

농업용수 수요량 예측기법 고찰

Consideration of Techniques for Agricultural Water Demands Estimation

*박 재 흥 · 이용직(농업기반공사)
Park, Jae-Heung · Lee, Yong-Jig

Abstract

It is to show the problems of the existing techniques to estimate agricultural water demand and to suggest the new methods considering the water demand for non-irrigated area and decrease of water loss in canal. It is to suggest the methods to improve the techniques for estimating agricultural water demand and to analyze the water demand and supply according to the facilities capacity.

Until now, the concept of per the unit used to estimate agriculture water demand is useful to estimate demand, but is insufficient to cope with the variations of conditions in future. And the paddy area of government is not realistic against a trend of decrease. Water demand decrease is caused by constructions of irrigation facilities as constructing of irrigation canal, but application loss ratio is fixed. Increase of the water demand owing to the increase of the yield per the unit area is also the actual condition which is not considered. The guide-line must contain these contents for a demand estimate.

I. 서론

2001년도 건교부의 '수자원장기종합계획(Water Vision 2020)'에 의하면 1998년도 현재 우리나라 수자원 이용량중 48%인 158억 m^3 을 농업용수로 사용하고 있다. FAO자료에 의하면 농업용수의 사용량이 세계 평균 70% 이상이라는 통계에 비추어 볼 때 다소 적은 편이기는 하나 급격한 산업화사회로의 이전에도 불구하고 아직까지 농업용수의 비중은 우리나라 수자원 관리에서 중요한 역할을 하고 있다.

농업용수의 수요예측은 농업용수가 다른 부분의 용수, 즉 생활용수나 공업용수와는 매우 다른 특성을 지니고 있어 산정 방법에 있어서도 매우 다른 특징을 지니고 있다. 즉 농업용수는 이용면에서 계절적 변동이 매우 심하고 각 작물의 생육기간이 한정되어 있어 용수이용의 집중도가 높으며, 지역의 기상, 토양, 작물의 종류 및 생육조건 등 많은 인자들이 수요 및 공급에 대한 변수로 작용하기 때문에 타용수에 비하여 소비구조가 매우 복잡하다. 또한 재이용이 많아 공급과 소비량의 산정에 대한 개념상에 있어서도 특별한 고려가 필요하며 강우의 유효 이용이 많아 강우의 직접이용 정도에 따라 용수 수급에 커다란 변화가 발생한다.

현재의 수자원장기종합계획에 의하면 농업용수 수요량은 4대 권역의 경우 2001년도에 156.3억 m^3 으로서 2011년에는 169.5억 m^3 으로 겨우 2%의 증가를 예상하고 있으며 2020년까지는 변화가 없는 것으로 추정하고 있다. 또한 과거 1990년에는 축산용수가 반영되지 않았음에도 147억 m^3 이 사용되고 있는 것으로 분석되고 있어, 농업용수의 경우 수요가 한계에 다다르고 있으며 그러한 수요에 대한 공급이 충족되고 있는 것으로 표현되고 있다.

그러나 현실에 있어서는 1990년도 이후에만도 1994~1995년의 극심한 가뭄을 비롯해서 2001년도의 봄 가뭄 등 거의 격년마다 가뭄에 시달리고 있다. 이러한 현실은 농업용수의 수요와 공급에 대한 분석에 개선해야 할 사항이 있음을 적시하고 있는 것으로서 농업용수의 수급에 대한 예측 기법을 재검토할 필요가 있음을 보여주고 있다.

II. 기존 농업용수 수요량 예측의 개선점 제기

1. 용어 정의의 부분

농촌용수 수요량 조사보고서나 수자원장기종합계획 등에서 수요량, 사용량, 이용량, 공급량의 명확한 정의가 없이 사용되고 있거나 혼용되고 있다.

우선 농촌용수 수요량 조사보고서상의 정의는 다음과 같다.

- 농업용수 수요량 : 논·밭의 작물 생육에 필요한 용수, 농약·비료살포 등 영농작업을 위한 영농용수 등 농업활동에 필요한 수량으로서 유효수량이 제외된 10년빈도 가뭄시 경지에서 필요로 하는 수량
- 농업용수 이용량 : 농업용수 수요량에 자연상태에서 공급되는 유효수량을 더한 수량으로 경지에서 이용되는 수량
- 공급량 : 자연상태에서 공급되는 수량(유효수량 등)을 제외하고 물 부족이 발생할 때 수리시설물에서 공급하는 수량

여기에서 수요량은 10년 빈도 가뭄시로 정의되어 있는 반면에 이용량 및 공급량에 있어

2002년도 한국농공학회 학술발표회 논문집 (2002년 10월 12일)

서는 기준이 제시되어 있지 않으며, 특히 수요량과 이용량, 공급량을 확실히 다른 개념으로 정의하고 있다. 또한 수요량의 정의도 공급이나 사용가능성에는 상관없이 10년빈도 가물시 경지에서 필요한 수량 전체를 의미한다는 것이 명시되어 있다.

한편 수자원장기종합계획에서는 용수수요량, 용수이용량 및 용수공급량에 대한 명확한 정의가 제시되지 않고 사용되고 있으며, 특히 용수수요량과 용수이용량이 같은 개념으로 사용되고 있다. 이는 용수수요량의 산정시 용수공급능력을 감안한 산정, 즉 실제 사용량을 근거로 산정하였기 때문인 것으로 판단된다. 이는 농촌용수 수요량 조사시 사용한 농업용수 수요량의 개념과는 크게 다른 것임에도 불구하고 수요량 조사 보고서의 결과를 그대로 인용하고 있다는 문제점이 제시된다. 즉 수요량의 산정에 있어서 생활 및 공업용수의 수요량과는 다른 정의의 농업용수 수요량이 그대로 적용되고 있는 것이다.

2. 농용수 수요량 부문

1) 농용수 단위면적당 수요량 문제

가) 시설능력별 수요량 산정 필요

현재 농촌용수 수요량 조사시 적용한 방법은 천수답이든 수리안전답이든 모든 논에서 10년빈도 한발시에 작물재배에 최적의 필요한 수량을 수요로 간주하고 있다. 이는 관개시설도 없는 천수답에서도 10년 빈도 수리안전답과 동일하게 물을 사용한다는 것으로서 실제 사용가능수량과 관계없는 이상적인 수요를 반영한 것이다.

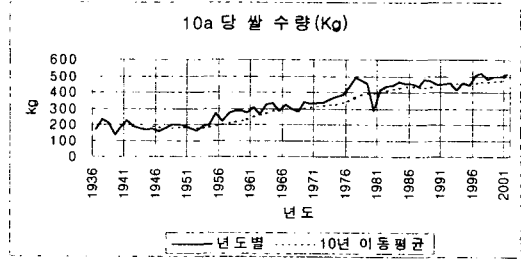
현재 수요량 산정에 이용하고 있는 수리답의 경우에도 기준인 10년 빈도 가물시 충분한 물을 보낼 수 있는 수리안전답은 412천 ha에 불과하여 수리답중에서 47% 뿐이며 나머지 53%는 수리시설은 가지고 있으나 가물시에 충분한 물을 공급해줄 수 없는 부족한 시설용량을 가지고 있는 형편이다. 따라서 수리시설의 공급능력을 감안한 수요량 산정을 해줄 필요가 있으며, 실제 가물시의 절수관개 등을 반영하여 내한능력별로 차등을 줄 필요가 있다.

<표1>수리시설별 내한능력별 답면적 (단위 : 천ha)

| 시설별 | 수리답면적 | 수리시설 내한능력별 | | | | |
|---------|-----------|------------|----------|--------|--------|----------|
| | | 평년 | 3년 | 5년 | 7년 | 10년이상 |
| 합 계 | 881(100%) | 232(27%) | 122(14%) | 52(5%) | 63(7%) | 412(47%) |
| 저수지 | 517(59%) | 129 | 75 | 33 | 38 | 242 |
| 양배수장 | 152(17%) | 11 | 9 | 3 | 16 | 113 |
| 보 | 103(12%) | 30 | 23 | 7 | 7 | 36 |
| 집수암거 | 21(2%) | 6 | 6 | 1 | 1 | 7 |
| 관정 및 기타 | 88(10%) | 56 | 9 | 8 | 1 | 14 |

나) 수확량 증가에 따른 용수 수요 변화

과거 쌀 수확량중 논벼에서의 10a당 수확량을 10년간씩 이동평균하면 그림과 같이 지속적인 증가추세를 보이는 것으로 분석된다. 이러한 수확량 증가는 최근 20년간 20%의 증가를 보이고 있다.



작물의 경우 수확량의 증가는 필연적으로 증발산량의 증가를 의미하게 되며 이는 결국 단위면적당 용수 수요량의 증가를 요구하게 된다. 현재 적용하고 있는 방식은 증발산량을 고정시켜 적용하고 있어 향후 수확량 증가에 따른 용수수요의 증가를 반영하지 못하고 있다.

<그림1> 년도별 10a당 쌀 수확량 변화 곡선

다) 시설관리용수량의 적정성

현행방법은 시설관리용수량으로 송수손실량과 배분관리손실량을 적용하고 있다. 이중 송수손실은 수로의 구조물화에 따른 변화를 반영하여 용수로에 있어서 흙수로와 구조물의 비율을 반영함으로써 1997년도 12.7%에서 2011년 10.9%로 변화하는 것으로 추정하고 있으며, 배분관리손실은 11%로 고정 적용하고 있다. 여기서 송수손실량은 설계기준에서의 값을 기준으로 산정하고 있는데 이는 평시의 손실값이다. 농업용수의 경우 평시 물이 풍부할 때와 가물시 물이 부족할 때의 운용 방식이 크게 달라지며 이에 따라 시설관리용수량도 변화가 발생하는데 이를 충분히 반영하였는지 검토해볼 필요가 있다.

한편 수자원원장기종합계획에서는 수로구조물화에 의해 8억m³/년, 자동물관리시스템의 도입에 의해 1.78억m³/년으로 총 9.78m³/년을 2011년까지 절감하는 것으로 되어 있다. 이는 수리답에서의 물 수요량 130억m³/년의 약 7.5%에 달하는 것으로서 이 것이 전부 시설관리용수량에서 절감되는 것임을 감안할 때 지나치게 많은 양이 계상되어 있는 것으로 추정된다.

2) 전체 답/수리답 면적 추정

가) 전체 논면적 적용

현행 수요량 조사에서는 논면적을 2004년 이후 110만 ha로 유지한다는 정책목표를 반영하여 2004년까지는 내삽법에 의해서, 그 이후는 110만 ha로 고정하고 있다. 반면에 각종 조사에서는 아래 표와 같이 2011년에 90~100만 ha 정도로 추정되고 있다.

한편 논면적 전체에 비해 벼 재배가 이루어지는 것은 아니다. 1981년도에는 논면적의 92.7%만이 벼 재배를 하였으며, 1991년도에는 90.4%만이, 2021년까지도 약 91%만이 벼 재배를 할 것으로 추정되고 있으며, 논면적 중 벼재배를 하지 않는 면적은 채소, 화훼 등 원예작물을 재배하는 이 많으며 이 경우 용수 수요량이 크게 차이가 난다. 또한 쌀 생산량의 파다에 따라 유휴경이 권장되면 2021년까지 약 2~3% 정도의 면적이 휴경상태를 유지할 것으로 추정되며 용수 수요의 감소가 예상된다.

<표2> 논면적 전망 (단위: 천ha)

| 구 분 | 2001년 | 2006년 | 2011년 | 비 고 |
|----------------------|-------|-------|-------|-----|
| 농어촌용수10개년계획 | 1,127 | 1,100 | 1,100 | 적용값 |
| 21세기 농업농촌의 좌표와 정책과제 | 1,135 | 1,048 | 960 | |
| 곡물의증장기 수급전망과 대응대책 | 1,139 | 1,084 | 1,038 | |
| 농지의 효율적 보전 방안에 관한 연구 | 1,090 | 1,016 | 898 | |
| 농촌용수수요량조사사시 분석 | 1,092 | 1,064 | 1,003 | |

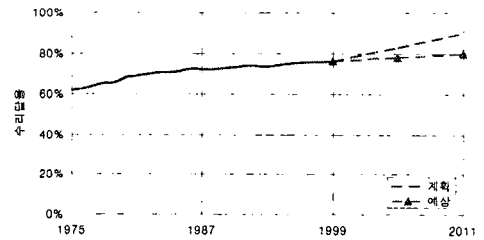
* 농촌용수수요량조사보고서, 1999

<표3> 논재배면적 변화 추정 (단위: 천ha)

| 구 분 | 1981년 | 1991년 | 2001년 | 2004년 | 2011년 | 2021년 | 비 고 |
|--------|------------------|------------------|------------------|------------------|----------------|----------------|-----|
| 논면적 | 1,308 | 1,335 | 1,146 | 1,124 | 1,074 | 1,006 | |
| 논벼재배면적 | 1,212 (92.7%) | 1,207 (90.4%) | 1,056 (92.1%) | 1,035 (92.1%) | 987 (91.9%) | 923 (91.7%) | |

나) 수리답을 적용

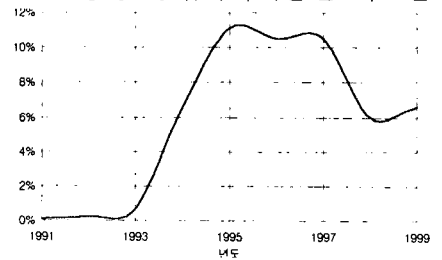
현행 용수수요량예측에서는 1997년 현재의 수리답을 76%에서 2011년까지 90%로 제고될 것으로 산정하였는 바 이는 정부의 농촌정비사업 중장기 발전계획의 목표치를 그대로 수용하여 적용한 결과이다. 그러나 공업화에 의해 농지가 크게 잠식되기 시작한 1980년대 이후의 추세를 살펴보면 아래 그림과 같으며 이 경우 80%라도 달성될지 의문시 되는 형편이다.



<그림2> 수리답 비율 변화 추정

다) 직파재배 논면적

직파재배는 이앙재배의 경우보다 건답직파일 때 10%, 담수직파일 때 30% 정도의 용수수요가 증가한다고 할 때 용수 수요 예측의 중요 인자이다. 직파재배 면적의 증가를 농촌용수 수요량 조사 보고서에서는 1997년 117천ha에서 2011년 532천ha로 증가할 것으로 예측하고 있다. 그것은 농촌진흥청 농업과학기술원 자료를 이용하여 직파재배에 적합한 토성 및 배수조건에 따른 직파적지를 구분하여 이를 목표연도의 직파재배면적으로 추정하였다. 하지만 실제로 1998년과 1999년에는 직파재배면적이 감소하여 1999년에는 약 70천 ha로 전체 벼재배면적의 6.6% 정도에 불과하였다. 그러므로 단순히 정부의 계획상 수치만을 반영하여 예측하는 것은 현실적이지 못할 수 있다. 그렇다면 2011년의 예상 직파재배면적의 추정 방법에 대한 재검토가 필요할 것이다.



<그림3> 직파재배면적 비율 변화

3. 발용수 수요량 부문

1) 비관개전에 대한 용수 수요량

현행 방법은 논용수산정과 유사한 방법으로 관개전을 제외한 전체 발면적에 순용수량을 적용하는 방법이며, 앞에서 언급한 논용수의 시설 능력에 따른 고려와 마찬가지로 문제가 발생한다. 즉 관개시설이 없는 밭에서 가뭄시 평균 312mm/년의 풍부한 물을 사용한다는 전제를 기준으로 수요를 산정하는 모순이 발생한다. 그러므로 비관개전의 용수 수요량에 대한 새로운 방식의 산정기법이 필요하다.

2) 관개전 대상면적

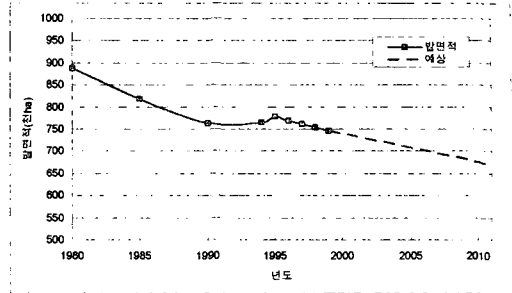
현행은 발기반정비사업대상지구만 관개전으로 간주하여 산정하고 있는바 2000년 현재의 발기반정비사업면적은 47천ha에 불과하다. 반면에 채소, 화훼, 과수 등 원예작물의 논 재배면적만도 2000년도에 92천 ha에 달하고 있으며, 169천 ha에 달하는 과수의 경우도 대부분 관개중임에도 불구하고 관개시설이 없는 밭에서의 작물의 경우와 마찬가지로 취급하고 있다.

현재 딸기, 참외 등 과일작물의 상당수가 비닐하우스에서 재배되어 별도로 용수를 공급하고 있는 등 관개전으로 고려할 수 있는 밭이 많으며, 논을 밭으로 활용하는 경우도 대부분 비닐하우스에서 재배되고 있으므로 이에 대한 반영 및 과수에 대한 관개량의 반영이 필요하다.

3) 전체밭 면적 및 재배작물

전체 밭의 면적도 논용수산정시 논면적의 예측과 마찬가지로 정책목표를 적용함으로써 2004년도 75만 ha로 조정되고 그 이후에는 75만 ha가 계속 유지되는 것으로 하고 있다. 그러나 밭면적은 급격히 감소하고 있으며 2001년도에 이미 73만 ha로 감소하고 있는데 정책목표만을 적용할 지에 대해 재검토 할 필요가 있다.

또한 현행 수요량 산정에서는 경지의 이용율이 미반영되어 있다. 최근의 경지 이용율을 보면 논 이용율이 이모작 등으로 인해 108%, 밭이용율이 작부체계의 편성에 따라 115%에 이르고 있으나 이에 대한 반영이 되지 않고 있어 이에 대한 용수수요가 반영될 필요가 있다.



4. 축산용수 수요량 부문

<그림4> 밭면적 변화 추세

축산용수는 가축두수당 물사용량과 가축이 소비하는 초지의 생육에 필요한 초지용수 및 가축 가공용수를 더한 용수이다. 가축수당 물수요량은 음용수량과 세정수량(축사 및 기계기구청소)이며 가축의 음용수량과 세정수량은 사육방식, 즉 축사형태와 사육규모 그리고 계절적 변화에 의한 차이가 매우 크다.

현행 축산용수 수요 추정중 가장 큰 문제가 되고 있는 것은 초지용수의 추정이다. 초지용수의 산정은 '97년 현재 조성 관리되고 있는 초지면적은 통계자료로 59천ha를 적용하고 2011년 이후 초지면적은 초지를 이용하여 사육될 한우 및 유우두수를 예측하여 초지면적을 추정하고 단위용수량은 Alfalfa를 기준으로 한 300mm를 적용하였는데 추정된 2011년 이후 초지 조성 면적은 135천ha에 달해 결국 초지용수가 1997년 178백만 m³/년에서 2011년 405 백만 m³/년으로 약 2.3억 m³/년으로 증가하는 것으로 반영되었다.

그러나 초지면적은 '95년이래 지속적으로 감소 추세를 보이고 있으며 2000년 현재 초지면적도 52천ha에 불과하여 2.3억 m³/년의 증가되는 수요는 사실상 필요없는 것으로 추정된다.

5. 하천유지용수 수요량 부문

수자원장기종합계획에서의 하천유지용수는 대하천의 본천에만 고려되고 있으며 소유역에서의 하천유지용수는 고려되고 있지 않다. 실제 농업용 저수지의 경우 지천의 상류에 위치하고 있으며 현재 설계상에 반영되고 있는 실정이나 이러한 내용들이 수자원장기종합계획에서는 반영되지 못하고 있다. 따라서 농업용 저수지에서의 수자원확보와 수요측면에서는 이러한 하천유지용수까지 고려가 되어야 한다.

농촌에서의 하천유지용수는 친환경성 문제와 함께 그 필요성이 더욱 증가하고 있는 문제로서 하천유지용수의 수요량 조사 및 반영이 필요한 실정이다. 다만 농업·농촌용수 종합이용계획에서와 같이 단순히 갈수량을 기준으로 할 것이 아니라 농업용수 회귀수와 관련하여 그 필요시기와 수량에 대해 신중한 검토가 필요하다.

III. 결론

본고에서는 농업용수의 수요를 예측하고 있는 두 가지 주요 조사보고서, 즉 농림부의 농촌용수수요량조사와 건설교통부의 수자원장기종합계획에 어떻게 반영되고 있는가를 분석하였고, 비교해 본 결과 두 가지 조사에서의 수요량의 개념의 차이가 다르게 나타남을 제시할 수 있었다.

또한 우리나라에서 농촌용수 수요량 조사 기법으로는 가장 최근의, 전국적인 농업용수 수요를 산정한 1999년도 농촌용수수요량 조사시 제시된 수요량 산정기법을 검토하고 논용수, 밭용수 및 축산용수의 각 산정 방법에 있어서 개선하여야 할 점이 있음을 발견하고 이를 제시하였으며 농촌 환경용수 수요량에 대한 용수 수요도 필요함을 제기하였다.

기존의 농업용수 수요예측 기법을 분석하여 보다 정확한 용수 수요예측을 위해서 보완해야 할 개선사항을 제시하였으나 이에 대한 세부적인 개선 대책을 제시하기 위해서는 보완된 기법이 필요하고 이러한 새로운 기법의 개발과 적용을 위해서는 작물계수, 손실율, 회귀율, 하천유지용수 등 많은 분야에 있어서 기초연구를 확대할 필요가 있다.

본 연구는 21세기 프론티어연구개발사업인 수자원의 지속적 확보기술개발사업단의 연구비지원(과제번호: 1-5-1)에 의해 수행되었습니다.