

# 기상조건과 농업용수 이용 관계 분석

## Analysis of the Relation between Weather Conditions and Agricultural Water Use

문장원\*, 양소혜\*\*, 이동률\*\*\*

Jang-Won Moon, So-Hye Yang, Dong-Ryul Lee

### 요 지

유역 내에서 효율적인 물관리를 수행하기 위해서는 하천을 중심으로 이루어지는 물 이용량에 대한 파악이 선행되어야 한다. 현재 우리나라에서는 홍수통계소를 중심으로 하천수 사용 관련 허가 및 실적 관리 업무가 이루어지고 있으며, 이를 통해 하천수 이용에 대한 관리를 수행하고 있다. 하천수 이용 허가 관련 시설물 중 절반 이상은 농업용수 공급을 위한 시설물이며, 수자원장기종합계획 등 수자원 관련 계획을 살펴보면 우리나라 용수 이용량의 절반 이상이 농업용수 이용량인 것으로 나타나고 있다. 따라서 농업용수 이용량에 대한 파악은 한정된 수자원의 효율적 활용 및 관리 측면에서 매우 중요한 요소라 할 수 있다. 하지만 농업용수 이용량에 대한 모니터링은 거의 이루어지고 있지 않으며, 농업용수 용도의 하천수 취수량에 대해서만 하천수사용실적관리시스템을 통해 월 1회 사용량 보고가 이루어지고 있는 실정이다.

농업용수는 그 특성상 강수 등 기상상황의 영향을 크게 받는다. 즉, 강수량이 풍부할 경우 하천으로부터 인위적으로 취수하는 양은 상대적으로 적으며, 무강우가 오래 지속될 경우 하천수에 대한 의존도가 크게 높아진다. 이러한 농업용수 이용 특성을 고려하여 기상조건과의 관계를 정량화할 경우 농업용수 이용량에 대한 개략적인 추정이 가능할 수 있다. 농업용수 이용량에 대한 추정은 평저수기 및 갈수기 효율적인 하천수 관리 업무 수행을 위해 필수적인 사항이라 할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 강수량 등의 기상조건과 농업용수 이용량 간의 관계를 분석하여 제시함으로써 기상조건에 따른 농업용수 이용량 추정 방안을 검토하여 제시하였다. 농업용수 이용량 추정 방안은 상대적으로 강수량의 영향을 크게 받는 논 용수 이용량에 대해서만 검토하였으며, 반순별 이용량을 바탕으로 관계 분석을 수행하였다.

**핵심용어 : 농업용수 이용량, 논 용수 이용량, 강수량, 기상인자**

## 1. 서론

최근 이상기후 등의 영향으로 우리나라에서는 큰 홍수나 가뭄이 매년 반복적으로 발생하여 많은 피해를 야기하고 있다. 우리나라의 기후 특성상 우기와 건기의 뚜렷한 구분은 효과적인 대응책이 수립되어 시행되지 못할 경우 홍수와 가뭄으로 인한 피해는 매년 반복될 가능성이 크다. 따라서 홍수 및 가뭄 등 물로 인해 발생할 수 있는 재해로 인한 피해를 사전에 방지할 수 있도록 효과적인 물관리 기술의 개발 및 적용이 필요하다.

지금까지 우리나라에서는 홍수로 인한 피해를 예방하기 위하여 홍수예보시스템 등이 지속적으로 구축 및 개선되고 있으며, 이를 효과적으로 운영함으로써 여름철 홍수로 인한 인명 및 재산피해를 상당부분 예방하고

\* 정회원-한국건설기술연구원 수자원-환경연구본부 수자원연구실 연구원-E-mail : jwmoon@kict.re.kr

\*\* 정회원-한국건설기술연구원 수자원-환경연구본부 수자원연구실 연구원-E-mail : shyang@kict.re.kr

\*\*\* 정회원-한국건설기술연구원 수자원-환경연구본부 수자원연구실 책임연구원-E-mail : dryi@kict.re.kr

최소화하는 등 많은 효과를 발휘하고 있다. 하지만 가뭄은 그 특성상 장기간에 걸쳐 발생하여 시작 시점을 파악하기 어려운 이유로 체계적인 대책의 마련 및 이에 대응하기 위한 시스템 구축이 홍수에 비해 상대적으로 미흡한 상황이다. 가뭄이 발생할 경우 그 직접적인 영향은 하천에서 이용 가능한 물의 감소로 이어지며, 가용수자원의 감소는 물공급 관련 시설의 운영에 많은 문제점을 야기하게 된다. 현재 우리나라에서 물공급을 위해 운영되고 있는 시설물의 상당수는 하천수를 수원으로 하고 있으며, 대부분 농업용수 공급을 위한 시설물로서 가뭄으로 인한 하천수의 감소는 농업 분야에 많은 피해를 발생시킬 수 있다. 따라서 평저수기 및 갈수기 한정된 수자원의 효과적인 관리를 통해 물부족으로 인한 피해를 최소화하기 위해서는 유역 또는 하천 구간에서 이용되는 하천수를 적극적으로 모니터링함으로써 하천수 이용량에 대한 명확한 파악이 가능하여야 하며, 이용량을 예측할 수 있는 방안을 마련하여 적용함으로써 장래 발생 가능한 피해를 사전에 방지할 수 있는 체계를 갖추어야 한다. 특히 하천수 취수 시설물의 대부분을 차지하고 있는 농업용수 이용량에 대한 모니터링과 예측은 효과적인 하천수 관리 및 피해 예방을 위해 매우 중요한 의미를 갖는다.

농업용수 이용량은 기상조건과 매우 밀접한 관계를 맺고 있으며, 기상조건에 따라 동일한 지역에서 매우 다른 이용 특성을 나타낼 수 있다. 즉, 같은 농지라 할 지라도 강수량이 많을 경우 하천수에 대한 의존도는 상당부분 감소하며, 무강우가 지속될 경우 필요한 농업용수는 하천수나 지하수 등을 통해 공급되어야 한다. 따라서 농업용수와 기상조건과의 관계를 정량화할 수 있을 경우 이를 장래 농업용수 이용량 예측에 활용할 수 있으며, 농업용수 이용량에 대한 예측을 통해 보다 효과적으로 하천수를 이용하고 관리할 수 있는 기반을 마련할 수 있다. 본 연구에서는 기상조건과 농업용수 이용량과의 관계를 이용하여 장래 농업용수 이용량 예측에 활용할 수 있는 방안을 제시하고자 하였다. 이를 위해 다양한 기상조건 중 농업용수 이용에 가장 많은 영향을 미치는 인자인 강수량과의 관계를 검토하였으며, 선행 강수 조건에 따른 영향도 함께 검토하였다. 이러한 검토 결과를 바탕으로 강수량에 따라 유역의 농업용수 이용량을 개략적으로 추정할 수 있는 방법을 제시하였다.

## 2. 이용 자료

농업용수 이용량은 크게 논 용수 이용량과 밭 용수 이용량으로 구분되며, 그 외 축산용수 이용량이 있다. 세 가지 중 기상조건에 가장 큰 영향을 받는 것은 논 용수 이용량으로 전체 농업용수 이용량의 80% 이상을 차지하고 있으며, 강수량과 하천수에 대한 의존도가 높다. 반면 밭 용수 이용량은 논 용수 이용량에 비해 그 양이 적고 최근 증가한 시설재배 등으로 인해 강수량에 대한 의존도가 낮아져 강수량과 일정한 관계를 얻기 어려울 것으로 판단되며, 축산용수의 경우 가축사육 과정에서 필요한 용수이므로 기상조건과 관계가 없다고 할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 농업용수 이용량 중 논 용수 이용량을 이용하여 강수량과의 관계를 검토하였다.

본 연구의 분석을 위해 논 용수 이용량 자료는 수자원장기종합계획(건설교통부, 2006)을 통해 제시된 자료를 이용하였다. 이 자료는 논 면적과 기상상황을 고려하여 1973년부터 2003년까지의 논 용수 이용량을 중권역별로 추정한 결과이며, 추정된 논 용수 이용량은 반순(5일) 단위의 시간 단위를 갖는다. 또한 관계분석을 위해 필요한 강수량 자료 역시 같은 계획을 통해 제시된 중권역별 유역 평균 강수량 자료를 이용하였으며, 일 단위 강수량 자료를 반순 단위 강수량 자료로 환산하여 이용하였다.

## 3. 농업용수 이용량과 강수량과의 관계 분석

농업용수 이용량 중 논 용수 이용량과 강수량과의 관계를 분석하기 위해 먼저 강수량과 논 용수 이용량을 함께 도시하여 검토하였다. 도시를 통해 개략적으로 두 가지 인자 간 관계를 검토한 후 선행 강수 조건을 설정하여 분석한 후 그 영향을 검토하였다. 본 절의 분석 결과는 강수량을 이용하여 논 용수 이용량을 추정하기 위한 방법 개발에 활용되었다.

### 3.1 선행 강수로 인한 영향 분석

농업용수 이용량 중 논 용수 이용량과 강수량은 기본적으로 반비례 관계가 있다. 즉, 강수량이 많을 경우 논 용수의 하천수 의존도는 크게 낮아지며, 무강우가 지속될 경우 하천수로부터 취수하여 공급하는 논 용수량은 크게 증가한다. 또한 논 용수 이용량은 해당 시간 구간의 강수량뿐만 아니라 이전에 발생한 강수량의 영향도 많이 받으며, 이로 인한 영향을 검토할 필요가 있다. 본 연구에서는 선행 강수로 인한 영향을 검토하기 위해 해당 시간 구간의 이전 반순 기간 동안 발생한 강수량을 함께 고려한 후 논 용수 이용량과의 관계를 함께 검토하였다. 그림 1은 선행 강수 고려 전후의 강수량 자료와 논 용수 이용량을 함께 도시하여 나타낸 것으로 선행 강수의 고려는 이전 반순과 현재 반순의 강수량을 합하여 검토함으로써 선행 강수를 고려하였다. 앞서 언급한 바와 같이 그림 1을 살펴보면 강수량과 논 용수 이용량은 반비례의 관계가 나타나고 있음을 알 수 있으며, 분산이 비교적 크게 나타나고 있으나 전반적으로 일정한 반비례 관계가 나타나고 있다고 판단할 수 있다. 그림 1을 통해 선행 강수 고려 전후의 결과를 검토해보면 선행 강수 조건을 고려하였을 경우 논 용수 이용량과 강수량과의 상관관계가 상대적으로 양호하게 나타나고 있음을 알 수 있다. 따라서 이러한 결과는 농업용수 이용량과 강수량과의 관계 분석 시 선행 강수 조건에 대한 고려가 필요함을 나타내주는 결과라 할 수 있다.

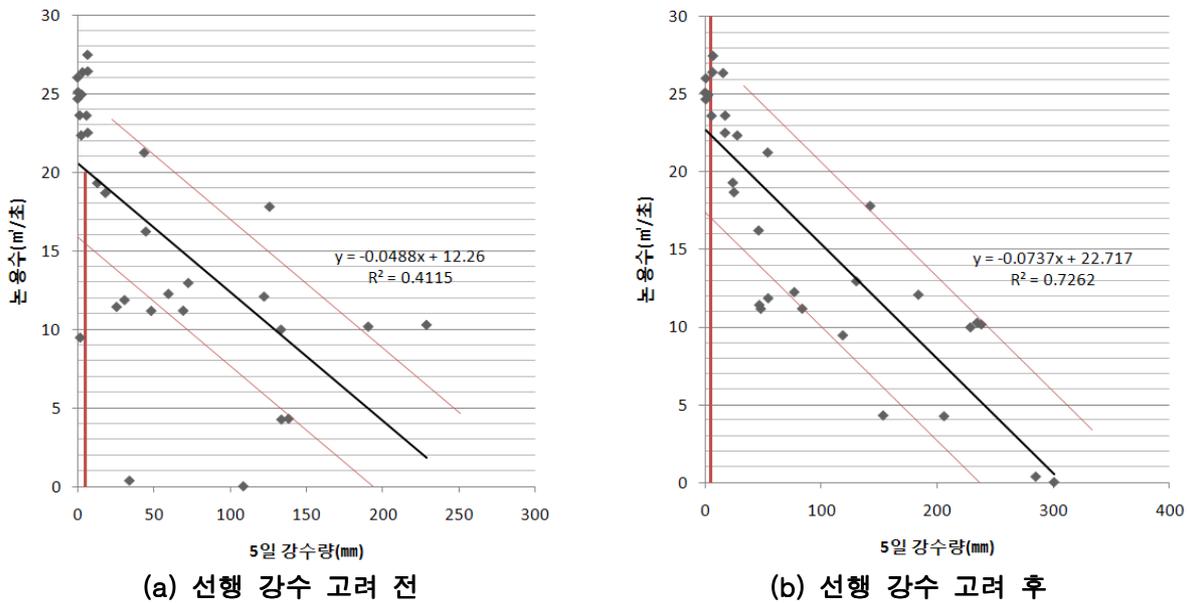


그림 1. 논 용수 이용량과 선행 강수 고려 전후 영향 분석

### 3.2 실제 취수 실적 자료와 강수량과의 관계

앞서 언급한 논 용수 이용량은 각 연도별 기상상황을 바탕으로 이론적으로 계산된 결과이며, 실제 하천에서 취수된 양을 의미하는 것은 아니다. 이론적으로 계산된 결과는 하천 주변에 위치한 논뿐만 아니라 유역 내에 존재하는 전체 논을 이용량을 추정하는 결과이므로 실제 하천에서 취수되는 논 용수는 이보다 적게 나타날 가능성이 크다. 또한 실제 하천수 취수량과 강수량과의 관계 또한 앞서 분석한 결과와 동일한 결과를 보이는 것에 대해 검토해볼 필요가 있다. 본 연구에서는 하천수사용실적 관리시스템을 통해 보고된 취수 실적자료를 이용하여 강수량과의 관계를 검토하였다. 취수 실적자료를 수집하여

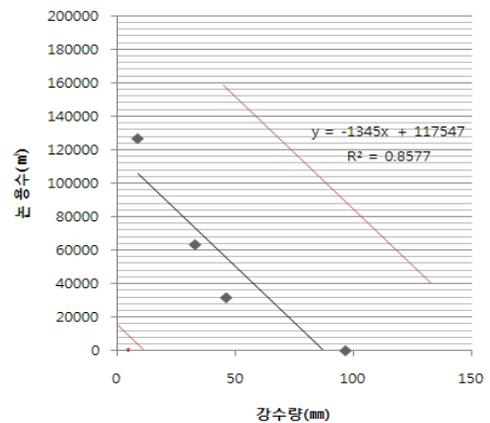


그림 2. 취수 실적자료와 강수량 비교

검토한 결과 정상적으로 실적 보고가 이루어진 것이 최근 4년 정도에 불과하여 정확한 취수 실적자료를 이용한 검토가 어려운 상황이지만 개략적인 관계를 파악하기 위해 강수량과 함께 도시하여 그림 2에 나타내었다. 그림 2는 영산강 상류 5001 중권역에 포함된 시설물의 취수 실적자료를 이용한 것으로 자료의 수가 매우 적어 정확한 결과를 파악하기는 어려우나 대체로 앞서 검토한 결과에서와 같이 반비례의 관계가 나타나고 있음을 알 수 있다.

### 3.3 유역별 농업용수 이용량과 강수량 관계 분석

전국 12대 하천 유역을 대상으로 논 용수 이용량과 강수량과의 관계를 분석하였다. 강수량은 앞서 언급한 바와 같이 선행 강수 조건을 고려한 결과를 이용하였으며, 전국 12대 유역의 대표 중권역을 선택하여 관계를 검토하였다. 그림 3은 12대강 유역에 포함되는 중권역의 자료를 이용하여 논 용수 이용량과 강수량과의 관계를 도시하여 나타낸 것으로 총 72 반순 중 6월 여섯 번째 반순(6월 1일~6월 5일)의 결과를 대표적으로 나타내었다. 이를 통해 논 용수 이용량과 강수량이 반비례 관계로 나타나고 있음을 확인할 수 있으며, 상관관계 또한 비교적 양호하게 나타나고 있음을 알 수 있다.

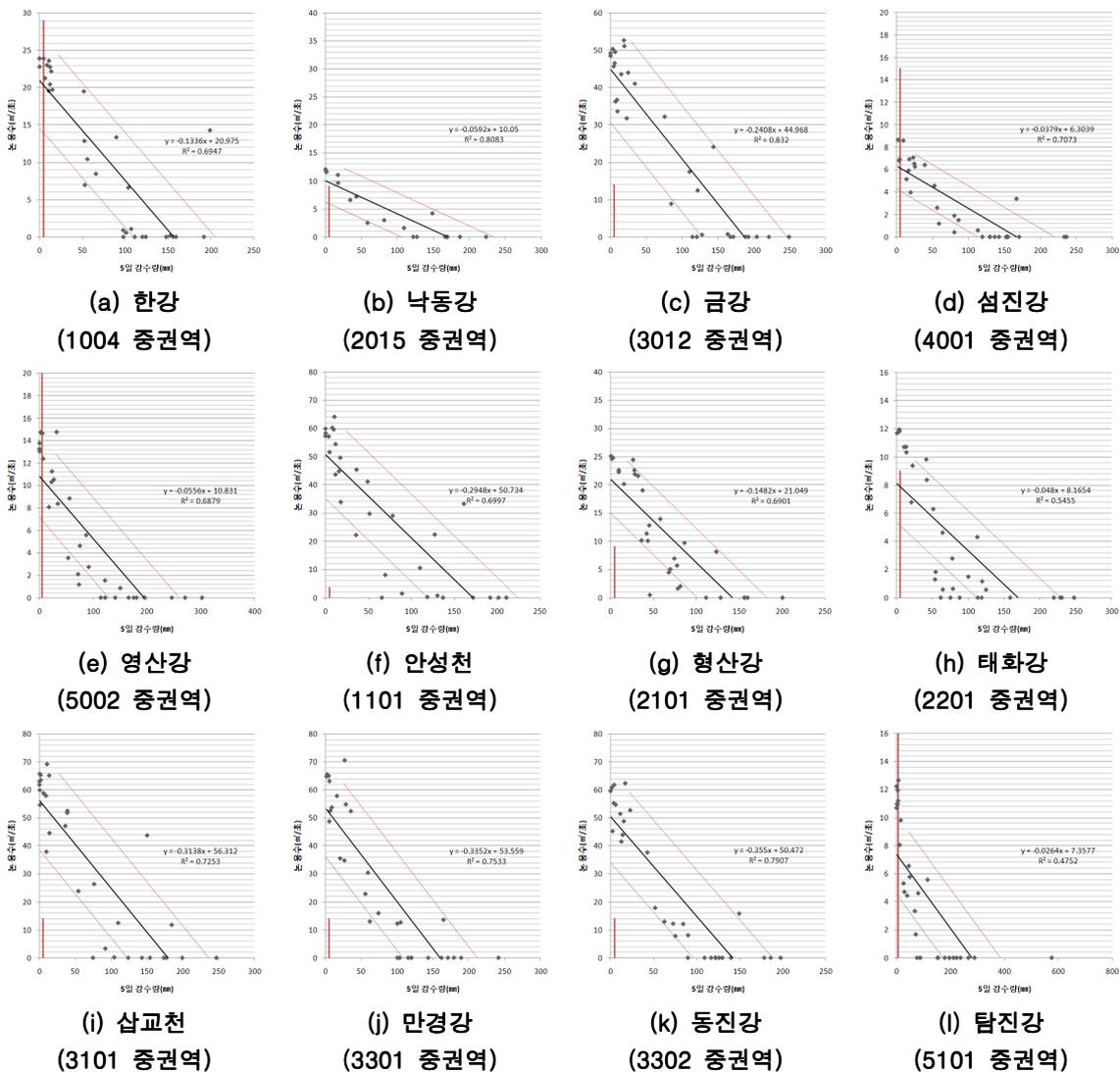


그림 3. 12대강 유역의 논 용수 이용량과 강수량과의 관계(6월 여섯 번째 반순)

표 1은 유역별 분석 결과를 바탕으로 도출된 선형회귀식을 나타내고 있으며, 선형회귀식의 독립변수  $x$ 에 강수량을 대입함으로써 종속변수인  $y$ 의 논 용수 이용량을 추정할 수 있다. 예를 들어 결정계수가 가장 높게 나타난 낙동강 2015 중권역의 경우 유역 내에 강수량이 50mm 발생하였을 경우 해당 유역의 논 용수 이용량은 7.09m<sup>3</sup>/초 가량 되는 것으로 추정할 수 있다.

표 1. 12대강 유역의 논 용수 이용량 추정 선형회귀식(6월 여섯 번째 반순)

유역	대표 중권역	중권역 코드	회귀식	결정계수
한강	달천	1004	$y = -0.1336x + 20.975$	0.6947
낙동강	합천댐	2015	$y = -0.0592x + 10.050$	0.8083
금강	금강공주	3012	$y = -0.2408x + 44.968$	0.8320
섬진강	섬진강댐	4001	$y = -0.0379x + 6.304$	0.7073
영산강	황룡강	5002	$y = -0.0556x + 10.831$	0.6879
안성천	안성천	1101	$y = -0.2948x + 50.734$	0.6997
형산강	형산강	2101	$y = -0.1482x + 21.049$	0.6901
태화강	태화강	2201	$y = -0.0480x + 8.165$	0.5455
삼교천	삼교천	3101	$y = -0.3138x + 56.312$	0.7253
만경강	만경강	3301	$y = -0.3352x + 53.559$	0.7533
동진강	동진강	3302	$y = -0.3550x + 50.472$	0.7907
탐진강	탐진강	5101	$y = -0.0264x + 7.358$	0.4752

#### 4. 결론

지금까지 농업용수 중 논 용수 이용량과 기상인자 중 강수량과의 관계를 검토하였으며, 검토 결과를 바탕으로 강수량으로부터 논 용수 이용량을 추정할 수 있는 방안을 제시하였다. 논 용수 이용량과 강수량과의 관계는 반비례 관계가 나타나고 있음을 확인할 수 있었으며, 선행 강수 조건을 고려할 경우 두 가지 인자 간 관계는 보다 명확하게 나타나고 있음을 알 수 있었다. 선행 강수 조건을 고려하여 12대 하천 유역별로 동일한 분석을 수행하고 반순 단위로 논 용수 이용량을 강수량으로부터 추정할 수 있는 선형회귀식을 도출하였다.

도출된 관계식을 이용할 경우 유역 내에서의 논 용수 이용량을 강수량 인자만을 가지고 쉽게 추정할 수 있으며, 추정된 결과를 이용하여 장래 물 이용 계획 수립 등의 과정에 활용할 수 있을 것으로 기대된다. 하지만 논 용수 이용량에 영향을 미치는 요소에는 강수량 이외에도 다양한 인자가 영향을 미치게 되므로 향후 이에 대한 추가적인 검토가 필요할 것으로 판단된다.

#### 참고 문헌

1. 건설교통부(2006). 수자원장기종합계획 보고서.
2. 류경식, 황만하(2007). 대규모 유역에서의 적정 용수이용량 산정. 한국농공학회 논문집, 제49권, 제3호, pp. 3~10.
3. 안소라, 박민지, 박근애, 김성준(2007). 기상인자가 농업용 저수지 저수량에 미치는 영향연구, 한국농공학회 논문집, 제49권, 제4호, pp. 3~12.