

실시간 저수위를 활용한 농업가뭄평가 및 전망

Assessment and Prediction of Agricultural Drought Utilizing Real Time Reservoir Storage Level

남원호*, 최진용**, 유승환***, 장민원****, 고광돈*****

Won-Ho Nam, Jin-Yong Choi, Seung-Hwan Yoo, Min-Won Jang, Kwang-Don Ko

요 지

농업가뭄은 강수의 부족으로 인하여 농업용 저수지의 저수량 저하로 농작물 생육 및 수확량의 직접적인 영향을 미치는 것으로, 농업가뭄평가는 강수량뿐만 아니라 작물의 생육시기별 필요수량과 용수공급능력을 모두 고려할 수 있어야 한다. 농업가뭄관리의 주요 대상인 논벼는 기본적으로 수원공과 관개지역 사이의 물수지를 판단함으로써 농업가뭄의 위험을 정의할 수 있다. 본 연구에서는 가뭄관리가 필요한 농업용 저수지 관개지역의 농업가뭄 평가를 위해 논 물수지 분석 모형과 저수지 물수지 분석 모형을 구성하고, 용수수급해석의 결과로부터 가뭄의 크기를 객관화하고 가뭄의 단계를 평가할 수 있도록 빈도개념을 적용한 저수지가뭄지수 (Reservoir Drought Index, RDI)를 이용하여 농업가뭄을 분석·평가하였다. 또한 농업용 저수지의 저수량 모의치와 실시간 저수위를 이용하여 경험적으로 농업용 저수지의 유입량을 자동으로 보정하여 장기적으로 최적화할 수 있는 방안을 제시하였으며, 과거 유효강수량을 시기별로 나누어 빈도분석을 통해 농업가뭄대응을 위한 가뭄 기상시나리오를 사용하여 향후 가뭄의 여러 가지 패턴에 따른 농업가뭄을 전망하였다. 이러한 다양한 시나리오를 통해 실제 물 관리 및 가뭄대책 업무에 반영하고 농업가뭄대응책 수립 및 농업수자원관리의 의사결정을 수립하는데 기초자료가 될 것으로 판단된다.

핵심용어 : 가뭄평가, 가뭄전망, 농업가뭄, 실시간 저수위

* 정회원 · 서울대학교 농업생명과학연구원 연구원 · E-mail : wh531@snu.ac.kr
** 정회원 · 서울대학교 생태조경 · 지역시스템공학부 부교수 · E-mail : iamchoi@snu.ac.kr
*** 정회원 · 서울대학교 농업생명과학연구원 선임연구원 · E-mail : crom97@snu.ac.kr
**** 정회원 · 경상대학교 지역환경기반공학과 조교수 · E-mail : mwjang@gnu.kr
***** 정회원 · 한국농어촌공사 · E-mail : kgd@ekr.or.kr

1. 서론

농업적 가뭄은 강수의 부족으로 인하여 농업용 저수지의 저수량 저하로 농작물 생육 및 수확량의 직접적인 영향을 미치는 것으로, 기상학적 또는 수문학적 가뭄이 농업에 미치는 영향을 고려하여 정의된다. 하지만 농업적 가뭄의 경우 토양, 작물 등 복합요인에 의해 지배를 받기 때문에 비정상적인 강수의 부족 상태를 나타내는 기상학적 가뭄이나 특정지역이 정상적으로 필요로 하는 하천유량의 부족상태를 나타내는 수문학적 가뭄으로는 분석이 미흡함에도 불구하고, 국내에서는 농업분야의 가뭄대책을 수립하기 위한 지표로써 농업용 저수지의 저수율 (김선주 등, 1995; 박기욱 등, 2006) 및 과우일수 (박성우 등, 1982; 김현영 등, 1996)가 대표적으로 사용하고 있어 농업적 가뭄을 분석함에 있어 수문학적 또는 기상학적 변량을 대상으로 연구되어 왔다. 농업가뭄평가는 강수량뿐만 아니라 작물의 생육시기별 필요수량과 용수공급 능력을 모두 고려할 수 있어야 하며, 농업가뭄관리의 주요 대상인 논벼는 기본적으로 수원공과 관개지역 사이의 물수지를 판단함으로써 농업가뭄의 위험을 정의할 수 있다. 본 연구에서는 가뭄관리가 필요한 농업용 저수지 관개지구의 농업가뭄 평가를 위해 논 물수지 분석 모형과 저수지 물수지 분석 모형을 구성하고, 용수수급해석의 결과로부터 가뭄의 크기를 객관화하고 가뭄의 단계를 평가할 수 있도록 빈도개념 및 실시간 저수위를 적용한 저수지가뭄지수 (Reservoir Drought Index, RDI)를 이용하여 농업가뭄을 분석·평가하였다. 농업가뭄 분석을 위한 RDI의 개발은 전국의 농업용 저수지에 적용하기 위한 것으로 대부분이 미계측 유역인 특성상 탱크 모델을 이용하여 저수지의 유입량을 모의한다. 저수지 유입량의 정확한 산정을 위해서는 저수지 수위, 방류량, 저수지 상류지점 유량의 정확한 측정 및 추정이 우선되어야 한다 (박지창 등, 2009). 저수지 유입량의 산정은 저수지 수위 변동과 저수지 방류량을 이용하는 것과 저수지로 유입하는 저수지 상류부 하천의 유량 측정치로부터 추정하는 방법이 있으며, 일반적으로 현재 우리나라에서는 방류량과 저수지 수위에 변화에 따른 저류량의 차로 산정하고 있다 (박노혁 등, 2001). 현재 우리나라에서 많이 사용하고 있는 일 유출모의 모형인 탱크모형은 입력해야 하는 매개변수가 적고 사용이 용이하며, 미계측유역의 유출량 계산에도 사용될 수 있다 (김현영과 박승우, 1986). 하지만 실제 저수량의 변화를 반영하지 못하는 경우가 많아 탱크모형의 매개변수를 수정하는 많은 연구가 진행되었다 (박재일 등, 2006; 이상호와 강신욱, 2007). 현재 우리나라에 축조되어 있는 농업용 저수지들 가운데 상당수는 축조된 지 50년 이상으로 노후화된 실정이며, 대부분의 농업용 저수지의 관개규모가 100 ha 이하의 소규모 저수지이다 (유철상과 박현근, 2007). 따라서, 농업용 저수지는 축적된 수문자료가 빈약하고, 저수지 및 관개면적에 비하여 수문계측기 설치 및 운영에 소요되는 비용이 과다하여 직접 관측된 수문자료를 이용한 모형의 적용은 현실적으로 어려움이 많은 실정이다. 농업용 저수지의 입력자료 및 관측수문자료의 제한으로 전국의 농업가뭄 분석에 사용할 수 있는 탱크 모형의 개선 방안이 필요하다. 최근의 농업용 저수지의 수위를 원격으로 측정하여 저수량과 저수율에 대한 자료를 제공하는 연구가 진행 중이며, 향후 농업용 저수지의 신뢰성 있는 수문자료로 활용될 것으로 예상된다. 따라서 본 연구에서는 농업용 저수지의 저수량 모의치와 관측치를 이용하여 경험적으로 농업용 저수지의 유입량을 자동으로 보정하여 장기적으로 최적화할 수 있는 방안을 제시하고자 한다.

2. 저수지 가뭄지수의 산정

저수지 가뭄지수 (RDI)는 관개지역의 답작물 필요수량과 저수지의 용수공급능력을 파악하여 시기별로 발생할 수 있는 용수부족의 위험을 가뭄단계별로 평가하여 나타내는데 있으므로, 농업가뭄의 평가를 위해 농업가뭄빈도 및 농업가뭄지수의 개념을 설정하고 답작물에 대한 가뭄발생의 크기를 추정할 수 있는 농업가뭄분석모형을 개발하였다 (장민원, 2000). 본 연구에서는 답작물의 농업가뭄분석과 가뭄지수의 산정을 위하여 하동지역의 강우 및 저수지 기초자료를 구축하고, 포장과 저수지에서 물수지 분석에 의해 일별 필요수량과 가용수량, 부족수량을 추정하며 빈도분석을 통하여 농업가뭄 위험을 평가하고 지수화 할 수 있도록 모형을 구성하였다.

3. 실시간 저수위를 이용한 저수지 유입량 보정

RDI를 계산하기 위한 저수지 물수지 모형은 다음과 같은 요소들로 설명될 수 있다.

$$RS(t) = RS(t-1) + RI(t) + RP(t) + RU(t) - [RL(t) + RO(t) + RE(t) + RG(t)]$$

여기서, $RS(t)$: t 일의 저수량, $RS(t-1)$: $(t-1)$ 일의 저수량, $RI(t)$: t 일의 저수지 유입량, $RP(t)$: t 일의 저수지 수면강수량, $RU(t)$: t 일의 지하수 유입량, $RL(t)$: t 일의 방류량, $RO(t)$: t 일의 물넘이 월류량, $RE(t)$: t 일의 저수지수면증발량, $RG(t)$: t 일의 지중침투량이며, 모형의 요소 가운데 정량화하기 곤란한 지하수 유입량 ($RU(t)$)과 지중침투량 ($RG(t)$) 등은 고려하지 않는 것으로 하였다. 저수지 유입량 ($RP(t)$)은 저수지 유역에서의 일별 유출량으로서 탱크모형을 사용하였다. 본 연구에서는 비관개기간동안의 실시간 저수위 (저수량) 관측자료와 저수지 물수지 모형에 의한 모의 저수량을 비교하여 관개 시작전 저수량 수준을 예측할 수 있도록 저수지 유입량의 보정계수를 사용하였다. 매년 비관개기간동안의 산정된 보정계수는 산술평균하여 장래의 저수량 모의에 반영하도록 하였다.

4. 가뭄 기상시나리오를 적용한 농업가뭄 전망

본 연구에서는 현재의 농업가뭄상황을 분석·평가하고 예상되는 가뭄상황을 설정하여 장기적인 농업가뭄대책의 수립과 시행을 마련할 수 있는 분석 방법으로 농업가뭄 전망기법을 개발하였다. 농업가뭄대응을 위한 가뭄 기상시나리오를 설정하여 현재의 가뭄정도를 파악하고 향후 이 가뭄의 상태가 어떻게 진행될 것인가를 예측한다면 보다 손쉽게 농업가뭄대응 수립 및 농업수자원관리의 의사 결정을 할 수 있을 것으로 판단된다. 따라서 과거 실제 가뭄이 발생했던 사상을 바탕으로 하여 가뭄단계별 기상시나리오를 설정하기 위한 모형을 개발하였다. 이 모형은 과거 강수량 자료에 대하여 유효강수량을 산정하고, 유효강수량 결과를 시기별로 나누어 빈도분석을 실시하여 빈도별 결과에 따라 기준 연도를 결정하여 이를 바탕으로 단계별 가뭄 기상시나리오를 설정하였다.

5. 결론

본 연구에서는 가뭄관리가 필요한 농업용 저수지 관개지구의 농업가뭄 평가를 위해 논 물수지 분석 모형과 저수지 물수지 분석 모형을 구성하고, 용수수급해석의 결과로부터 가뭄의 크기를 객관화하고 가뭄의 단계를 평가할 수 있도록 빈도개념을 적용한 저수지가뭄지수를 이용하여 농업가뭄을 분석·평가하였다. 또한 저수지 물수지 분석모형을 이영한 농업용 저수지의 저수량 모의치와 실시간 저수위를 이용하여 경험적으로 농업용 저수지의 유입량을 자동으로 보정하여 장기적으로 최적화할 수 있는 방안을 제시하였으며, 과거 유효강수량을 시기별로 나누어 빈도분석을 통해 농업가뭄대응을 위한 가뭄 기상시나리오를 사용하여 향후 가뭄의 여러 가지 패턴에 따른 농업가뭄을 전망하였다. 이러한 다양한 시나리오를 통해 실제 물 관리 및 가뭄대책 업무에 반영하고 농업가뭄대응책 수립 및 농업수자원관리의 의사결정을 수립하는데 기초자료가 될 것으로 판단된다.

감 사 의 글

본 연구는 『Web 및 GIS 기반 가뭄관리시스템 개발』 과제의 일환으로 한국농어촌공사의 연구지원으로 수행되었습니다. 이에 깊은 감사를 드립니다.

참 고 문 헌

1. 김선주, 이광야, 신동원(1995). 관개용 저수지의 한발지수산정, 제37권 제6호, pp. 103-111.
2. 김현영, 박승우(1986). 유역특성에 따른 탱크모형 매개변수의 변화, 한국농공학회지, 제28권 제2호, pp. 42-52.
3. 김현영, 서영제, 오수훈(1996). 우리나라 가뭄 평가방법에 관한 연구, 한국관개배수, 제3권 제1호, pp. 20-31.
4. 박기욱, 김진택, 주옥중, 이용직(2006). 농업가뭄의 평가를 위한 가뭄지수의 적용성 분석, 한국관개배수, 제13권 제1호, pp. 72-81.
5. 박노혁, 양재린, 윤재홍(2001). 저수지 유입량 산정방법 개선, 대한토목학회논문집, 제21권 제4-B호, pp. 335-346.
6. 박성우, 안재숙, 이기춘(1982). 한발기준년 재조정, 농업개발시험연구, 서울대 농업개발연구소.
7. 박제일, 백천우, 전환돈, 김중훈(2006). 건기 실측간격, 강우인자에 따른 탱크모형 매개변수 추정, 한국물환경학회지, 제22권 제5호, pp. 856-864.
8. 박지창, 김 남, 류경식(2009). 저수지 수위 정밀 측정에 의한 댐 유입량 자료 개선, 한국환경과학학회지, 제18권 제3호, pp. 309-314.
9. 유철상, 박현근(2007). 한국 농업용 저수지의 형태학적 특성 분석, 대학지리학회, 제42권 제6호, pp. 940-954.
10. 이상호, 강신욱(2007). 유역특성인자를 이용한 수정탱크모형 매개변수의 지역화, 대한토목학회논문집, 제27권 제4B호, pp. 379-385.
11. 장민원(2000). 관개용 저수지에 의한 담작물의 농업가뭄분석 및 평가에 관한 연구, 서울대학교, 석사학위논문.