

농업용수 이용량 산정을 위한 인자 조사

맹 승 진
충북대 지역건설공학과



우리나라의 수자원정책이 과거 개발위주의 정책에서 수요관리 중심의 정책으로 전환됨에 따라 제한된 수자원의 효율적인 활용 차원에서 수자원 개발 및 관리계획 수립의 기초정보인 용수이용량 자료의 신뢰성 확보가 중요하게 되었다.

용수 이용량은 생활, 공업, 농업용수로 대별하여 산정하며 이들 중에서 특히 농업용수의 이용량을 상대적으로 산정하기 어렵다. 농업용수 이용량 산정시 고려되는 인자 자료의 신뢰성이 우선되어야 수자원계획과 관리에 효율적으로 대처할 수 있을 것이다. 따라서 본고에서는 이러한 농업용수 이용량 산정을 위한 조사인자의 획득 방법과 체계를 다룬 “용수이용조사 합리화 방안 연구(3차)” 보고서(2003. 11, 건설교통부)의 내용을 중심으로 정리하였다. 용수이용량 산정을 위한 조사인자는 수자원계획 및 관리차원에서의 활용측면과 대국민 신뢰도 확보 등 홍보효과 측면 등을 감안하여 종합적으로 고려하였으며 용수수요량을 추정할 경우 필요한 인자에 대해서는 “수자원장기종합계획(2001. 7, 건설교통부/한국수자원공사)”에서 제시된 산정 방법을 기준으로 하여 결정하였다.

1. 현 황

농업용수는 용어정리가 불분명하여 용수이용량의 사용 목적에 따라 달리 정의되나, 일반적으로 농업용수는 수로 시설과 강우에 의해 공급되며 용수이용에 따라 수리답, 수

리불안전답, 관개전, 비관개전, 축산용수 등으로 구분된다.

농업용수의 단위용수량 산정시 밭작물의 경우 작물계수의 지역별 편차가 큼에도 불구하고 작물계수에 대한 신뢰성 있는 연구 및 조사가 되어 있지 않아 FAO Paper56에서 제공하는 작물계수를 적용하고 있는 실정이고, 또한 재배작물의 면적 산정시 농업 총조사의 자료를 이용하여 작물별 면적비를 적용, 보간하여 사용한다. 이는 5년 또는 10년 동안의 재배경향이 일정하다고 가정된 것으로 실제 경기상황에 따라 재배면적이 민감하게 변하는 것을 반영하지 못한다.

또한, 재배면적 자료는 여러 통계집에서 제공 되어지는 항목이나 조사목적과 조사 시기 등의 차이로 각 통계자료마다 제공되는 자료의 수치가 서로 다르기 때문에 이용량 산정시 자료 적용상의 혼란을 야기하고 있다.

축산용수 원단위는 현재 국내의 연구조사가 이루어지지 않아 일본의 자료를 사용하고 있는 실정이다.

2. 농업용수 이용량 산정 방안

농업용수 이용량은 우리나라 전체 용수이용량 중 약 60%로서 많은 양을 차지하고 있으나, 전국적인 실이용량 조사가 현실적으로 불가능하여 “수자원 장기종합계획(2001. 7, 건설교통부/한국수자원공사)”와 연계한 “농촌용수 수요량 조사 종합보고서(1999. 12, 농림부/농어촌진흥공사)”에서 개발된 “농촌용수 수요공급량 산정시스템”

의 프로그램을 활용한 간접추정방법으로 산정한다.

농업용수 이용량은 단계적으로 표 1에서 보는 바와 같이 경작지 이용형태에 따라 논용수, 밭용수 및 축산용수 이용량으로 구분하여 산정토록 하고, 농업용수 이용량 산정에 필요한 제인자 및 원단위 등에 대한 신뢰도 개선을 통하여 이용량 자료의 신뢰성을 향상시킨다.

논용수 및 밭용수의 원단위 산정은 “수자원 장기종합계획(2001. 7, 건설교통부/한국수자원공사)” 및 “농촌용수 수요량조사 종합보고서(1999. 12, 농림부/농어촌진흥공사)”에서의 산정방법을 이용토록 하되, 기상자료는 해당 지역 대표관측소의 매년 기상자료를 이용하고, 표준화되어 있지 않은 제인자, 즉, 관리효율, 침투량 및 지역별 토층별 포장용수량에 대한 정립이 필요하므로 관계기관 협의를 통하여 지역별 표준화된 수치를 마련토록 한다.

현재 통계자료로 정보가 제공되어 있지 않은 작부체계는 관계기관에서 자료조사가 되기전까지는 지자체에서 조사

한 정보를 제공받는다.

밭작물의 경우 대표작물별 재배면적자료는 “재배면적통계”에서 정보가 제공되고 있으나, 시·도 단위이므로 관계기관에서 최소 시·군 단위의 자료를 조사하여 정보가 제공되도록 하고, 그 이전까지는 현재 지자체에서 대표작물별 재배면적자료를 보유하고 있으므로 이를 이용토록 한다.

현재까지 농업용수 이용량 산정시 시설재배에 대한 이용량은 고려되고 있지 않으나 시설재배면적이 계속적으로 증가하고 있으며 장래에도 농업경영혁신 등으로 인하여 시설재배면적은 증가될 것으로 판단되므로 시설재배면적 정보 제공 및 원단위를 산정할 수 있는 방안이 강구되어야 할 것이다.

축산용수 이용량 산정에 있어서 축종별 가축사육두수가 “가축통계”에서 시·도 단위로 제공되고 있으므로 관계기관에서 통계자료로 제공되기 전까지는 지자체에서 조사한 시·군 단위의 조사자료를 이용토록 하고, 축종별 단위용

표 1 농업용수 이용량 산정 방안

구 분	방 안
산정방법	<ul style="list-style-type: none"> ○ 경작지 이용형태를 반영하여 기존의 논용수(수리답/불안전답), 밭용수(관개전/비관개전) 및 가축용수로 구분 산정 ○ 실이용량 조사가 불가능하므로 기존과 같이 간접추정으로 산정하되, 농업기반공사 ‘농촌용수 수요량 조사’시 개발된 프로그램 이용 ○ 유효우량 포함 및 미포함 병기 ○ 수요량 및 이용량 산정 ○ 수자원단위지도를 통한 유역단위(중권역) 일관성 있게 함
논용수 이용량	<ul style="list-style-type: none"> ○ 이용량 산정을 위한 제인자의 실측실험으로 각 지역별 수치 산정(관리효율, 침투량) ○ 작부체계는 국립농산물품질관리원에서 조사하여 “작물통계”에 수록, 단 이전까지는 지자체 자료 이용 ○ 수도작 중 이앙 및 직파재배 면적은 지자체 조사자료 이용 ○ 수리답: (증발산량+침투량-유효우량)/(1-손실률)×수리답면적 ○ 수리불안전답: (증발산량+침투량-유효우량)×수리불안전답면적
밭용수 이용량	<ul style="list-style-type: none"> ○ 대표작물별 시·군별 재배면적 자료는 국립농산물 품질관리원에서 조사하여 “재배면적통계”에 수록(기 발간자료는 시·도 단위). 단, 이전까지는 지자체 자료를 이용 ○ 시설재배 이용량 산정 추가 필요(원단위 산정방법 강구) ○ 이용량 산정을 위한 제인자의 실측실험으로 각 지역별 수치 산정(각 지역별, 토층별 포장용수량) ○ 작부체계는 국립농산물품질관리원에서 조사한 “작물통계”에 수록되어 있으나 이전에는 지자체 자료를 이용 ○ 관개전 이용량: (증발산량-유효우량)/(1-손실률)×관개전 면적 ○ 비관개전 이용량: (증발산량-유효우량)×비관개전 면적
축산용수 이용량	<ul style="list-style-type: none"> ○ 가축의 축종별 사육두수에 축종별 원단위 적용(축산용수 원단위 산정방법 지속적 연구 필요) ○ 축종별 사육두수는 국립농산물품질관리원에서 시·군별로 조사하여 “가축통계”에 수록되어 있으며 이전에는 지자체 자료를 이용

표 2 농업용수 조사인자 결정

구 분	논용수 이용량	밭용수 이용량	단위용수량 산정 제인자	축산용수 이용량
조사인자	수리답 면적, 수리불안전답 면적, 수리답원단위, 수리불안전답 원단위, 이앙 및 직파재배 면적, 작부체계	대표작물별(보리, 고추, 옥수수, 마늘, 양파, 참깨, 콩, 감자, 고구마, 무, 배추, 토마토, 수박, 상추, 딸기, 화훼, 과수1, 과수2, 과수3, 기타의 20개 작물) 관개전 면적, 관개전 면적, 관개전 원단위, 비관개전 원단위, 작부체계	기상자료(기상청 위치, 순일사량, 포화수증기압, 상대습도, 절대온도, 풍속, 풍속계 설치높이), 작물계수, 침투량, 토양통, 관리효율	축종별 가축사육두수, 가축두수당 원단위

수량은 현재 국내에서의 조사연구가 이루어지지 않고 있어 일본의 자료를 적용하고, 추후 가축의 음용수량, 세정수량, 가공수량, 초지용수 등이 축사형태, 사육규모, 계절적 변화에 따라 차이가 크므로 이들 요인을 고려한 원단위 개념의 단위수량 조사연구가 이루어져야 할 것이다.

또한, 장기적인 개선사항으로는 농업용수 공급량을 실측하는 방안으로 저수지, 지하수, 하천수의 취수량을 조사하여야 할 것이다.

저수지는 수위계 및 유량계를 설치하고, 지하수는 지하수조사연보 자료의 신뢰도를 높이고, 하천수는 하천운영시스템의 취수량 신고 제한을 월 5,000 m³에서 월 1,000 m³으로 변경 이력관리 하여야 할 것으로 사료된다.

또한, 한국농촌공사의 “농촌용수 수요공급량 산정시스템”을 활용하되 공급량의 DB화 및 산정이 가능하도록 한다.

한편, 단위용수량 산정을 위한 증발산량 산정은 논용수인 경우 수정 Penman 방법(FAO-56)에 의하여 산정한다. 이에 대한 세부적인 내용은 동 보고서의 “용수이용조사 지침서”에 언급하였다.

3. 조사 인자

농업용수 이용량 산정시 조사 인자는 논용수 이용량, 밭용수 이용량, 단위용수량 산정 제인자, 축산용수이용량으로 구분하였다. 논용수 이용량은 수리답 면적, 수리답원단위 등으로 할 수 있고, 밭용수 이용량은 대표작물별 관개전 면적, 관개전 원단위 등으로 할 수 있다. 단위용수량 산정 제인자는 기상자료, 작물계수 등으로 할 수 있으며 축산용수 이용량은 축종별 가축사육두수 등으로 할 수 있다.

농업용수 수요량 산정시에는 이용량 산정과 방법에서는 동일하지만, 이용량은 매년 기상자료가 필요한 반면, 수요

량에서는 10년빈도 기상상황에 대한 자료를 필요로 하기 때문에 수요량을 위한 조사인자는 별도로 포함하지 않았다.

4. 조사인자 산정 기준

농업용수 이용량 산정을 위한 조사인자들은 현재 관련기 관 통계조사를 통하여 정보가 제공되고 있는지 여부를 먼저 검토하여야 한다. 그 결과 표 3과 같은 정보가 제공되고 있음을 알 수 있었다. 표 3의 조사항목에 대해서는 별도의 산정 방안을 제시하지 않고 통계자료를 그대로 이용하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.

농업용수 조사인자는 표 4에서와 같이 기상자료, 토양자료, 작물자료, 면적통계자료, 축산자료 및 기타자료로 크게 6가지로 나눌 수 있다.

먼저, 기상자료의 경우 필요한 자료는 강우, 최대·최소·평균온도, 평균습도, 증발량 및 일조시간 자료가 있으며, 이들 자료는 각 시·군의 지배관측소의 기상자료에 의해 획득할 수 있다.

토양자료는 포장용수량, 성장저해수분점 및 침투량 자료가 필요하며, 이들 중 포장용수량 및 성장저해수분점의 경우, 밭이 유효수량 산정에 필요한 자료로 “한국의 전토양”(농업진흥청, 1986)의 125개 밭 토양통의 자료를 이용한다. 또한, 침투량은 논용수량 산정에 필요한 자료로서 한국농촌공사 농어촌연구원의 토양조사반에서 조사되는 자료를 이용한다.

작물계수 자료 중 벼에 대한 작물계수는 “작물 소비수량 산정방법의 정립”(농림부/농진공, 1986)에서 연구 수행된 자료를 이용한다. 그러나 밭작물에 대한 작물계수는 현재까지 신뢰성 있는 연구가 수행되지 못한 실정이므로 FAO에서 추천하는 FAO-56공식(수정 Penman -Monteith

표 3 관련기관별 조사인자 정보제공현황

구분	조사인자	단위	환경부	통계청				건교부		농림부		한국산업단지공단	중소기업진흥공단	기상청	지자체	
				상수도통계	광공업통계	산업총조사(매5년)	농업총조사(매5년)	기타통계	지하수조사년보	하천점용허가대장	한국농촌공사					국립농산물품질관리원
											농업생산기반통계연보					경지면적재배면적가축통계
농업	수리답면적	ha	×	×	×	○	×	×	×	○	×	×	×	×	○	
	수리불안전답면적	ha	×	×	×	○	×	×	×	○ (전체답면적-수리답면적)	×	×	×	×	×	
	수리답원단위	mm	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	
	수리불안전답원단위	mm	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	
	이앙재배면적	ha	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	○	
	직파재배면적	ha	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	○	
	작부체계(논용수)	-	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	○	
	관개전면적	ha	×	×	×	×	×	×	×	○	×	×	×	×	×	
	대표작물별관개전면적	ha	×	×	×	×	×	×	×	×	△ (시도단위)	×	×	×	×	○
	대표작물별비관개전면적	ha	×	×	×	×	×	×	×	×	○ (전체답면적-관개전)	×	×	×	×	○
수용	관개전원단위	mm	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	
	비관개전원단위	mm	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	
	작부체계(밭용수)	-	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	○	
	일조시간	h	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	○	×	
	상대습도	%	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	○	×	
	절대온도	℃	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	○	×	
	작물계수	-	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	
	가축사육두수	두	×	×	×	○	×	×	×	×	×	×	×	×	○	
가축두수당원단위	m ² /두	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×		

공식)에 대한 작물계수를 이용하며, 증발산량 산정 방안 역시 FAO-56 공식을 이용한다. 또한 발작물에 대한 작물계수의 연구·조사가 수행되면 이들 자료를 이용하도록 할 것이다.

면적통계자료 중 논 및 밭면적의 경우는 “경지면적통계” 자료를 이용하고, 수리답면적은 한국농촌공사에서 발행되는 “농업생산기반정비사업통계연보”의 자료를 이용하며,

수리불안전답은 논면적(경지면적통계)에서 수리답면적을 제하여 산정하도록 한다.

관개전 면적은 한국농촌공사에서 발행되는 “농업생산기반정비사업통계연보”상의 발기반정비사업실적을 이용하되, 발기반정비사업 실적이 당해연도의 실적만 기재되어 있으므로 누계실적은 한국농촌공사의 “농업생산기반정비사업통계연보”상의 사업실적을 누계하여 산정한다. 비관개전면적

표 4 농업용수 조사인자 조사기준

구 분	조 사 인 자	조사인자 산정·이용 기준
기 상 자 료	강우	각 시·군별 대표 관측소의 기상자료
	최대/최소/평균온도	
	풍속/풍속계높이	
	기상청 위치(위도)	
	평균습도	
	증발량 일조시간	
토 양 자 료	포장용수량	“한국의 전토양”(농업진흥청, 1986)의 125개 밭 토양통의 포장용수량 및 영구위조점자료
	생장저해수분점	
	침투량	한국농촌공사 농어촌연구원 토양조사반자료
작 물 계 수	논 작물의 작물계수	“작물 소비수량 산정방법의 정립”(농림부/농진공,1986) 자료
	밭 작물의 작물계수	“Crop Evapotranspiration - Paper 56”(FAO, 1998)자료를 이용하고 추후, 한국농촌공사에서 작물계수에 대한 신뢰성 있는 연구·조사되면 그 성과자료
면 적 통 계 자 료	논 면적	“경지면적통계”(국립농산물품질관리원)자료
	밭 면적	
	수리답 면적	“농업생산기반정비사업통계연보”(한국농촌공사)자료
	수리불안전답 면적	= 논 면적 - 수리답면적
	관개전 면적	“농업생산기반정비사업통계연보”상의 밭기반정비사업실적
	비관개전 면적	= 밭 면적 - 관개전 면적
	20개 밭작물 면적	“작물통계”(국립농산물품질관리원)자료, 단 시·군 단위로 제공전까지 각 지자체 자료를 이용하여 대표작물별 구성비율을 적용하여 관개전 면적을 대표작물별 대배면적을 산정하고, 추후, “작물통계”내에 추가로 조사하여 작성
	- 노지/시설재배	
	- 관개면적	
	- 비관개면적	
	벼 재배방식별 면적	
	- 이앙재배면적	지자체 자료 단, “작물통계”상에 구분하여 추가 조사·기재된 자료
	- 건답직파면적	
- 답수직파면적		
축 산 자 료	가축 원단위량	일본 축산대백과사전(1994)의 “초지개발사업계획설계기준”자료, 추후 한국농촌공사에서 연구·조사되면 그 성과 자료
	가축 사육두수	“가축통계”(국립농산물품질관리원)자료 단, 시·군 단위로 제공 전까지 각 지자체 자료
기 타 자 료	작물별 작부체계	지자체 및 한국농촌공사 자료
	논의 수로 손실	전국 한국농촌공사 각지사별 용수로 현황자료
	배분관리손실율	“농업생산기반정비사업계획설계기준, 관개편”(농림부/1998)자료
	밭의 다목적용수량	“농업생산기반정비사업계획설계기준, 관개편”(농림부/1998)자료

- 20개 밭작물: 보리, 고추, 옥수수, 마늘, 양파, 참깨, 콩, 감자, 고구마, 무, 배추, 토마토, 수박, 상추, 딸기, 화훼, 과수1, 과수2, 과수3, 기타
- 현재 국립농산물품질관리원에서 제공되는 “작물통계”, “가축통계”의 경우 시·도 단위의 자료로 제공되고 있으며, 이는 관계기관 협의를 거쳐 시·군단위로 제공. 그 전까지는 각 지자체 자료 이용하도록 함.
- 시설재배의 이용량 산정방법이 정립된 것이 없으나, 추후 이에 대한 원단위 산정 연구·조사되면 추가 산정

은 발면적에서 관개전면적을 제하여 산정한다. 그러나 신뢰성 있는 발용수를 산정하기 위해서는 20개의 대표작물별 관개전 면적 및 비관개전 면적이 필요하나, 현재 획득할 수

있는 자료로는 전체 관개전 면적과 각 작물별 재배면적 및 총 밭의 재배면적이므로 통계조사가 이루어지기 전까지 각 지자체의 대표작물별 구성 비율을 이용하여 관개전 면적을

각 작물별 재배면적을 산정토록 한다.

추후, 각 작물별 관개전 면적 및 비관개전 면적은 관계기관(국립농산물품질관리원/농림부)과 협의하여, “작물통계” 내에 추가·조사한 자료를 이용하도록 한다.

벼 재배방식별 면적은 현재 공식적인 자료가 없으므로 지자체의 자료를 이용하며, 이 또한 추후에 관계기관 협의를 거쳐 “작물통계” 내에 추가·조사한 자료를 이용하도록 한다.

작물별 작부체계의 경우, 현재 공식적인 자료가 없으며, 이는 지자체 및 한국농촌공사의 자료를 이용한다. 논외수로 손실의 경우 전국 농지개발조합(농조)별 용수로 현황자료를 이용하며, 배분관리 손실율, 밭의 다목적용수량 등은 “농업생산기반정비 사업계획설계기준, 관개편”(농림부, 1998)의 자료를 이용토록 하고, 축산자료 중 가축원단위량은 현재 우리 나라에서 연구·조사된 결과가 미비하므로, 일본의 “축산대백과사전(1994)”의 “초지개발사업계획설계기준”자료를 이용하되, 이에 대한 연구·조사가 시행되면 그 성과를 이용토록 하고, 가축사육두수도 지자체 자료를 이용하되, “가축통계” 내의 자료가 시·군단위로 제공되면 이를 이용하도록 한다.

5. 농업용수 산정 인자 조사 체계

농업용수 산정인자 조사체계는 한국농촌공사 농촌용수 수요량 산정 시스템 상의 기존 조사체계를 그대로 이용하도록 하였으며 용수이용량 산정 표준화 방안에서 필요로 하는 인자들을 추가하여 조사·기재하도록 한다.

논면적(수리답/수리불안전답)과 밭면적(관개전/비관개전)자료는 “농업생산기반정비사업통계연보”에서 자료를 제공받도록 하고, 기존 통계조사 조사체계를 인용하도록 한다.

답면적중 작물별 재배면적, 가축사육두수 및 작부체계는 국립농수산물품질관리원의 “경지면적통계”, “작물통계” 및 “가

축통계”에서 자료를 제공받도록 하되, 현재 조사되지 않는 조사인자(작물별 관개전 면적 및 비관개전 면적 등)에 대해서는 추가로 조사토록 하고, 최소단위가 시·도로 제공되는 “작물통계” 및 “가축통계”는 시·군자료로 제공할 수 있도록 한다.

상기 자료 중 작물별 재배면적, 작부체계 및 가축사육두수 등 시·군자료가 필요한 인자에 대해서는 시·군단위로 통계조사가 완료되기 전까지는 한시적으로 지자체 관련부서에서 자료를 제공받을 수 있는 체계를 수립한다.

6. 결 언

농업용수 이용량 산정을 위한 조사 인자는 “용수이용조사 합리화 방안 연구” 보고서(2003. 11, 건설교통부)에서 제시된 내용을 정리하였다. 용수이용조사 합리화 방안 연구는 용수수급계획, 용수수요 추정 등 수자원관리 및 개발계획 수립의 기초정보이자 기준이 되는 용수이용자료의 합리적인 조사방안을 수립함으로써 신뢰성 있는 용수이용자료를 신속하게 제공하기 위해 수행되었다.

“용수이용조사 합리화 방안 연구”에서 제공되는 조사 인자를 기반으로 농업용수 이용량을 보다 신속하고 신뢰성 있게 산정할 수 있을 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. 건설교통부, 한국수자원공사, 수자원장기종합계획, 2001.
2. 건설교통부, 한국수자원공사, 용수이용조사 합리화 방안 연구(3차), 2003.
3. 농림부, 농어촌진흥공사, 작물 소비수량 산정방법의 정립, 1986.
4. 농림부, 농어촌진흥공사, 농촌용수 수요량 조사 종합보고서, 1999.
5. 농림부, 농업생산기반정비 사업계획설계기준, 관개편, 1998.
6. 농업진흥청, 한국의 전도양, 1986.