

한강수계 농업용수 실제 사용량 조사

○임상준* · 박승우** · 박창언*** · 김현준****

1. 서 론

우리 나라의 농업용수는 전체 수자원의 59%를 차지하고 있으며, 이는 주로 논벼의 재배에 이용되고 있다. 이러한 농업용수는 조사범위가 광범위하고 공급체계가 복잡하기 때문에 실제 사용량에 대한 조사는 거의 없는 실정이다. 그러나, 효율적인 하천 관리와 국가 수자원 계획의 수립을 위해서는 실제 사용량에 대한 조사가 이루어져야 한다.

지금까지 수계 규모에서의 농업용수 사용량은 간접적인 추정방법으로 결정하고 있다. 이는 작물별, 시기별 필요수량을 추정하고, 이를 재배면적에 적용하는 소위 원단위 산정 방법을 적용하고 있다. 관개 답의 경우에는 관개면적에 필요수량을 곱하고, 수리불안전답의 경우에는 필요수량의 70%를 적용하며, 밭의 경우에는 작물의 필요수량을 추정하여 산정하는 등이 그 예이다. 이와 같은 추정방법은 개략적인 농업용수 수요량을 의미하며, 실제 사용량과는 차이가 있다.

따라서, 본 논문에서는 수원공별 농업용수 실제 사용량 조사방법을 개발하고, 이로부터 산정된 '93~'97년의 5개년에 대한 농업용수 사용량에 대하여 분석하였다. 한강 수계의 농업용수 실제 사용량은 일별로 추정하였으며, 소유역별, 행정구역별, 관리주체별로 각각 조사하였다.

2. 농업용수 사용량 조사

2.1 한강 유역의 개황

한강수계의 유역면적은 23,009.3km²이며, 토지이용은 농경지가 전체 유역의 14.1%인 3,242.44 km²이며, 이 중에서 논이 7.8%인 1,794.62km², 밭이 1,447.82km²으로 6.3%에 해당하고 있으며, 임야는 17,117.72km²으로 74.4%를 차지하고 있다. 행정구역은 서울특별시 등 1특별시, 1광역시 4도 26시 24군으로 이루어져 있다. 한편, 한강유역에는 21개의 농지개량조합이 위치하고 있다.

한강 수계의 농업용수 공급을 위한 수원공을 정리하면 <표 1>과 같다. <표 1>에서 저수지는 주수원공만을 포함하고 있으며, 양수장은 주수원공이며, 1단 양수장을 대상으로 하였다. 한편, 영농환경의 변화로 인하여 농지가 타 용도로 전용되어 농지면적이 감소하거나, 일부의 수원공 등이 폐기되는 경우가 많으므로, 농업기반조성사업 통계년보(농림부)와 현장 방문조사를 통하여 자료를 보완하였으며, 필요한 경우 실무자와의 개별 면담을 통하여 자료를 정리하였다.

한강수계의 관개용 저수지는 총 833개로 전체 관개면적은 2만5천ha로 전체 수원공수의 13.2%, 관개면적의 29.5%를 차지하고 있으며, 이 중에서 농지개량조합 관할은 110개소 1만6천ha이며, 시·군관할은 723개소 9천ha이다. 한강 수계의 농업용 저수지는 대부분 직할하천이나 지방하천의 상류에 위치하고 있다. 농지개량조합은 전체 저수지의 13.2%를 관리하고 있으나, 관개면적으로는 64.7%에 해당하고 있으므로 실제적으로 규모가 큰 대부분의 저수지를 관할하고 있는 실정이다.

* 서울대학교 농공학과
*** 신구대학 토목과 교수

** 서울대학교 농업생명과학대학 교수
**** 한국건설기술연구원 선임연구원

양수장은 한강 본류, 직할하천 및 지방하천에서 주로 취수가 이루어지기 때문에 중·하류부에 많으며, 전체 개소수는 355개이며 관개면적은 3만ha이다. 이는 전체 수원공수의 5.6%, 전체 관개면적의 36.1%에 해당한다. 농지개량조합에서 관리하는 양수장은 그 수에 있어서 20%내외로 적은 부분이나, 관개면적은 83%로서 양수장 관개지구의 대부분을 차지하고 있다.

표 1. 한강유역의 수원공 현황

구분	한강 수계		농조관리		시·군관리	
	개소수(개)	관개면적(ha)	개소수(개)	관개면적(ha)	개소수(개)	관개면적(ha)
저수지	833	24,868	110	16,079	723	8,789
양수장	355	30,509	73	25,347	282	5,162
취입보	3,797	26,447	297	3,981	3,500	22,466
관 정	1,335	2,564	25	45	1,310	2,519
계	6,320	84,388	505	45,452	5,815	38,936

2.2 저수지 사용량

저수지는 유역으로부터 유출되는 지표수를 이용하여 농업용수를 공급하는 수원공으로, 하천에 댐을 축조하여 하천 지표수를 저류하는 기능을 담당하고 있다. 우리나라는 지형적으로 저수지를 건설하기 위한 적지의 확보가 비교적 용이하고, 농업용수 개발사업의 지속적인 시행으로 많은 수의 저수지를 건설하였다.

저수지의 농업용수 사용량은 <그림 1>과 같이 시기별 저수율 자료와 저수지 모의조작 모형인 DIROM(Daily Irrigation Reservoir Operation Model)을 이용하여 조사하였다. DIROM은 농업용 저수지의 일별 모의조작을 위하여 개발된 모형으로, 유입량 추정 부모형, 작물의 필요수량 추정 부모형, 저수지 조작 부모형 등으로 구성되어 있다. 본 연구에서는 일별 방류량을 추정하기 위하여 모형을 수정하였으며, 유입량 추정을 위한 수정 TANK모형의 매개변수는 소유역별 토지이용 자료로부터 추정하였다.

농지개량조합 관리 저수지는 일별 혹은 순별 저수율 자료를 이용하여, 시기별 저수율 자료와 DIROM의 저수율이 일치하도록 모형의 매개변수를 조정하였으며, 이때의 일별 방류량을 농업용수 사용량으로 정의하였다.

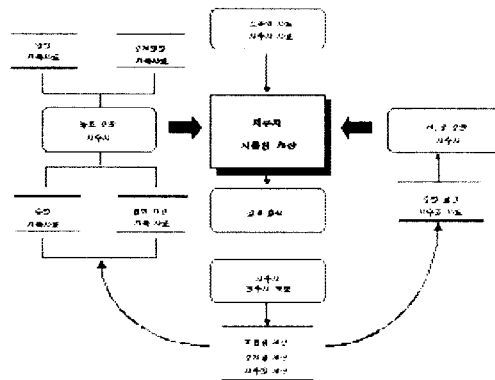


그림 1. 저수지 사용량 조사방법

시·군 관리 저수지는 한발 등의 특정기간을 제외하고는 저수율 자료가 거의 없는 실정이므로, 소유역별 전체 관개면적과 저수량 자료로부터 1개의 가상 저수지를 구성하고, 소유역 평균 과거 저수율 자료를 이용하여 사용량을 추정하였다.

이상의 조사방법으로부터 산정된 한강유역의 저수지 사용량은 <표 2>와 같이 '93년의 경우 167백만 m^3 으로 가장 적게 나타났으며, '96년은 190백만 m^3 이었으며 5개년 평균 사용량은 180백만 m^3 이었다. 관리주체에 따른 사용량을 비교하면, 농지개량조합 관리 저수지의 사용량이 평균 127백만 m^3 으로 전체 사용량의 70.4%를 차지하고 있으며, 시·군 관리 저수지는 평균 53백만 m^3 의 농업용수를 사용하고 있다.

표 2. 한강수계의 저수지 사용량

구 분	개수 (개)	관개면적 (ha)	유효저수량(천 m^3)	저수지 사용량 (천 m^3)					
				1993년	1994년	1995년	1996년	1997년	평균
농지개량조합 관리	110	160,79	88,602	118,427	131,776	123,634	132,757	130,205	127,360
시·군 관리	723	8,790	21,545	48,633	56,849	51,421	58,214	52,125	53,448
계	833	24,868	110,147	167,060	188,625	175,055	190,971	182,331	180,808

2.3 양수장 사용량

양수장은 하천, 담수호, 저수지 등의 물을 양수하여 공급하는 수원공으로, 지형적인 영향을 적게 받으며, 취수량을 자유로이 조절할 수 있고, 저수지에 비하여 시설용지가 적고 수몰지 등과 같은 환경적인 문제가 발생하지 않기 때문에 용수공급원으로 많이 이용되고 있다. 일반적으로, 양수장은 안정적 용수공급을 위하여 수원이 풍부한 본류 하천이나 하천의 하류에 많이 위치하고 있으며, 전기사용료 등의 관리비가 저수지에 비해 많아지는 단점이 있다.

양수장의 농업용수 사용량은 <그림 2>와 같이 양수패턴을 이용하여 연간 양수량으로부터 산정하였다. 양수패턴을 <그림 3>과 같이 누가 급수량을 이용하여 연간 양수량에 대한 급수율로서 나타내었으며, 연간 양수량은 실측 양수량 자료를 이용하거나, 과거 자료가 없는 경우에는 관개면적과 연간 양수량의 회귀방정식으로부터 간접적으로 산정하였다.

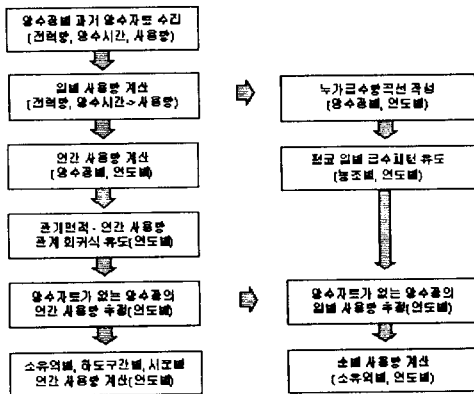


그림 2. 양수장 사용량 조사방법

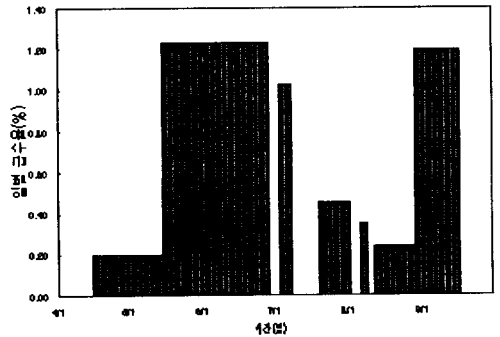


그림 3. 농지개량조합별 양수패턴(충주농조)

한강수계의 양수장으로부터 취수된 농업용수는 <표 3>과 같다. 한강수계의 양수장 사용량은 '93-'97년 5개년 평균 357백만m³이었으며, 농지개량조합 관리 양수장의 사용량은 306백만m³로 전체 사용량의 85.8%를 차지하고 있다. 양수장의 연도별 사용량을 살펴보면, '94년에 421백만m³으로 최대를 나타내었으며, '93년에는 사용량이 가장 적었으며 그 수량은 297백만m³이었다.

표 3. 한강수계의 양수장 사용량

구 분	개수(개)	관개면적(ha)	양수장 사용량 (백만m ³)					
			'93	'94	'95	'96	'97	평균
농지개량 조합 관리	73	25,347.6	255	353	286	318	319	306
시·군 관 리	282	5,161.5	42	68	50	54	41	51
계	355	30,509.1	297	421	336	372	360	357

2.4 보 사용량

보는 하천수를 취수하여 농업용수로 이용하기 위한 수리시설물로, 하천의 수위를 높게 유지시켜 중력수의 형태로 하류의 관개지구로 물을 공급하는 시스템이다. 보는 비교적 건설비가 적게 들고, 시설물의 설치가 용이하기 때문에 오래전부터 소규모 지구의 관개수단으로 많이 이용되어 왔다. 그러나, 하천에 설치된 보로 인하여 상류 하천의 유속이 변화되어 국부적으로 모래나 자갈이 퇴적되는 현상이 발생하며, 하천의 수변환경이 악화되는 문제점이 발생하기도 한다.

한강수계의 보 사용량은 작물의 필요수량과 하천의 유량자료를 이용하여 사하였다. 하천의 유량 자료는 소유역별로 장기유출모형인 TANK모형을 이용하여 추정하였다. TANK모형의 유출 매개변수는 소유역별로 대표값을 사용하였으며, 강우량 등 기상자료는 소유역 대표 기상관측소의 자료를 이용하였다.

하천으로부터의 보 취입량은 설계취입량을 기준으로 산정하였다. 예를 들어, 일별 필요수량이 설계 취입량보다 많을 경우에는 설계 취입량만 취수하는 것으로 하였으며, 필요수량이 적을 경우에는 필요수량만 취수하는 것으로 하였다. 이 때, 하천의 유량이 필요수량 혹은 설계 취입량보다 적을 경우에는 하천 유량을 제한조건으로 설정하여 하천 유량 만큼 취수하는 것으로 계산하였다.

한강수계의 취입보에 대한 농업용수 사용량을 조사한 결과는 <표 4>와 같다. <표 4>에서와 같이 한강수계에서 취입보를 이용하여 취수한 농업용수는 조사기간인 '93~'97년의 5개년 동안에 평균 82,110천m³로 조사되었으며, 연도별 사용량은 '97년에 104,184천m³로 가장 많았고, '96년에는 가장 적었으며 사용량은 64,258천m³이었다.

표 4. 한강수계의 보 사용량

구 분	개소수 (개)	관개면적 (ha)	보 사용량 (천m ³)					평균
			1993년	1994년	1995년	1996년	1997년	
농지개량 조합 관리	297	3,981	88,455	75,213	78,439	64,258	104,184	82,110
시·군 관 리	3,500	22,466						

2.5 관정 사용량

관정은 지하수를 양수하여 농업용수로 이용하기 위하여 설치되는 수원공 시설로써, 일반적으로 수 ha미만의 좁은 관개면적에 급수하며, 가뭄 등으로 인하여 지표수의 이용이 불가능한 경우에 많이 설치되고 있다. 관정에 의한 관개면적은 전체 논면적의 2%정도로 매우 적으나, 최근에는 시설원예단지의 용수 공급이나 가뭄대책의 일환으로 그 수가 매년 증가하는 추세에 있다. 그러므로, 지하수의 관리 및 수자원의 계획, 관리를 위해서는 관정에 의한 사용량의 조사가 필요하다.

관정의 사용량 조사방법은 먼저 농업기반조성사업 통계연보(농림부)로부터 관정의 현황을 파악하고, 관정의 소재지와 시·군 편입률을 고려하여 소유역별, 행정구역별로 관정을 구분하였다. 관정에 의한 채수량은 필요수량을 충족하도록 하는 것을 원칙으로 하였으며, 이를 위하여 해당 소유역의 저수지 방류량 자료로부터 논벼의 생육기간에 대한 사용량을 추정하였다. 끝으로, 소유역별 양수장의 급수패턴을 이용하여 6, 12, 18, 24시간 단위로 일별 채수량을 산정하였으며, 일별 채수량이 설계 채수량을 초과하지 않도록 가동시간을 조정하였다.

한강수계의 1,335개의 관정에 대한 사용량을 조사한 결과는 <표 5>와 같다. <표 5>에서와 같이 한강수계의 전체 관정 사용량은 '93년에 16,815천m³로 가장 적게 나타났으며, '94년에는 24,489천m³으로 가장 많았으며, '93~'97년 5개년의 평균 사용량은 21,399천m³이었다

표 5. 한강수계의 관정 사용량

구 분	개소수 (개)	관개면적 (ha)	관정 사용량 (천m ³)					평균
			1993년	1994년	1995년	1996년	1997년	
농지개량 조합 관리	25	45	16,815	24,489	21,310	22,575	21,806	21,399
시·군 관리	1,310	2,519						

3. 농업용수 실제 사용량

한강수계의 전체 농업용수 실제 사용량은 수리안전담, 수리불안전담 및 관개전의 사용량을 합하여 구하였다. 수리안전담의 사용량은 과거의 운영자료로부터 조사하였으며, 수리불안전담은 수리안전담 사용량의 65%를 적용하여 산정하였다. 관개전(밭)의 사용량은 유역별 단위용수량을 이용하여 추정하였으며, 한강수계 관개전의 단위용수량은 508mm를 이용하였다.

<표 6>은 한강수계의 농업용수 사용량은 나타낸 것으로, '94년의 9억5천만m³에서부터 '93년의 7억8천만m³의 범위를 보였으며, 5개년 평균 사용량은 8억5천만m³으로 조사되었다. 수리안전담의 사용량은 전체의 73.1~78.8%로 평균 75.6%를 차지하고 있으며, 수리불안전담이 평균 19.3%, 관개전이 평균 5.1%를 사용하고 있는 것으로 조사되었다.

표 6. 한강수계의 농업용수 실제 사용량

구 분	농업용수 사용량 (백만m ³)					평균
	1993년	1994년	1995년	1996년	1997년	
수리안전담	569	708	610	650	668	641
수리불안전담	167	209	158	154	133	164
관개전	42	37	43	47	47	43
계	778	954	811	851	848	848

<그림 4>는 연도별 한강수계의 농업용수 실제 사용량을 보여주고 있으며, <그림 5>는 토지이용별 용별 사용량을 나타내고 있다.

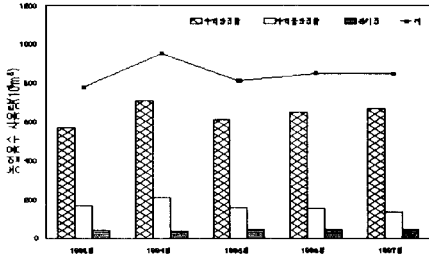


그림 4. 연도별 사용량 변화

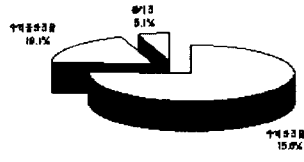


그림 5. 토지이용별 사용량

4. 요약 및 결론

한강수계의 농업용수 실제 사용량을 조사하기 위하여 과거 수원공 운영자료를 수집하고, 이를 이용하여 일별 사용량을 산정하였다. 또한, 수리불안전관 및 관개전의 사용량을 합하여 농업용수 실제 사용량을 추정하였다.

이상의 내용을 요약하면 다음과 같다.

- ① 한강수계의 농지개량조합 관리 및 시·군 관리 수원공에 대한 과거 운영자료를 조사하여 정리하였다.
- ② 저수지, 양수장, 관정 및 보에 대한 사용량 조사방법을 개발하고, 이로부터 수원공별 일별 사용량을 산정하였다.
- ③ 수리불안전관 및 관개전의 사용량을 고려하여 '93~'97년의 5개년에 대한 한강수계 농업용수 실제 사용량을 조사하였다.

5. 참고문헌

- 농림수산부, 농어촌진흥공사, 1993~1998. 농업기반조성사업 통계년보.
- 박승우, 1998. 한강유역 농업용수 실제 사용량 및 회귀율 조사, 한국건설기술연구원, 서울대학교 농업개발연구소.
- May L. W., 1996. Water Resources Handbook, mcGraw-Hill.