년 평균 약 62%, 증발산에 의한 손실량은 약 38%로 분석되었다. 각 년도별 유황곡선을 산정하고, 12년의 유황곡선 평균값을 분석하였다. 분석 결과는 <Table 3>과 같으며, 12년 평균 갈수량은 0.395 m³/s로 평가되었다.

<Table 3> Flow duration of Ohbong Dam



2. 남대천 적정 하천유지유량 산정

본 연구에서는 강릉 남대천의 적정 하천유지유량을 선정하기 위하여 기존에 연구된 자료를 수집하고, SWMM5 프로그램을 이용하여 하천유지유량을 산정하였다.

일반적으로 하천 유지유량은 하천의 유지관리상 주요한 지점에서 하천의 정상적인 기능 및 상태를 유지하기 위하여 필요한 유량으로서 자연적 요인인 평균 갈수량과 인위적 요인인 환경보전유량 중에서 큰 유량을 설정하며, 이는 하천의 정상적 기능 및 상태를 유지하기 위하여 수요와 공급의 두가지 측면을 모두 만족하는 유량을 말한다. 또한 하천 유지유량에다 기준점 하류에서 유수의 점용을 위하여 필요한 이수유량을 더한 유량을 하천 관리유량이라고 한다. 하천 유지유량과 하천 관리유량을 수식으로 표시하면 다음과 같다.

하천 유지유량 = 최대지(평균 갈수량, 환경 보전유량)

하천 관리유량 = 하천 유지유량 + 이수유량

여기서, 평균 갈수량이란 자연상태의 하천에서 갈수시에도 흘렀다고 볼 수 있는 유량으로 하천의 건천화 방지 등 자연하천이 갖고 있는 최소한의 기능을 수행할 수 있게 하류에 흐르도록 보장해 주어야 할 유량을 말한다. 한편, 환경 보전유량이란 하천수문, 어업, 하천경관, 염해방지, 하구폐쇄의 방지, 하천 관리시설의 보호, 지하수위의 유지, 동식물의 생태보호 및 하천 수질보전 등과 같은 기능을 종합적으로 고려하여 하천 환경보전을 위하여 결정하여야 할 유량이다.

강릉시의 남대천 하천기본계획(2010)에서는 현 시점에서 환경보전유량 설정이 불가능하므로 자연상태하의 평균갈수량을 하천유지유량으로 정하는 것이 타당하다고 판단하고, 대상 하천의 하천유지유량을 평균갈수량으로 결정하였다. 이에 본 연구에서도 대상유역의 하천유지유량을 유역 평균갈수량으로 결정하였으며, 남대천 하류 및 오봉댐 하류부에서 각 방법별 산정된 하천유지유량은 <Table 4>와 같다. 표에서 알 수 있듯이 오봉댐 하류부의 하천유지유량은 0.34~0.46 m³/s, 남대천 하류부의 하천유지유량은 0.72~1.05 m³/s로 분석되었다.

<Table 5> Comparison and Selection of Environmental flow (unit : m³/s)

		Downstream of Namdae Chun (259.8km ²)	Downstream of Ohbong Dam (113.7km ²)
Specific discharge	Yang Yang	1.05	0.46
	Hee Sang	0.72	0.45
River Mater Plan ¹⁾		0.92	0.40
K-Water ²⁾		0.77	0.34
SWMM5 ³⁾		0.90	0.40
Selection		0.90	0.40

※ 1) River Mater Plan of Namdaechun (2010, Gangneung City)

2) Feasibility Study Report of Ohbong Dam. Redevelopment Construction Project (2003, Ministry of

Land, Infrastructure and Transport)

3) Environmental flow of this paper

강릉시의 남대천 하천기본계획(2010)에서 Tank모형을 이용하여 산정한 하천유지유량과 본 연구에서 SWMM5 프로그램을 이용하여 산정한 하천유지유량 값이 유사하게 나타나고 있으며, 본 연구에서 SWMM5를 이용해서 산정한 하천유지유량값이 최근 강우자료 및 매개변수 등을 적용하여 산정한 것으로 본 연구의 오봉댐 하류부 적정 하천유지유량으로 선정하였다.

3. 강릉시 원수대금 적정성 평가

현재 강릉시는 한국농어촌공사에 상수원수 사용료를 지불하고 있다. 본 연구에서는 현재 강릉시가 지불하고 있는 상수원수 사용료의 적정성을 평가하기 위하여 우선 연도별로 공급된 원수 수급량과 지불된 금액을 조사하고, 오봉댐 하류부의 하천유지유량과 한국농어촌공사에서 협약한 오봉댐 하류부 하천유지유량(2013년 기준, 0.25 m³/s)을 조사 · 평가하였다.

1) 관측 유량

본 연구에서는 한국농어촌공사에서 제공한 오봉댐 평상시 하류 방류량(2013년 기준, 0.25 m³/s)을 확인하기 위하여 오봉댐 하류 방류수로의 유량 및 오봉댐 직하류부의 유량을 실측하였다. 유량 측정 지점은 <Figure 4>와 같으며, FlowTracker 유속계 및 전자식 2차원 유속계를 이용하여 지점별 수위에 따라 1점법 또는 2점법을 적용하여 유속을 측정하고, 측정단면을 이용하여 각 지점별 유량을 환산하였다. 각 측정날짜별 유량 측정 성과는 다음과 같다.



<Figure 4> Measuring point of discharge

하천유지유량 방류를 목적으로 하는 수로 하류부에서 총 7회 측정된 결과 평균 유량은 0.054 m³/s 로 평가되었다(<Table 6>). 그리고 <Table 7>은 오봉댐 하류부 오봉교 지점의 유량을 2013년 4월부터 11월까지 측정된 결과(총 52회)이고 평균 유량은 0.056 m³/s로 조사되었다. 이상의 자료로부터 오봉댐 하류부의 유출량 측정 결과, 실측 유량은 한국농어촌공사에서 제공한 유출량 0.25 m³/s와 약 4배 이상 차이가 나는 것으로 평가되었다.

<Table 6> Flow rate in discharge channel

Date	Discharge channel(m ³ /s)
2013.11.05	0.048
2013.11.08	0.055
2013.11.12	0.053
2013.11.14	0.059
2013.11.19	0.061
2013.11.21	0.051
2013.11.22	0.054
Average	0.054

<Table7> Flow rate in downstream of Ohbong Dam

Date	Downstream of Ohbong Dam(m ³ /s)	Date	Downstream of Ohbong Dam(m ³ /s)	Date	Downstream of Ohbong Dam(m ³ /s)
2013.04.16	0.047	2013.06.24	0.051	2013.09.17	0.068
2013.04.19	0.039	2013.06.26	0.062	2013.09.19	0.059
2013.04.24	0.053	2013.06.28	0.045	2013.09.20	0.061
2013.04.26	0.041	2013.07.01	0.060	2013.09.27	0.055
2013.04.29	0.035	2013.07.03	0.054	2013.10.05	0.049
2013.05.01	0.053	2013.07.08	0.056	2013.10.12	0.044
2013.05.03	0.035	2013.07.27	0.076	2013.10.13	0.059
2013.05.08	0.040	2013.08.04	0.059	2013.10.18	0.062
2013.05.10	0.037	2013.08.06	0.061	2013.10.22	0.056
2013.05.13	0.042	2013.08.07	0.066	2013.10.25	0.058
2013.05.16	0.059	2013.08.12	0.054	2013.10.31	0.051
2013.05.20	0.051	2013.08.14	0.072	2013.11.05	0.050
2013.05.24	0.052	2013.08.16	0.076	2013.11.12	0.061
2013.05.28	0.052	2013.08.19	0.055	2013.11.14	0.057
2013.05.30	0.059	2013.08.27	0.069	2013.11.19	0.051
2013.05.31	0.063	2013.08.28	0.080	2013.11.22	0.060
2013.06.17	0.064	2013.09.06	0.051	-	-
2013.06.20	0.070	2013.09.16	0.049	-	-
Average				0.056m ³ /s	

2) 강릉시의 원수대금 지급액

<Table 8>은 2001년부터 2012년까지 강릉시가 한국농어촌공사에 지불한 상수원수 사용료를 나타내고 있다. 강릉시는 한국농어촌공사에 원수공급비용으로 매년 평균 약 18억 원을 지불해 왔으며, 2009년 이후로는 매년 20억 원 이상을 지불하고 있다.

<Table 8> Water supply per year

Year	Unit cost (won)	Water supply(ton)	Total (Won)
2001	67.19	19,813,000	1,325,573,670
2002	68.84	22,268,947	1,530,440,950
2003	70.92	21,537,040	1,531,800,720
2004	73.37	22,459,630	1,647,863,000
2005	75.79	22,679,719	1,714,360,000
2006	78.29	23,037,000	1,651,765,430
2007	80.50	23,524,700	1,889,595,260
2008	82.51	23,776,900	1,961,790,722
2009	82.51	24,457,500	2,017,988,325
2010	85.25	24,545,800	2,092,529,420
2011	88.19	24,094,500	2,124,893,900
2012	82.01	24,878,200	2,040,261,150
평균	77.95	23,089,411	1,794,071,879

3) 오봉댐 하류부 하천유지유량

본 연구에서는 문헌자료 및 SWMM5 프로그램 등을 이용하여 오봉댐 하류부의 적정 하천유지유량을 평가하였으며, 오봉댐 하류부의 비강우시 유출량을 측정하였다. 평가 결과 오봉댐 하류부의 적정 하천유지유량은 0.400 m³/sec로 분석되었으며, 한국농어촌공사에서 협약한 오봉댐 하류부 하천유지유량은 0.250 m³/sec, 오봉댐 하류부 비강우시 측정유량은 0.056 m³/sec로 조사되었다.(Table 9).

<Table 9> Comparison of Environmental flow

Classification	Q (m ³ /s)
River Mater Plan	0.400
Korea Rural Community Corporation	0.250
Measurement value	0.056

4) 원수대금의 적정성 평가

오봉댐 유역면적은 113.66 km²으로 강릉 남대천 유역면적(258.8 km²)의 약 44%를 차지하고 있으며, 오봉댐의 수문개폐는 남대천의 유황특성에 직접적인 영향을 준다. 남대천 하천정비기본계획 및 본 연구

결과, 오봉댐이 건설되지 않았을 경우 오봉댐 직하류의 갈수량은 0.4 m³/sec 으로 평가되며, 이 값은 오봉댐 직하류부의 하천유지유량이라고 할 수 있다.

일반적으로 댐 건설시 하천의 단절을 막고 하류부 하천의 정상적인 기능 및 상태를 유지하기 위하여 하천유지유량을 공급하고 있다. 이에 따라 한국농어촌공사와 강릉시가 협약한 오봉댐 하류부의 하천유지유량은 0.250 m³/sec이며, 한국농어촌공사에서 강릉시에 제공한 자료에 따르면 매년 하루 0.250 m³/s의 물을 하천으로 방류한 것으로 나타나 있다.

하지만 본 연구에서 2013년 11월 오봉댐 하천방류수로 유량을 실측한 결과 0.054 m³/s(7회 평균)로 측정되어 한국농어촌공사에서 제시한 방류량 자료와 상당한 차이를 보이고 있어 제공된 자료의 신뢰도가 떨어진다는 것을 확인 할 수 있다. 현재 한국농어촌 공사와 협약한 하천유지유량 0.250 m³/sec는 오봉댐 하류부의 하천유지유량인 0.40 m³/sec에 훨씬 못 미치는 값이며, 협약한 하천유지유량을 제대로 방류되지 않고 있는 것으로 평가된다.

이렇게 한국농어촌공사가 오봉댐 하류부의 하천유지유량을 공급하지 않은 상태에서 한국농어촌공사가 강릉시로부터 받은 원수공급비용은 하천유지유량으로 방류해야 할 물을 판매하여 얻은 이득으로 이것은 엄연히 부당이득으로 판단된다. 오봉댐 하류부에 공급되어야 할 하천법에 의한 법정 하천유지유량, 협약 방류량, 실측 방류량의 관계를 검토하여 부당 징수금액을 산정하였다. 이때 하천유지유량 확보에 큰 어려움이 없는 법정 홍수기인 6월 21일부터 9월 20일(총 91일)은 부당 징수금액 산정에서 제외하였다.

본 연구에서는 다음과 같이 3가지 경우에 대하여 부당 징수금액을 산정하였다.

- ① 하천기본계획의 법정 하천유지유량과 한국농어촌공사 협약 하천유지유량 비교
- ② 한국농어촌공사 협약 하천유지유량과 실측 방류량 비교
- ③ 하천기본계획 하천유지유량과 실측 방류량 비교

산정방법

- ① 기준유량 제시
- ② 비교유량 제시
- ③ 부족유량 : 강릉 남대천에 하천유지유량으로 공급하지 않은 수량(m³/s)
기준 유량 - 비교 유량 = 부족유량(m³/s)
- ④ 법정 홍수기 (6월 21일 ~ 9월20일) 91일 제외
- ⑤ 강릉시에서 지급하는 오봉댐 상수원수대금 : 톤당 82.01원
- ⑥ 강릉시에서 한국농어촌공사에 초과 지급하는 금액 = 부족유량(m³/s) × 275일 × 82.01 원/m³

(1) 하천기본계획 법정 하천유지유량과 한국농어촌공사 협약 하천유지유량 비교

- ① 기준유량 : 강릉 남대천 하천기본계획(2010) 하천유지유량 = 0.40 m³/s
- ② 비교유량 : 강릉시 협약 하천유지유량 = 0.25 m³/s
- ③ 부족유량 : 강릉 남대천에 하천유지유량으로 공급하지 않은 수량
= 0.40 m³/s - 0.25 m³/s = 0.15 m³/s = 12,960 m³/day
- ④ 법정 홍수기 (6월 21일 ~ 9월20일) 91일 제외
- ⑤ 강릉시에서 지급하는 오봉댐 상수원수대금 : 톤당 82.01원
- ⑥ 강릉시에서 한국농어촌공사에 초과 지급하는 금액
= 12,960 m³/day × 275day × 82.01원 = 약 2억 9000만원

(2) 한국농어촌공사 협약 하천유지유량과 실측 방류량 비교

- ① 기준유량 : 강릉시 협약 하천유지유량 = 0.250 m³/s
- ② 비교유량 : 하천방류수로 실측 유량 = 0.056 m³/s
- ③ 부족유량 : 강릉시 협약 하천유지유량과 실측 하천방류량의 차이
= 0.250 m³/s - 0.056 m³/s = 0.194 m³/s = 16,761 m³/day
- ④ 법정 홍수기 (6월 21일 ~ 9월20일) 91일 제외
- ⑤ 강릉시에서 지급하는 오봉댐 상수원수대금 : 톤당 82.01원
- ⑥ 협약 하천유지유량과 실측 하천방류량의 차이를 금액으로 환산
= 16,761 m³/day × 275day × 82.01원 = 약 3억 7800만원

(3) 하천기본계획 하천유지유량과 실측 방류량 비교

- ① 기준유량 : 강릉 남대천 하천기본계획(2010) 하천유지유량 = 0.400 m³/s
- ② 비교유량 : 하천방류수로 실측 유량 = 0.056 m³/s
- ③ 부족유량 : 강릉남대천 하천기본계획(2010) 하천유지유량과 실측 방류량의 차이
= 0.400 m³/s - 0.056 m³/s = 0.344 m³/s = 29,721 m³/day
- ④ 법정 홍수기 (6월 21일 ~ 9월20일) 91일 제외
- ⑤ 강릉시에서 지급하는 오봉댐 상수원수 대금 : 톤당 82.01원
- ⑥ 강릉 남대천 하천기본계획(2010) 하천유지유량과 실측 방류량의 차이를 금액으로 환산
= 29,721 m³/day × 275day × 82.01원 = 약 6억 7000만 원

세 가지 경우에 대한 금액을 비교한 결과 강릉시가 한국농어촌공사에 원수대금으로 초과 지급했다고 판단되는 금액은 최소 2.92억 원에서 최대 6.70억 원으로 평가되었다.

<Table 8> Undue profits

Standard Classification	Q (m ³ /s)	Comparison Classification	Q (m ³ /s)	Amount of Shortage (m ³ /s)	Day of shortage	Price of water supply (won/ton)	Undue profits (Million won/year)
River Mater Plan	0.400	Korea Rural Community Corporation	0.250	0.150	275	82.01	2.92
Korea Rural Community Corporation	0.250	Measurement value	0.056	0.194	275	82.01	3.78
Measurement value	0.400	Measurement value	0.056	0.344	275	82.01	6.70

IV. 결론 및 제언

최근 강릉 남대천 하류는 수질 오염, 생태계 파괴 현상 등이 나타나고 있다. 본 연구에서는 하천유지유량 부족을 하천변화원인 중 하나라고 판단하고 대상유역의 하천유지 유량 현황을 평가하였다. 이를 위해 대상유역에 필요한 적정 하천유지유량을 평가하고, 현재 강릉 남대천의 유량 현황을 분석하기 위하여 한국농어촌공사에서 협약한 방류량, 실하천 유량 등을 조사하였다.

기존 문헌자료와 본 연구에서 swmm5를 이용하여 재산정한 유량값을 비교 분석하여 대상유역의 적정 하천유지유량 선정하였으며, 선정결과 오봉댐 하류의 적정하천유지유량은 0.4 m³/s로 분석되었다. 현재 오봉댐에서 방류하는 유량을 관측한 결과 0.056 m³/s로 조사되었으며, 이 값은 한국농어촌공사와 강릉시가 협약한 오봉댐 하류부의 하천유지유량 0.250 m³/sec에 훨씬 못 미치는 값으로 협약한 하천유지유량이 제대로 방류되지 않고 있는 것으로 판단된다.

이에 본 연구에서는 부족한 하천유지유량을 확보하고 생태계를 회복시키는 방안으로 다음과 같은 제언을 하고자 한다.

(1) 강릉시와 한국농어촌공사 수리권 재협상

강릉시와 한국농어촌공사는 수리권 재협상을 실시하여야 한다. 오봉댐을 관리, 운영하는 한국농어촌공사는 강릉시와 협약을 통해 하루 0.250 m³/s의 물을 하천으로 방류하기로 하였으나 남대천 하천기본계획에서 하천유지유량으로 제시한 0.4 m³/s에 미치지 못하는 것으로 조사되었다. 따라서 강릉 남대천의 하천유지유량을 하천법의 절차에 따라 산정한 0.4 m³/s로 재설정하여 남대천의 수리권을 확보해야 한다.

(2) 한국농어촌공사에 지급하는 상수원수요금의 재검토

본 연구 결과 한국농어촌공사는 남대천 하천기본계획에서 제시한 하천유지용수로 제시한 0.4 m/s 뿐만 아니라 강릉시와 협약을 통해 결정된 하천유지용수 0.25 m/s의 물을 하천으로 방류하지 않고 있는 것으로 평가되었다. 이렇게 한국농어촌공사가 오봉댐 하류부의 하천유지유량을 공급하지 않은 상태에서 강릉시로부터 받은 원수공급비용은 하천유지유량으로 방류해야 할 물을 판매하여 얻은 이득으로 이것은 엄연히 부당이득으로 판단된다.

이에 강릉시는 하천유지용수로 공급하지 못한 수량에 해당하는 금액만큼 감액하여 한국농어촌공사에 원수요금을 지불하는 방안을 적극 마련할 필요가 있다. 본 연구에서 제안한 원수대금 적정성 평가 결과 강릉시가 부당하게 지불하고 있는 원수금액은 최소 2.9억원에서 최대 6.9억원으로 분석되었다(2013년 기준). 이렇게 절약한 원수대금으로 강릉시는 하천환경을 개선하기 위한 예산을 확보할 수 있을 것이다.

(3) 강릉시의 취수시스템 개선의 필요성

강릉시는 취수시스템 개선을 고려해 볼 필요가 있다. 강릉시는 강릉 남대천 하류부에 있는 홍제취수장에서 2006년부터 취수를 하지 않고 있다. 하지만 만약 홍제 취수장에서 취수를 실시하고 이를 위해 해당 유량을 오봉댐에서 제공하게 되면, 오봉댐 하류부터 홍제취수장까지 충분한 하천유지용수를 확보할 수 있다. 또한 홍제 취수장의 취수량만큼 강릉시가 오봉댐으로부터 구매하는 원수금액을 절감할 수 있을 것이다.

하지만, 해당 내용은 단순히 원수금액과 하천유지용수확보만을 고려하여 제안하는 내용으로 관계자들의 이해관계, 경제적 분석에 대한 연구 및 조사가 이루어질 필요가 있다.

참고문헌

- Choe, U. Mass mortality of Sweet fishes in Gangneung Namdae Cheon. Gangwon News. 2013.06.18. <http://www.kwnews.co.kr/nview.aspx=501&aid=213061700114>.
- Crawford, N. H. and Linsley, R. K. 1966. Digital Simulation in Hydrology: Stanford Watershed Model IV. Technical Report N. 39. Civil Engineering Department, Stanford University.
- Engman, E. T. 1986. Roughness Coefficients for Routing Surface Runoff. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*. ASCE. 112(1): 39-53.
- EPA. Storm Water Management Model User's Manual Version 5.0.
- James, W., W. C. Huber, R. E. Dickinson, R. E. Pitt, W. R. C. James, L. A. Roesner, and J. A. Aldrich. 2005. User's Guide to SWMM. CHI, Ontario, Canada.
- Jang, J. 2013. Study on Evaluation of Water Cycle Improvement and NPS Reduction in Watershed

- with LID-based SWMM. Ph. D. dissertation, Busan National University, Busan.
- Gangneung City. 2006. River Mater Plan of Namdae Chun.
- Gangneung City. 2010. River Mater Plan of Namdae Chun.
- Kang, T., Lee, S. 2014. Development on an Automatic Calibration Module of the SWMM for Watershed Runoff Simulation and Water Quality Simulation, *Journal of Korea Water Resources Association*, Korea Water Resources Association, 47(4): 343-356.
- Ko, D. 2013. Application of the Green-Ampt Equation to a Watershed Runoff Analysis Using the SWMM, M.S. dissertation, Pukyong National University, Busan. Republic of Korea.
- Lee, B. 1998. Development of urban runoff and water quality model using geographic information system and expert system. Ph. D. dissertation, Seoul National University, Seoul.
- Lee, J. Lee, S., Lee, K. 2006. Hydrologic Cycle Simulation of Urban River for Rehabilitation of Water Environment(I)(Anyangcheon Basin). *Journal of Korean Society on Water Quality*. Korean Society on Water Quality, 22(2): 349-357.
- Lee, S. Lee, J. 2006. Hydrologic Cycle Simulation of Urban River for Rehabilitation of Water Environment(II)(Dorimcheon Basin). *Journal of Korean Society on Water Quality*, Korean Society on Water Quality, 22(5): 815-823.
- Lowe, S. A. 2010. Sanitary Sewer Design Using EPA SWMM. *Computer Applications in Engineering Education*. 18(2): 203-212.
- McCuen, R. et al. 1996. Hydrology, FHWA-SA-96-067, *Federal Highway Administration*. Washington, DC.
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport. 2003. Feasibility Study Report of Ohbong Dam. Redevelopment Construction Project.
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport. 2007. Watershed Management Master Plan of Gangneung Namdae Cheon.
- Park, J. 2013. Analysis of rainfall runoff reduction for LID applied new town development using SWMM. M.S. dissertation, University of Science & Technology, Daejeon. Republic of Korea.
- Rossman, L. A. 2010. Storm Water Management Model User's Manual Version 5.0.EPA600/-05/40, National Risk Management Research Laboratory, Environmental Protection Agency, Cincinnati, Ohio.
- Seo G. Mass mortality of Sweet fishes in Gangneung Namdae Cheon. news1. 2014.08.01. <http://news1.kr/articles/?1797250>.
- Seoul City. 2013. Strategic Directions of Urban Management for Environmentally-flood control of

Cheonggye Cheon Watershed.

Shuster, W. D. and E. Pappas. 2011. Laboratory Simulation of Urban Runoff and Estimation of Runoff Hydrographs with Experimental Curve Numbers Implemented in USEPA. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*. 137(6): 343-351.

Statutes of the Republic of Korea. River Act. Chapter VII, Article 51 (Flowing Water Quantity for River Maintenance). <http://www.law.go.kr/>

Temprano, J., O. Arango, J. Cagiao, J. Suarez, and I. Tejero. 2006. Stormwater Quality Calibration by SWMM: A Case Study in Northern Spain. *Water SA*. 32(1): 55-63.

Tholin, A. L., Clint J. Keifer. Hydrology of Urban Runoff. *Transactions of the American Society of Civil Engineers*. 125.1(1960): 1308-1355.

Water Resources Management Information System. www.wamis.go.kr.

Korean References translated from the English

강릉시. 2006. 남대천 하천기본계획.
 강릉시. 2010. 남대천 하천기본계획.
 강태욱, 이상호. 2014. 유역유출 및 수질모의에 관한 SWMM의 자동 보정 모듈 개발. 한국수자원 학회논문집. 47(4): 343-356.
 건설교통부. 2003. 오봉댐 재개발 건설사업 타당성조사보고서.
 고동근. 2013. Green-Ampt 식을 이용한 SWMM의 유역 유출 해석 방안에 관한 연구. 부경대학교 대학원 석사학위논문.
 국토해양부. 2007. 강릉남대천 수계유역종합취수계획.
 박지영. 2013. SWMM을 이용한 신도시 LID기법적용에 따른 유출저감효과 분석. 과학기술연합대학원 석사학위논문.
 서울특별시. 2013. 청계천 유역 환경치수 도시관리방안 수립.
 이범희. 1998. 지리정보체계 및 전문가시스템을 이용한 도시유출 및 수질모형의 개발. 박사학위논문, 서울대학교.
 이상호, 이정민. 2006. 물 환경 건전화를 위한 도시하천의 물 순환 모의(II)(도림천유역). 한국물환경학회지. 22(5): 815-823.
 이정민, 이상호, 이길성. 2006. 물 환경 건전화를 위한 도시하천의 물 순환 모의(I)(안양천유역). 한국물환경학회지. 22(2): 349-357.
 장종경. 2013. 저영향개발 기반의 SWMM모형을 활용한 유역 물순환 개선과 비점오염 저감 평가에 관한 연구. 부산대학교 대학원 박사학위논문.

기상청 홈페이지. www.kma.go.kr.
 국가수자원관리종합정보시스템. www.wamis.go.kr.
 최유진. 강릉 남대천서 은어 수백마리 폐죽음. 강원일보. 2013.06.18.
<http://www.kwnews.co.kr/nview.aspx?aid=213061700114>.
 서근영. 강릉 남대천 은어 폐죽음. news1. 2014.08.01. <http://news1.kr/articles/?1797250>.
 대한민국법령. 하천법. 제 7장 제 51조(하천유지유량). <http://www.law.go.kr/>

박창근: 서울대학교 공학박사 학위를 취득하고(논문제목 : 비균질 다공성매질에서 이력현상 모형의 개발과 적용, 1993년 2월), 현재 가톨릭관동대학교 토목공학과 교수로 재직하고 있다. 주요논문으로는 "구제역 매몰지 현황 및 입지특성분석을 통한 매몰지 관측정 설치 기준(2013)", "The Changes in Potential Usable Water Resources by Increasing the Amount of Groundwater Use(2010)" 등이 있다. (ckpark@ckd.ac.kr).

지상철: 가톨릭관동대학교 공학석사 학위를 취득하고(논문제목 : HEC-RAS, HEC-HMS, SWMM-5를 이용한 강릉남대천 유역의 적정 유지유량 연구), 현재 관련 분야에 재직 중이다. 주요 관심분야는 유출모형, 물수지 분석 등 지속적인 수자원 개발 관련 분야이다.(superstarvv@nate.com)