

## An Analysis of Direct Inflow at Agricultural Reservoir During Flood Season

Ki Won Lee<sup>1#</sup>, Hyun Seok Lee<sup>2\*</sup>, Hyung Jin Shin<sup>3</sup>, Seung Jin Maeng<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Water Origin Co., Ltd., E9-472, Chungdae-ro 1, Seowon-Gu, Cheongju, Chungbuk 28644, Korea

<sup>2</sup> HQ Tech Co., Ltd., 37-17 Yuseongdae-ro 1628-beongil, Yuseong-gu, Daejeon, Korea

<sup>3</sup> Rural Research Institute, Korea Rural Community Corporation, 870, Haen-ro Sangnok-gu, Ansan-si, Gyeonggi-do, 15634, Korea

<sup>4</sup> Department of Agricultural and Rural Engineering, Chungbuk National University, Chungdae-ro 1, Seowon-gu, Cheongju-si, Chungbuk-do, Korea

### Abstract

In this study, runoff was investigated in Beodeul agricultural reservoir during flood season. The precipitation and evaporation data collected from Yanggam weather station were utilized, while the inflow was estimated based on discharge and area ratio of the two investigatable streams in the reservoir basin. The two streams, whose catchment area was 71% of total basin, were categorized into stream-① and stream-② according to inflow direction. Surface velocity was measured by a non-contact radar current meter. The surface velocity of the stream-① was corrected by 0.65 as an average velocity conversion coefficient obtained by the three-point velocity method, whereas the surface velocity of the stream-② was corrected by 0.325 as a correction factor. The rate of direct runoff to the reservoir was estimated at 18.5% of the rainfall in the catchment areas of the two streams, and the inflow ratio through the two streams was 22.6%. Despite many assumptions behind these estimates, the inflow rate considering the area ratio was found overestimated by 22.5%. One of the main reasons of the difference between inflow and direct runoff was found to be a low reliability of the 'surface velocity correction factor'.

**Key words:** runoff, agricultural reservoir, inflow, surface velocity, correction factor

### 1. 서론

우리나라는 여름 한철에 강우가 집중되는 기후 특성과 산이 많고 평야가 적은 지형특성으로 수자원 관리가 쉽지 않다. 측우기와 수표가 설치된 지 약 600년이 지난 지금도 수자원 확보를 위한 댐 건설에 재원이 집중되고 있다. 2018년까지 우리나라에는 전국에 약 1만 8000여개의 댐이 건설되었다. 그 중 국가 기관이

나 공사가 관리하는 다목적댐 20개, 수력발전댐 12개, 생공용수댐 54개 및 농업용수댐 3,406개를 제외한 1만 4000여개의 저수지댐은 지자체가 관리하고 있다. 저수지 관리에 필요한 물수지 인자들을 과학적으로 조사하고 체계적으로 관리할 수 있는 기준을 제시하여야 한다.

최근 들어 홍수기 유속을 비접촉식으로 관측할 수 있는 기술들이 개발되고 있다. Cheong(2012)은 회전식

# The 1st author: Ki Won Lee, Tel. +82-44-998-5182, Fax. +82-43-271-5922, e-mail. kiwon77lee@gmail.com

\* Corresponding author: Hyun Seok Lee, Tel. +82-42-671-1199, e-mail. leehs@hqtech.kr

유속계와 전자파 표면유속계에 의한 유량측정의 비교 연구를 수행하였다. 하천에서의 일반적인 유량측정 방법으로 갈수기 및 평수기에는 회전식 유속계를 사용하고 홍수기에는 전자파 표면유속계를 사용하였다. 비교 결과 평균오차 및 상관계수는 전자파 표면유속계에 의한 방법이 우수한 것으로 나타났으며 갈수기를 제외한 유량관측 시 전자파 표면유속계를 이용하는 방법이 효율성이 뛰어나다고 판단하였다. Lee(2013)은 유속 측정 레이더에서의 도플러 주파수 추정에 관한 연구를 수행하였다. 유속 관련 도플러 스펙트럼은 측정 환경 및 기상 상태에 따라 매우 다양한 형태를 나타낼 수 있다. 따라서 기존의 유속정보 추출 알고리즘의 정확도 및 신뢰성을 개선하기 위해 도플러 스펙트럼 침투치 주파수 추정에 의한 유속 정보 추출 방법을 제안하였다. Kim, *et. al.*(2014)은 하천유량측정의 효율성 향상을 위한 범용 전자파표면유속계 개발 연구를 수행하였다. 연구를 통해 유속 측정범위를 최소 0.03 m/s에서 최대 20.0 m/s까지로 확장하였으며 사용자 편의를 위해 경량화, 유속 안정화, 자체점검기능, 저전력, 방수 및 방습 기능을 강화 하였다.

Choi, *et. al.*(2003)은 물수지 분석을 통한 관개용 저수지의 저수율 추정 연구를 수행하였다. 관개용 소규모 저수지인 중평저수지를 대상으로 1999년 4월 말부터 2001년까지 수문모니터링을 실시하여 방류량을 측정하였으며, 관개기간 동안의 통관방류량을 조사하고, 관개지구의 효율적인 물관리 운용을 위한 기초자료를 제공하기 위하여 관개기간동안의 저수지 물수지를 분석하고, 관측자료와 모의 발생된 저수량 자료를 비교 하였다. Maeng, *et. al.*(2015)은 기후변화 시나리오에 의한 강우량과 관측강우량을 사용한 유출분석을 수행하였다. 영종도 유역의 소유역별 유출특성 분석을 위해 SSARR(Streamflow Synthesis and Reservoir Regulation Model) 모형을 이용하였으며, 2014년도 영종도 유역에서의 물수지 분석을 통해 총 강우량의 약 25 %와 38 %가 차단과 증발에 의해 손실되고 있으며, 총 유출률 37 % 중에서 직접 유출량은 약 23 %, 기저유출량은

약 14 %임을 확인하였다. 한편 해외에서도 유입량 조사 기술 향상을 위해 Bjerklie, *et. al.*(2005); Huang, *et. al.*(2018); Lin, *et. al.*(2016); Selva, *et. al.*(2015); Shay, *et. al.*(2002)은 레이더 및 각종 영상을 활용한 유입량 조사 기술을 개발하고 있다.

본 연구는 Geolux사의 'RSS-2-300W' 레이더 센서에 전원공급장치 로거 및 무선통신장치를 부착하여 2018년 자체 개발한 '레이더 유속계'를 이용하여 표면유속을 조사하고, 수위변화에 연동하여 3점 유속을 관측할 수 있는 자체 개발한 '다수심 유속계'를 이용하여 보정계수를 산정하여 버들저수지 유역에서의 유입지천별 수위-유량 관계식을 정밀하게 구하였으며, 강우량과 저수량 자료를 이용하여 농업용 저수지에서의 직접유출량을 분석하였다. 본 연구는 우리나라 농업용 저수지가 위치한 계곡에서의 유입량을 정확하게 구하고 저수지 용적량 변화와의 관계를 조사함으로써 유입량 관측의 신뢰도를 확인하는 목적으로 수행되었다. 향후, 개발된 기술과 분석 결과는 관측 자료가 부족한 농업용 저수지에서의 물수지 분석에 활용될 수 있다.

## II. 연구 대상 지역

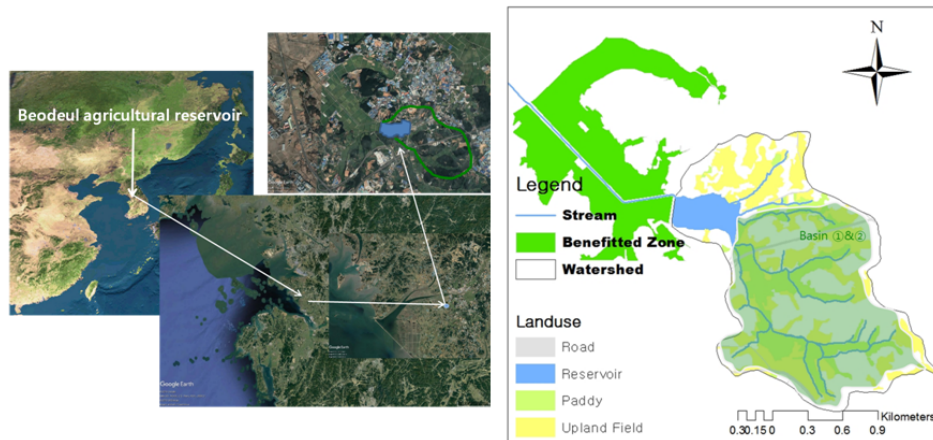
연구대상지인 버들저수지는 북위 37도 07분 45.1초 동경 126도 49분 53.5초로 화성호로 유입되는 자안천 상류에 위치한다. <Figure 1> (a)는 시계 반대 방향으로 저수지의 위치를 확대한 그림을 보여주고 있다. <Figure 1> (b)는 주요 구역의 면적을 보여준다. 저수지 면적, 유역면적 및 몽리면적은 순서대로 0.15 km<sup>2</sup>, 2.96 km<sup>2</sup>, 0.86 km<sup>2</sup>으로 유역배율이 3.46인 저수지이다. 버들저수지 용수구역에는 농업용저수지와 양수장이 있으며 버들저수지는 해당용수구역의 주 수원공으로 총저수량은 284.6 천 톤, 유효저수량은 283.7 천 톤이다. 버들저수지 유역의 연평균 강우량은 1,192.9 mm, 연평균 기온은 12.4 °C이다. 유역의 토지이용은 논 24.3%, 밭 32.2%, 산림 32.5%, 주거지 5.7%, 저수지 5.7%이다.

버들저수지로 유입되는 지천 남쪽으로부터 반 시

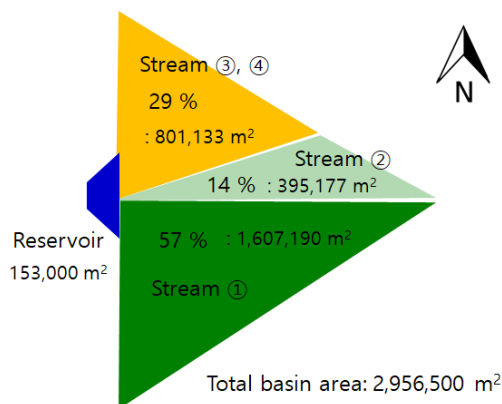
계 방향으로 ‘Stream-①’과 ‘Stream-②’로 구분하였다. ‘Stream-①’은 유역 남쪽으로부터 북쪽으로 흐름이 형성되어 있으며, 하천 제방으로 둘러싸인 제외지에 토사 및 수초가 발달하여 자연하천의 특성을 보여준다. 즉 3개의 농수로 규모의 소하천이 합류되어 합류지점으로부터 저수지 유입구까지는 충분한 하폭이 확보되어 있으나, 지속적인 가뭄의 영향으로 하천단면의 2/3이상이 하중도 형태의 퇴적토에 수초가 발달하였다. ‘Stream-②’는 유역 동쪽으로부터 서쪽으로 흐름이 형성되어 있으며, 비교적 잘 정비된 관개수로의 형태이다. 논과 야산 사이를 흐르는 하천으로 약 4 m 폭으로 정비가 잘 이루어져 있으며, 조사 지점으로부터 약 500 m 지점의 상류에서는 하폭이 좁아지고, 정비가 이루어지지 않아 하천의 형태를 찾아보기 어려웠다. 유

량조사 단면으로부터 저수지 쪽으로 접근할수록 제외지에서 퇴적을 확인할 수 있었으며, 만곡부에서는 유속에 영향을 줄 정도의 수초가 발달되었다.

<Figure 2>는 현장에서 확인할 수 있는 홍수흔적을 기준으로 하폭과 수심을 측량한 결과이다. <Figure 1> (a)는 ‘Stream-①’의 하폭과 수심을 보여준다. 하폭은 좌안으로부터 우안으로 표현하였으며, 수심은 홍수흔적을 기준으로 약 0.5 m 이내로 나타내었다. 주변에 기준점이 존재하지 않아 레벨로 지형을 환산하지는 못하였으며, 향후 수위계 자료를 사용할 수 있도록, 특정 시간의 수위를 기록하였다. 비강우시 좌안에 임으로 설치한 목자판 눈금은 157 mm를 나타내었다. 2018년 대부분의 흐름은 하폭이 2.0 m를 넘지 않았으며, 평상시에는 좌안에 약 0.2 m 이내의 수심을 유지하였다. 유



(a) Study area location



(b) The size of Basin, reservoir and stream watershed

Figure 1. The selected study area in Whasung city - Beodeul agricultural reservoir

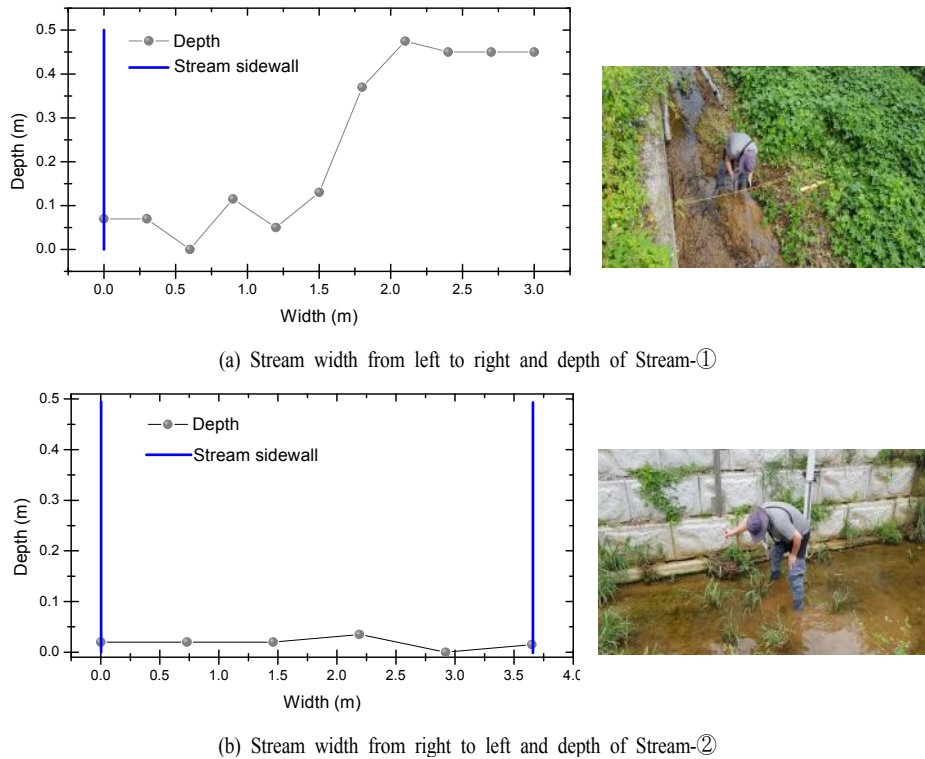


Figure 2. Stream width and depth

량계산시 단면적 산정을 위해 좌안 0 m 지점의 수심은 현장조사 시 유사하다고 판단한 0.3 m 지점의 수심과 동일하게 적용하였다. <Figure 1> (b)는 ‘Stream-②’의 하폭과 수심을 보여준다. 하폭은 우안에서 시작하여 좌안으로 이동하였으며, 수심은 홍수흔적을 기준으로 약 0.1 m 이내로 표현하였다. 하폭은 약 3.7 m로 확인되었으며, 모든 수심이 0.07 m에서 0.1 m 이내에 분포하여, 비교적 균일한 상태로 하상 정비가 되어 있는 수로임을 알 수 있었다. 주변에 기준점이 존재하지 않아 레벨로 지형을 환산하지는 못하였으며, 향후 수위계 자료를 사용할 수 있도록, 특정 시간의 물 높이를 수심에 맞춰 기록하였다. 유량계산시 단면적 산정을 위해 우안 0 m 지점의 수심은 현장조사 시 유사하다고 판단한 0.73 m 지점의 수심을 적용하였다.

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 유입량 조사

‘Stream-①’에서의 수위변동 특성을 확인하기 위해,

강우시와 청천시 현장특성을 조사하였다. 넓은 유역에서 평수기, 풍수기 및 홍수기 등으로 유황분석이 요구되는 일반 대하천과 달리, 강우시와 비강우시에 대해 흐름특성이 확연히 구분되었다. 3개의 하천이 교량 하부에서 합류되는 지형적 특성으로 인해, 교량을 이용한 비접촉식 유속 조사는 어려울 것으로 판단되었으며, 최근 5년간의 강우량을 고려했을 때, 단면 전체가 아닌 좌안만을 이용한 유속 조사만으로도 충분할 것으로 판단하였다. 수초로 인해 제외지 내부에 새로운 제방이 형성된 상태로, 전체 단면 중 좌안으로부터 흐름이 형성되는 새로운 단면을 대상으로 하나의 측선에 대한 유속 조사를 결정하였다. <Table 1>은 강우개시와 함께 유속센서를 ‘켄틸레버’ 선단에 설치하고 관측한 표면유속과 관측 단면적으로 산정한 유량과 수위이다. <Figure 3>은 수위와 유량의 상관관계이다. 수위를 X로 하고 유량을 Y로 한 관계식은 다음 식 (1)과 같다.

$$Y = 3.70X - 3.39X^2 + 0.041 \quad (1)$$

Table 1. Height and discharge at Stream-①

Time	Height (m)	Discharge (m <sup>3</sup> /s)
18-08-24 09:13	0.020	0.110
18-08-27 12:42	0.119	0.458
18-08-27 15:27	0.128	0.476
18-08-28 17:14	0.177	0.587
18-08-28 17:18	0.196	0.623
18-08-28 17:20	0.194	0.616
18-08-28 17:24	0.193	0.611
18-08-28 17:51	0.258	0.786
18-09-03 18:23	0.060	0.241

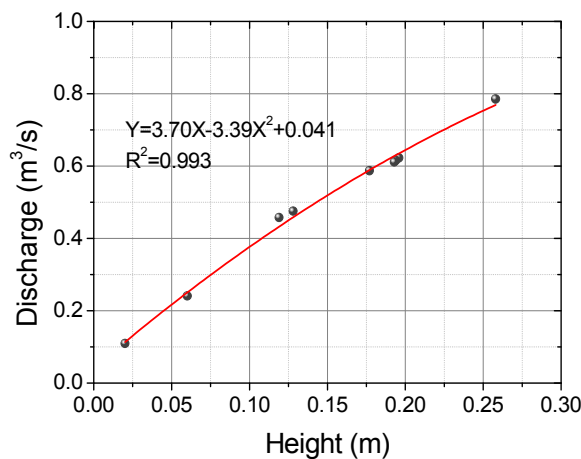


Figure 3. Relationship between height and discharge at Stream-①

‘Stream-②’에서의 수위변동 특성을 확인하기 위해, 케이블웨이 시스템을 이용한 하류방향의 유속을 관측하였다. 와이어와 길이조정이 가능한 카본 파이프를 이용해, 우안으로부터 하폭 1/4지점과 3/4지점의 유속을 관측하였다. <Table 2>는 하류방향 (Outgoing)의 표면유속으로 산정한 단면의 실제 수위에 대한 유량이다. <Figure 4>는 수위와 유량의 상관관계를 보여준다. 수위를 X로 하고 유량을 Y로 한 관계식은 다음 식 (2)와 같다.

$$Y = 1.06X + 3.06X^2 + 0.153 \quad (2)$$

## 2. 강수량 및 저수량 조사

강우유출 분석을 위한 강수량 자료는 버들저수지 인근 화성시 양감면사무소 관측소 자료를 이용하였

Table 2. Height and discharge at Stream-②

Time	Height (m)	Discharge (m <sup>3</sup> /s)
18-08-28 14:33	0.356	0.914
18-08-28 15:10	0.162	0.370
18-08-28 15:13	0.205	0.518
18-08-28 16:07	0.171	0.436
18-08-28 16:40	0.094	0.265
18-09-03 18:42	0.034	0.209
18-09-03 19:35	0.029	0.164
18-09-03 22:54	0.062	0.252

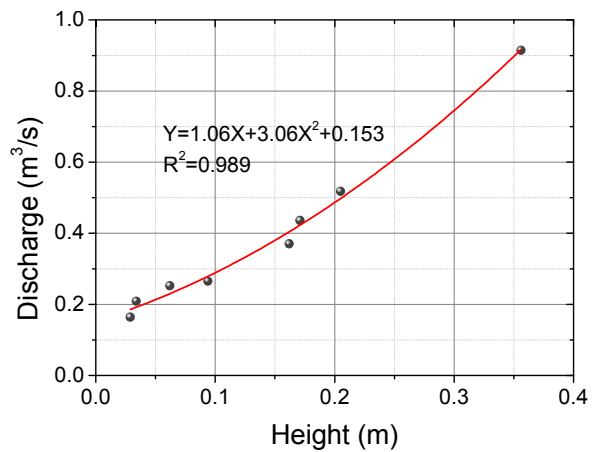


Figure 4. Relationship between height and discharge at Stream-②

다. <Figure 5>의 X축은 2018년 1월 1일부터 12월 31일까지 365일을 줄리안데일로 나타내었으며 Y축은 강우량을 mm로 나타내었다. 2018년 강우사상 중 본 연구에서는 2018년 6월 26일 발생한 95.5 mm 강우량을 보인 강우사상과 2018년 8월 26일부터 31일까지 총 193.2 mm의 강우량을 보인 강우사상을 대상으로 직접 유출량을 분석하였다.

<Figure 6>은 2018년 버들저수지에서의 저수량을 보여준다. 강우량과 마찬가지로 X축은 2018년 1년 365일을 줄리안데일로 표현하였으며, Y축은 10<sup>3</sup> m<sup>3</sup> 단위로 저수량을 보여준다. 5월 말까지는 농업용수 공급이 많지 않아 만수위를 유지하고 있으며, 6월부터는 농업용수 공급으로 저수량 감소가 시작되었다. 또한 6월 26일 발생한 강우로 인해 약 20,990 m<sup>3</sup>의 저수량 증가가 발생하였으며, 8월26일부터 31일까지 6일 동안에는 약 131,640 m<sup>3</sup>의 저수량이 증가하였다.

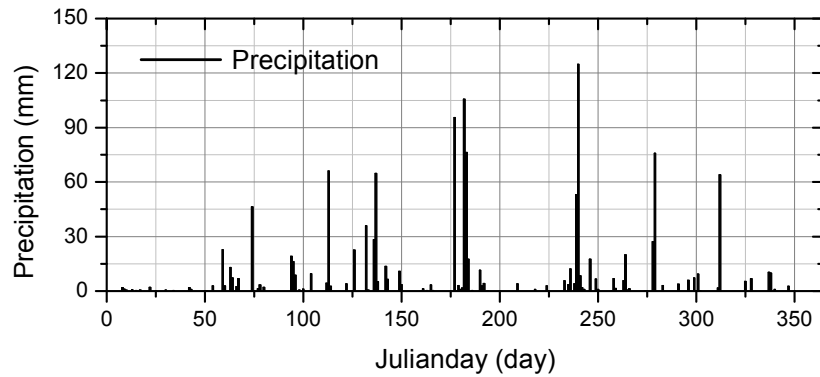


Figure 5. Precipitation at reservoir basin

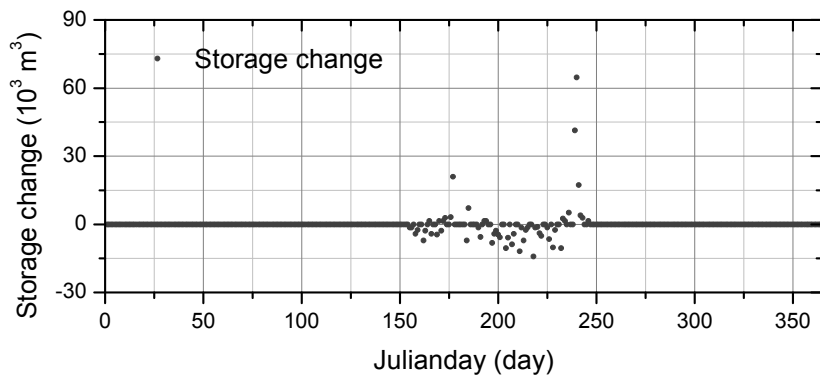


Figure 6. Storage change at reservoir

<Figure 7>은 2018년 홍수기에 해당하는 줄리안데 이 230일부터 255일까지 약 25일간의 강우량과 저수 량의 시간 변화를 같은 그림에 표현한 결과이다. 강우 가 발생하기 전까지는 유출에 의한 저수지로의 유입 량과 증발이나 월류에 의한 손실량이 적절하게 유지

되어 만수위를 기록하다가 강우발생과 거의 동시에 저수지와 가까운 유역으로부터 직접유출에 의한 저수 량 증가가 발생하기 시작하여 도달시간이 약 12시간 이상 소요되는 유역으로부터의 유입이 진행되었다.

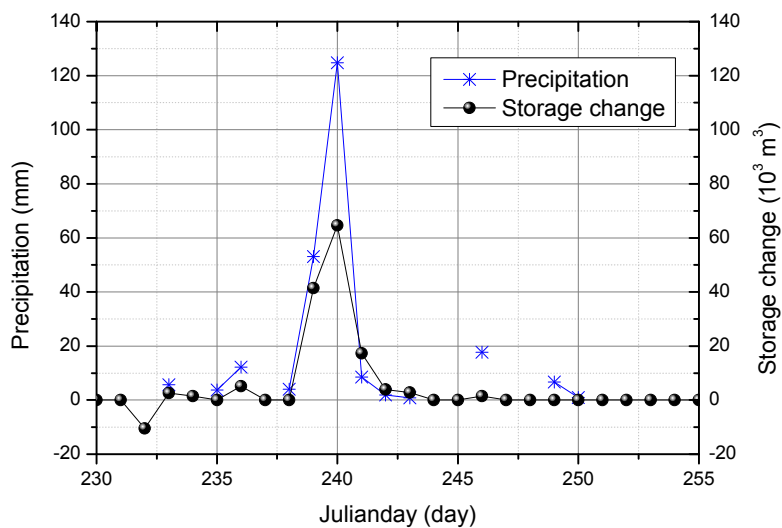


Figure 7. Precipitation and storage change at same time interval

3. 유출을 분석

<Figure 8>은 농업용 저수지에서의 용량 변화에 강우 발생 시점을 겹쳐 표현한 결과이다. 즉, Y축은 만수위로부터 부족한 저수용량을 마이너스  $10^3 \text{ m}^3$  단위로 표현하였으며, X축은 시간 변화를 줄리안데일로 나타내었다. 일 강우량은 <Figure 5>와 동일하다. 6월 26일 강우 전에는 농업용수 공급으로 인해 저수량이 감소하다가 강우로 인한 유입으로 단 하루 만에 만수위를 이루고 여분의 유입량은 월류되었다. 8월 27일(Julianday:

239)부터 31일(Julianday: 243)까지 5일 동안에는 저수위가 5일간 점차적으로 만수위까지 회복되는 단계를 보여준다. 상승량의 차이는 있으나 일 강우량과 일 저수용량 변화를 비교하기에 용이하였다. 즉, 6월 26일의 경우 강우 유출로 24시간 이내에 저수지를 가득 채우고 나머지는 유출되고 있으나 월류량이 관측되고 있지 않아 총 유입량을 파악하기는 어려웠다. 8월 26일부터 시작한 강우에 의한 유출은 다행히 하루하루 유입량이 파악되어 향후 유출분석에 유용하게 사용될 수 있었다.

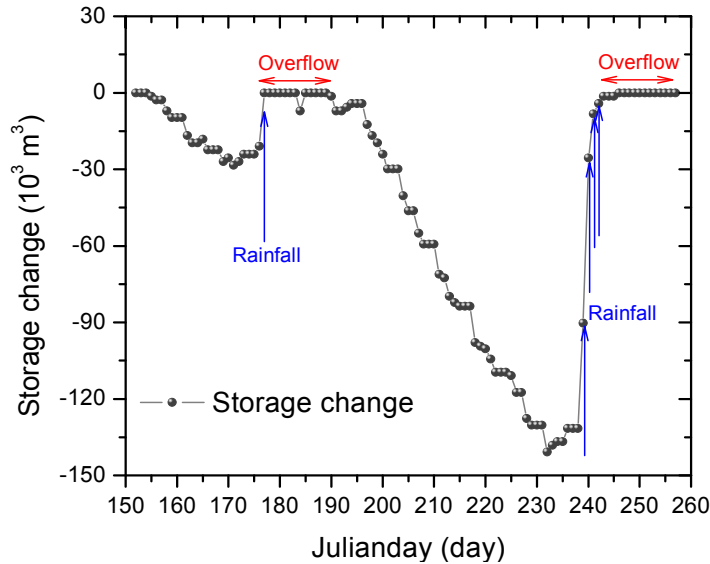


Figure 8. Water level fluctuation from June to September

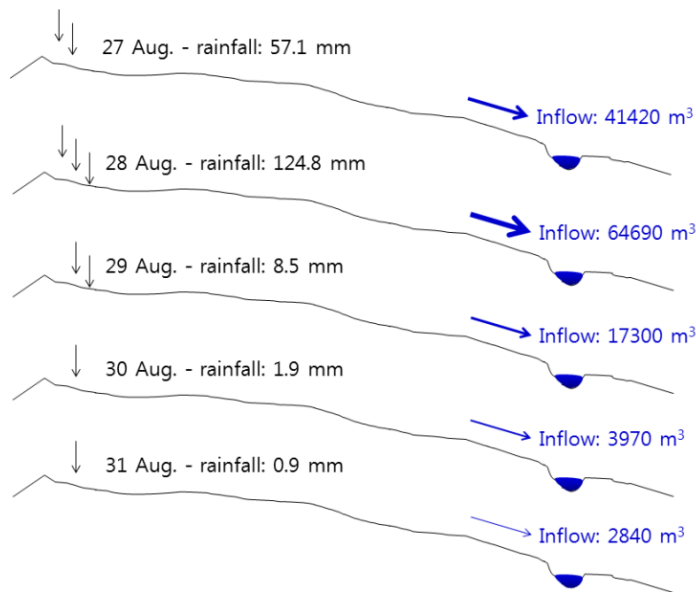


Figure 9. Rainfall and 100 % runoff amount from 27 August to 31 August.

8월 26일과 27일 강우사상으로 인한 직접유출은 약 23,205 m<sup>3</sup>, 28일 강우로 인한 직접유출은 약 32,373 m<sup>3</sup> 그리고 29일, 30일과 31일 강우로 인한 직접유출은 약 15,891 m<sup>3</sup>으로 파악되었다. <Figure 9>는 버들저수지 전체 유역에 내린 비의 양을 일별로 보여준다. 즉 강우량에 유역면적을 곱하여 m<sup>3</sup> 단위로 유출되기 전의 비의 양을 제시하였다. 유역에 내린 비의 양으로 저수지 수위 증가 및 감소에 의한 용적 변화량을 나누고 100을 곱함으로써 유출율을 구할 수 있었고, 기저유출이 없다는 가정하에 측량한 단면적을 곱하여 구한 유입량을 비의 양으로 나누고 100을 곱함으로써 대상하천의 유입율을 구하였다.

<Figure 10>은 버들저수지 주요지천인 'Stream-①'과 'Stream-②'로 유입되는 유량을 동일 시간에 나타낸 결과이다. 8월 26일 0시부터의 유량을 10분단위로 보여주고 있으며, 8월 27일 2회의 유량증가를 확인할 수 있었다. 그러나 8월 27일 0시의 유량증가는 유역과 이격되어 있는 강우 자료가 원인으로 추정되는 현저한 불일치를 보여주고 있다. 8월 28일에는 지속적으로 높은 유량이 유지되었으며, 29일 12시 이후에는 기저유출에 가까워짐으로서 직접유출이 종료되고 있음을 확인할 수 있었다. 약 5일간의 강우로 인한 지천으로의 총 유입량은 103,188 m<sup>3</sup>으로 분석되었다.

<Table 3>은 버들저수지에서 분석한 직접유출 결과

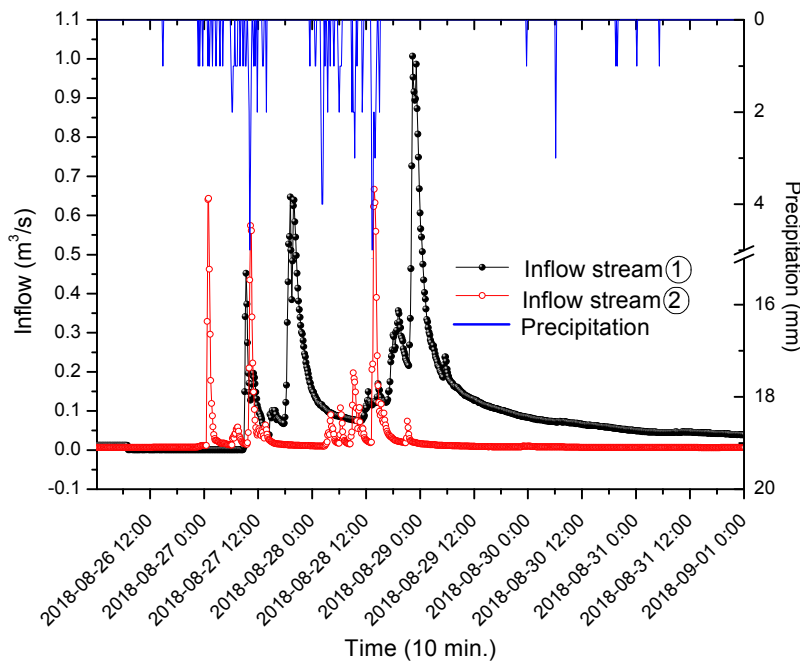


Figure 10. Rainfall and inflow from 26 Aug. to 31 Aug.

Table 3. Runoff considered stream basin during flood event in reservoir basin

Day	Rainfall amount (Basin of stream-①, ② (m <sup>3</sup> )) - ①	Reservoir capacity considering stream basin (reservoir capacity × stream basin area / reservoir basin area (m <sup>3</sup> )) - ②	Inflow (m <sup>3</sup> ) - ③	Runoff ratio ②/① × 100 (%)	Inflow ratio ③/① × 100 (%)	③/② × 100 (%)
18-8-27	114,335	23,205	39,328	20.3	34.4	169.5
18-8-28	249,895	32,373	22,820	13.0	9.1	70.5
18-8-29	17,020	11,360	14,862	66.7	87.3	130.8
18-8-30	3,805	2,612	6,210	68.7	163	237.7
18-8-31	1,802	1,919	4,294	106.5	238.3	223.8
Total	386,857	71,469	87,513	18.5	22.6	122.5

를 보여준다. 저수지면적과 유량관측이 불가능한 2개 하천의 수계면적을 제외한 ‘Stream-①’과 ‘Stream-②’ 수계면적에 강우량을 곱하여 ‘Rainfall amount’로 표현하였고, 저수용량은 ‘Reservoir capacity considering stream basin’으로 표현하였으며, 2개의 지천을 통한 유입량은 ‘Inflow’로 나타내었다. 분석결과, 저수용량을 이용하여 산정한 직접유출량은 약 18.5 %이며, 지천에서의 유량으로 산정한 유입량은 약 22.6 %임을 알 수 있었다. 이 결과는 Maeng, et. al.(2015)이 영종도 유역에서 제시한 직접유출량 약 23 %와도 유사한 결과를 확인하였다.

#### IV. 결론

본 연구는 농업용 저수지를 대상으로 정량적 물수지 분석 기술을 확보하기 위해 수행되었다. 우리나라 대부분의 농업용 저수지가 수계 상류에 위치하듯이 본 연구 대상지인 ‘버들저수지’도 화성호로 유입되는 자안천 상류에 위치하였다. 유역 상류로 갈수록 표면 유속을 이용하여 평균유속을 구할 때 사용하는 ‘보정인자 (Correction Factor)’는 매우 다양하다. Stream-①의 표면유속은 3점유속법으로 구한 평균유속환산계수인 0.65로 보정하고, Stream-②의 평균유속은 평균유속환산계수인 0.325로 보정하였다. 저수지로 유입된 직접유출량은 2개 하천을 포함하고 있는 수계에 내린 강우량 대비 18.5 % 임을 알 수 있었다. 한편 2개의 하천을 통한 유입량은 강우량 대비 22.6 %로 조사되었다. 많은 가정이 포함되어 있지만, 직접유출량은 면적비를 고려한 유입량에 비해 122.5 % 차이를 보였다. 유입량과 직접유출량의 차이에는 많은 원인이 있겠으나, 표면유속을 평균유속으로 환산하는 계수의 신뢰도 부족이 가장 큰 원인 중 하나라는 추정이 가능하였다.

#### 감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원 공동연구사

업(과제번호 : PJ012569042019)과 한국농어촌공사 농어촌연구원의 연구용역의 지원을 받아 연구되었음.

#### References

- Bjerklie, David M., Delwyn Moller, Laurence C. Smith, and S. Lawrence Dingman. 2005. Estimating Discharge in Rivers Using Remotely Sensed Hydraulic Information. *Journal of Hydrology*. 309(2005): 191-209.
- Cheong, Bong Kwon. 2012. A Comparative Study of Flow Measurement with the Rotary Current Meter Conducted on Foot and the Electromagnetic Surface Current Meter. Master Degree Thesis. Pusan National University.
- Choi, Jin Kyu, Jae Gwon Son, Ja Woong Koo, and Young Ju Kim. 2003. Storage Estimation of Irrigation Reservoir by Water Balance Analysis. *Korean Society of Rural Planning*. 9(4): 1-7.
- Huang, Wei Che, Chih Chieh Young, and Wen Cheng Liu. 2018. Application of an Automated Discharge Imaging System and LSPIV during Typhoon Events in Taiwan. *Water*. 2018(10): 280-296.
- Kim, Young Sung, Joon Woo Noh, and Kwang Soon Choi. 2014. Development of Microwave Water Surface Current Meter for General Use to Increase Efficiency of Measurements of River Discharges. *The Korean Society of Limnology*. 47(3): 225-231.
- Lee, Jong Gil. 2013. A Study on Estimation of Doppler Frequency in a Current Velocity Measurement Radar. *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*. 17(7): 1551-1557.
- Lin, Jeng Wen, Chih Wei Huang, and Yin Sung Hsu. 2016. Micro Radar Surface Velocimetry for Hydrologic Signal Processing Using a Bandpass Filtering Approach. *Water*. 2016(8): 262-276.
- Maeng, Seung Jin, Ji Hye Jeong, Hyung San Kim, Azam Muhammad, and Man Ha Hwang. 2015. Runoff Analysis Using Precipitation by Climate Change Scenario and Observed Precipitation. *Crisisonomy*. 11(2): 241-259.
- Selva, Kruphalan Tamil, Olof A. Forsberg, Daniel Merkoulouva,

- Fatemeh Ghasemifard, Nathaniel Taylor, and Martin Norgren. 2015. Non-contact Current Measurement in Power Transmission Lines. *Procedia Technology*. 21(2015): 498-506.
- Shay, Lynn K., Thomas M. Cook, Hartmut Peters, Arthur J. Mariano, Robert Weisberg, and P. Edgar An. 2002. Very High-Frequency Radar Mapping of Surface Currents. *IEEE Journal of Oceanic Engineering*. 27(2): 155-169.

*Korean References Translated from the English*

- 김영성, 노준우, 최광순. 2014. 하천유량측정의 효율성 향상을 위한 범용 전자파표면유속계 개발. 한국하천호수학회. 47(3): 225-231.
- 맹승진, 정지혜, 김형산, Azam Muhammad, 황만하. 2015. 기후변화 시나리오에 의한 강수량과 관측강수량을 사용한 유출 분석. 한국위기관리논집. 11(2): 241-259.
- 이종길. 2013. 유속 측정 레이더에서의 도플러 주파수 추정에 관한 연구. 한국정보통신학회논문지. 17(7): 1551-1557.
- 정봉권. 2012. 회전식 유속계와 전자파 표면 유속계에 의한 유량측정의 비교 연구. 석사학위논문. 부산대학교.
- 최진규, 손재권, 구자용, 김영주. 2003. 물수지 분석을 통한 관개용 저수지의 저수율추정. 농촌계획. 9(4): 1-7.

---

Received: Oct. 21, 2019 / Revised: Nov. 13, 2019 / Accepted: Nov. 22, 2019

## 홍수기 농업용저수지의 직접유출량 분석

**국문초록** 본 연구에서는 벼들 농업용 저수지를 대상으로 직접유출량을 조사하였다. 강우량과 증발량은 저수지와 가장 가까운 화성시 양감면사무소에 위치한 기상관측소 자료를 사용하였다. 한편, 강우자료와 저수지내 용적량이 포함하고 있는 상대적으로 작은 관측 오차들은 무시하고 저수지 유역에 형성된 4개의 하천 중 유입량 조사가 가능한 2개 하천의 유량과 면적비를 이용하여 유입량을 산정하였다. 유역면적의 71%를 차지하는 2개 하천을 반시계 방향 순으로 Stream-①과 Stream-②로 구분하였다. 표면유속은 비접촉식 레이더유속계로 관측하였다. Stream-①의 표면유속은 3점유속법으로 구한 평균유속환산계수인 0.65로 보정하고, Stream-②의 평균유속은 평균유속환산계수인 0.325로 보정하였다. 저수지로 유입된 직접유출량은 2개 하천을 포함하고 있는 수계에 내린 강우량 대비 18.5% 임이 확인되었다. 한편 2개의 하천을 통한 유입량은 강우량 대비 22.6%로 조사되었다. 많은 가정이 포함되어 있지만, 직접유출량은 면적비를 고려한 유입량에 비해 122.5% 차이를 보였다. 유입량과 직접유출량의 차이에는 많은 원인이 있겠으나, 표면유속을 평균유속으로 환산하는 계수의 신뢰도 부족이 가장 큰 원인 중 하나라는 사실을 확인하였다.

주제어 : 유출량, 농업용 저수지, 유입량, 표면유속, 보정계수

**Profiles** **Ki Won Lee** : She received her Bachelor's degree in the Department of Mineral Resources and Energy Engineering, Jeonbuk National University, Korea in 1992. Currently, she is studying at Chungbuk National University for a master's degree in Department of Agricultural and Rural Engineering. Her interesting subject and area of research are water management and hydrological modeling(kiwon77lee@gmail.com).

**Hyun Seok Lee** : He received his Ph.D. in Department of Civil Engineering from Tohoku University, Japan in 2003. He is a President of the HQ Tech co., Inc. His interesting subject and area of research are a natural phenomena analysis by water, hydraulic cycle, water balance and water resources management(leehs@hqtech.kr).

**Hyung Jin Shin** : She received her Ph.D. degrees in the Department of Civil and Environmental System Engineering, Konkuk University, Korea in 2011. She is an associate researcher of the Rural Research Institute, Korea Rural Community Corporation. Her interesting subject and area of research is hydroinformatics, hydrology modeling and water resources information(shjin@ekr.or.kr).

**Seung Jin Maeng** : He received a doctor of agriculture degree in "Estimation of design flood by the determination of best fitting order of LH-Moments" (February, 2002) from Chungbuk National University, currently he is working as professor in Chungbuk National University. The main areas of research are statistical hydrology, development of rainfall-runoff model, and area of hydrological data measurement, current activities include director society of agricultural engineering, the editorial board member in Journal Korea Water Resources Association(maeng@chungbuk.ac.kr).

