특 집

일본의 수자원과 농업용수

권 성 일
충북대학교 지역건설공학과

우리나라와 일본의 수자원 이용현황 중, 농업용수가 차지하는 부분은 다른 용도에 비해 높은 비율을 차지하고 있다. 이런 점에서 농업용수의 이용량을 추정할 필요가 있으나, 정확하게 그 값을 추정한다는 것은 매우 어려운 일이다. 그 이유는 농업용수의 이용량은 이용특성의 다양성, 경지면적 전망의 불확실성, 기후조건 등에 따라 달라지기 때문이다. 이에 본고에서는 선진국인 일본의 농업용수 현황과 이용량 산정 사례, 농업용수 관리와 물관리 시스템의 사례를 중심으로 서술하고자 한다.

1. 수자원 부존량

일본은 강우가 많은 아시아 몬순지역에 속하여 연평균 강수량이 세계 평균의 2배에 가까운 1,700 mm(6,500억 m^3)이며, 이 중에서 약 35%가 증발산이 차지하고 있다. 이론상으로 증발산량을 제외한 65%가 사용할 수 있는 최대량(수자원 부존량)이지만 실제로 사용되는 양은 21%정도(2000년 취수량 기준)이고 나머지는 바다로 유출되거나 지하수로 저장되고 있다.

2. 농업용수와 관개시설

일본의 농업용수는 수리용으로 전체의 약 2/3(약 600억 m^3/년)를 차지하고 있으며, 대부분이 유역 전체에 효율적으로 반복 이용되고 있다.

관개시설에는 도수공, 용수로, 배수로, 댐과 저수지 등이

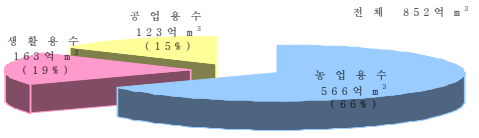

그림 2 수자원 사용 현황
(국토교통성 수자원부, 2002년)

있으며, 이 중 농업용 용배수로의 총연장은 40,000 km이고, 일본의 1급 하천 총연장의 약 4배, 국도 총연장의 약 2배의 길이이다. 말단수로까지 합하면 400,000 km에 달하는 네트워크를 형성하고 있다.

관개시설 중 공공성이 큰 시설에는 국가와 지방자치단체에 의해 관리되는 것이 있으나, 대부분은 농가에 의해 구성된 토지개량구(土地改良區)에 의해 관리된다. 예를 들면, 40,000 km에 달하는 주요 농업용 용배수로는 70%가 토지개량구에 의해 관리되고 있다.

상기의 토지개량구는 수계를 중심으로 나누어진 관개관리지역을 의미한다. 이것은 지역구분의 의미와 함께 농업용수의 사용자인 농가의 사람들에 의해 구성된 관리조직이고, 토지개량사업의 중핵적인 실시 주체로서 평가되고 있다. 현재 일본에는 6,559지구가 있고, 농지로 하면 약 300만ha에 이른다. 일본 농업용수의 용배수로 등의 관개시설은 전술한 바와 같이 약 70%가 토지개량구에 의해 관리되고 있다. 그리고 그 역할은 특정 지역의 관개시설의 관리와

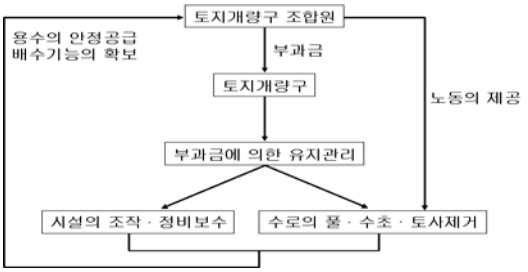

그림 3 토지개량구의 유지관리체계

운영을 담당하는 것이다. 조직원인 농가는 용수의 안정공급과 배수기능의 확보를 위해 부과금을 지불하고 수로의 청소 등의 노동력을 제공한다. 농업용수의 유지관리는 농가주체로 원활한 용수의 공급이 실시되고 있고, 갈수 등의 비상상태에도 방수나 반복이용과 같은 유연한 대응에 의해 농업용수의 적절한 공급 및 배분을 도모하고 있다.

농촌지역에는 과거부터 수리조합조직이 있었지만, 1949년의 토지개량법의 제정에 의해 일정 지역에 있어서 관개시설의 신설·개량·관리 등을 법령수속에 의거하여 실시하게 되었다. 동법으로 조합원의 강제가입, 경비의 강제 징수권도 인정되고 있다.

일본의 농업용 용배수로 등의 관개시설은 국가와 지방자치단체에 의해 관리되는 것도 있지만, 대부분은 농가에 의해 구성된 토지개량구 등에 의해 관리되고 있다.

표 1 관리주체별 국영조성시설수
(농촌진흥국 수리정비과 시설관리실, 2002)

구 분	기간적(基幹的) 시설		농업용 용배수로	
	시설수	비율	연장	비율
국가	20	1.3%	94 km	0.5%
도도부현(都道府縣)	247	15.6%	576 km	2.9%
시정촌(市町村)	265	16.7%	6,939 km	35.1%
토지개량구	1,042	65.8%	12,133 km	61.3%
기타	10	0.6%	52 km	0.2 km
합 계	1,584	100.0%	19,794 km	100.0%

표 2 갈수기1에 있어서 주요수계의 취수제한의 상황
(농림수산성, 2001년)

수 계 명	최 대 절 수 율			최장절수기간
	생활용수	공업용수	농업용수	
토네강수계	10%	10%	10%	5일간
토요강수계	27%	43%	43%	120일간
키소강수계	35%	17%	65%	179일간
야하기강수계	40%	50%	76%	108일간
요시노강수계	20%	20%	20%	86일간

토지개량구와 농가는 갈수기에 방수, 수로의 순찰, 반복이용 등을 실시하여 농업용수를 절수하려고 대단한 노력을 하고 있다.

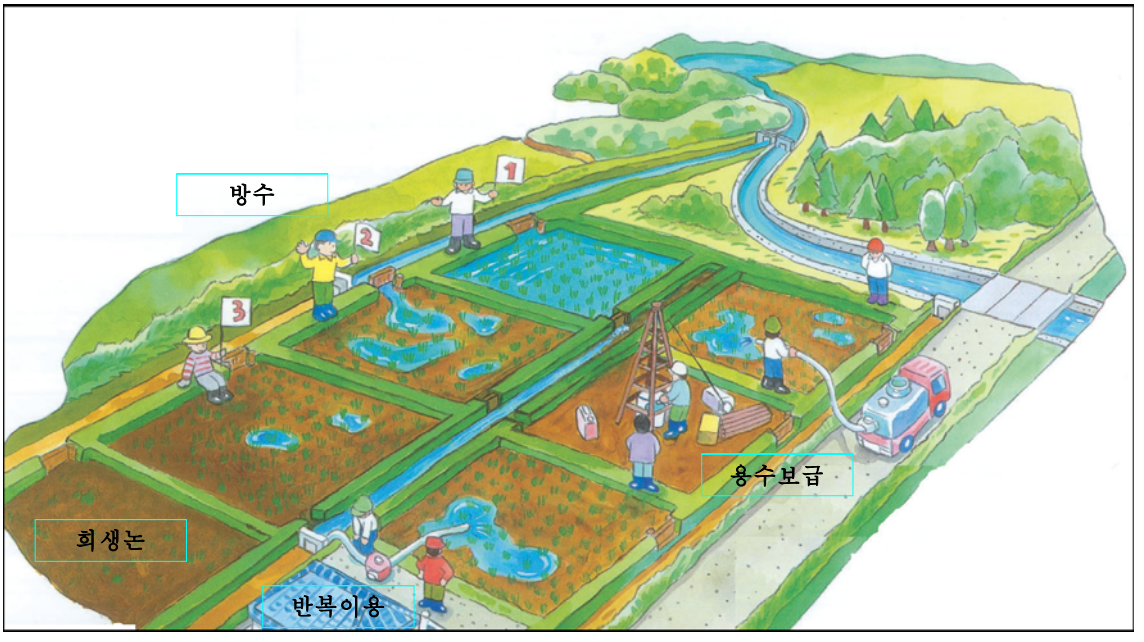

그림 3 갈수기에 있어서 농업용수의 절수방법

3. 농업용수 이용량의 추정 계산 사례-기후현을 대상으로

가. 수요예측식

농업용수는 논에 관개하는 논용수, 밭에 관개하는 밭용수 및 비관개기에 있어서 유지용수와 지역용수 등의 기타용수로 나뉜다.

농업용수의 전체 수요량은 위의 3가지 용수의 합이며 각 용수의 수요량 예측식은 다음과 같다.

$$\text{논용수 수요량} = \text{논면적} \times (\text{써레질 수량} + \text{일감수심} \times \text{관개일수} - \text{유효우량}) \times 0.85^{-1} \quad (1)$$

여기서 0.85는 관개손실 15%계상 값이다(토지개량사업 표준설계에 의해).

$$\text{밭용수 수요량} = \text{관개면적} \times (\text{일증발산량} \times \text{관개일수} - \text{유효우량}) \times 0.65^{-1} + \text{시설밭면적} \times (\text{일증발산량} \times \text{관개일수}) \times 0.65^{-1} \quad (2)$$

여기서 0.65는 관개효율이다(토지개량사업 표준설계에 의해).

$$\text{기타용수 수요량} = (\text{논용} + \text{용수}) \times 0.1 \sim 0.2 \quad (3)$$

여기서 0.1~0.2은 비관개기에 있어서 유지용수, 지역용수로써 용수량의 10~20%를 추정한다.

나. 주요 프레임의 예측

경지면적, 특히 논의 면적은 물수요 예측에 큰 영향을 주는 프레임으로, 「제2차 기후현민 식료확보 계획」에 있어서 경지면적의 추이에 의해 수요예측을 실시하였다.

다. 농업용수 수요량의 추정

현에 있어서 중장기적인 목적인 식료 자급률 50%를 목적으로, 향후 농업용수의 수요량을 보면, 경지면적의 변동은 있지만, 시설목표를 향한 벼 재배 면적의 증가, 논의 범용화를 위한 배수개량에 의한 감수심의 증가에 따른 단위면적당 필요수량의 증가 등에 의해, 전체적으로는 거의 변동하지 않는 경향이 있다.

표 3 농업용수 수요량의 추정 (단위: 억m^3/년)

지 역	수 요 량	
	1998년	2015년
기후	4.9	4.9
타이단	5.8	6.0
카모·마스다	1.5	1.6
토노	2.1	2.1
히다	1.5	1.5
합 계	15.8	16.1

위의 추정방법의 검증을 위하여 비상시에 있어서의 추정결과를 살펴보면, 「제2차 기후현민 식료확보 계획」에 있어서 비상시의 재배를 고려한 농업용수의 수요량에 대해서 검증을 실시했다. 비상시에 있어서는 벼 재배 면적을 45,490 ha로 하여, 목표연도(2015년)에 같은 상황의 벼 재배를 한 경우, 수요량은 거의 17.9억m^3/년으로 추정되어, 공급 가능양이 18.1억m^3/년으로, 수요를 만족시킨다고 보고되어 있다.

4. 농업용수에 관한 과제

습윤 지역에 위치한 일본에 있어서 논과 관개시설은 수변 환경으로서 많은 생물의 생식, 생육 공간을 제공하고, 농촌지역의 풍부한 생태계를 지원해 왔다. 그리고 수질, 경관, 친수 등의 관점에서도 큰 역할을 행하고 있다.

관개시설의 관리에 필요한 비용은 주로 관리 주체에 있는 토지개량구가 70%를 부담하고 있지만, 경작면적, 농가호수의 감소, 농촌지역의 도시화·혼주화 등의 사회변화에 의해, 토지개량구에 있어서 중요한 역할을 갖는 농가의 결속력과 운영의식이 저하되고 있다. 이에 따라 농업용수에서 얻게 되는 역할도 변화하고 있다. 본래의 농업용수를 위한 수자원과 함께 수질정화대책과 폐기물 처리 등의 도시적 이용의 기능으로 역할의 비중이 높아지고 있다.

또한, 관개시설의 노후화도 문제가 되어, 내용연수(耐用年數)의 경과에 의해 순차경신시기가 가까워지는 시설이 증가하는 것으로 추측되고 있다. 현재 관리되고 있는 관개시설을 적절히 관리함과 동시에 차세대에 승계하기 위해 효율적인 보전과 경신이 필요하다.

이와 같은 과제를 배경으로, 새로운 대처방안이 진행되고 있다. 그 사업은 전국의 토지개량사업단체가 2001년도

표 4 토지개량구 통합정비에 의한 토지개량구수의 변화 (농촌진흥국 토지개량기획과, 2003년)

구 분	1995년	1996년	1997년	1998년	1999년	2000년	2001년	2002년
토지개량구수	7,681	7,573	7,414	7,297	7,137	7,004	6,783	6,559

부터 진행하고 있는 「21세기 토지개량구창조운동」과 행정에 의한 토지개량구조직의 재검토이다. 그것은 토지개량구의 역할을 적절히 실행하는 것을 목적으로 한 소규모 토지개량구의 통합정비이다. 그 실적은 표 4와 같다. 토지개량구수가 통합에 의해 해를 거듭할수록 감소하고 있음을 알 수 있다.

5. 물관리 시스템의 사례

가. 후쿠오카시권의 갈수조정

2002년 후쿠오카시권이 수도수원의 약 1/3을 의존하고 있는 치쿠고강 유역은 관측사상 3번째 가뭄을 기록하여 최대 55%의 취수제한이 실시되었지만, 후쿠오카시권에서는 급수제한까지는 이르지 않았다. 이것은 이수관계자와 관련 행정기관에서 빈번한 갈수조정을 실시한 것과 1999년에 완성한 야마구치조정지의 운용 등에 의해 수자원 관리가 효과적이었기 때문이다.

나. 히타치 농업용수 관리 시스템

중요한 수자원을 유효하게 활용하기 위하여 하천상류부터 하류까지의 물의 흐름을 총괄적으로 관리하는 것이 점점 중요하게 되고 있다. 이에 히타치는 다목적 댐에서의 물 저장을 시작으로 취수, 양수, 분수 및 이용까지의 농업용수 시설을 총괄적으로 관리, 수량의 계절적 변화, 물수요의 변화, 물 피해의 방지에도 대응할 수 있는 관리 시스템을 제안했다.

이 시스템의 기능에는 분산처리방법으로 큰 신뢰성을 확보하는 간선·지선의 관개배수 관리와 수위 관리를 시스템화하여 생력농업(省力農業)을 지원하는 논관리 등이 있다.

이 시스템은 토지개량구나 영농단체를 위한 물관리와 연구기관을 위한 물관리로 나뉘어 적용될 수 있다.

다. 라쿠세이지방의 물관리 시스템(토시바)

라쿠세이 농업수리 간선용수로는 요도강 수계 카츠라강의 아라시산지점에서 이치노이둑 도수공으로부터 좌우지역의 경작지에 관개하는 수로로, 총길이는 약 21 km이다. 최근 간선수로 주변에 도시화로 주택이 밀집하게 되어 수로가 다양한 용도로 사용되고 있다. 그리고 물관리가 원활하게 이루어지지 않고 물피해가 많이 발행하게 되어, 이것을 해결하고 물관리 업무를 정확하고 생력화하기 위한 물관리 시스템을 구축하였다.

이 시스템은 라쿠세이 토지개량구 사무실내에 설치된 중앙관리설비(親局), 4개소(이치이노이둑국, 시모사가국, 미야마치국, 아타가미국)의 자국(子局), 4개소(우안취수국, 좌안취수국, 타카다국, 아리스강국)의 계국(孫局)으로 구성되어 있다.

라. 텐류강 하류 용수관리 시스템(토시바)

텐류강 하류 토지개량사업지구는 텐류강, 오오타강의 충적지에 펼쳐진 기성논(旣成田)지대와 해안사지(海岸砂地)의 밭지대로 되어있지만, 텐류강의 하상 변화가 심하고, 최근 하상이 저하하는 경향이 있어 본류를 수원으로 하는 기성논의 용수가 불안정하게 되었다. 또한 밭지대는 수자원 시설이 없어 상습고갈지대이다. 그래서 텐류강 본류의 후나키댐으로부터 취수하여 이수의 안전을 도모하고, 지구내에 있어서는 근대 농업에 알맞은 농업기반의 정비와 용수부족 지대에 보급을 실시하여 농업의 생산력의 향상과 경영의 안정을 도모하기 위해 시스템 구축하였다.

이 지구의 용수계획은 좌안지구와 우안지구로 크게 구분된다. 좌안지구의 최대 도수량은 23,849 m^3/s이고, 우안지구의 최대 도수량은 25,885 m^3/s이며, 6월의 최대시기에 농업용수 45,009 m^3/s, 상수도 3,295 m^3/s, 공업용수 1,430 m^3/s이다. 관개방법은 신설되거나 개수로에 분수문을 설치하여 작물의 생육기별 필수량을 정량 분수하였다. 논용수는 24시간 관개로 하고, 밭지대는 8월에 24시간을 표준으로 하여 스프링클러 관개를 실시한다.

용수관리 시스템은 칸죠분수공, 테라다니방수공, 야시야마방수공, 오로분수공에서 원방감시제어를 실시하여, 이 시설로부터 감시된 정보는 중앙관리소에 전송된다.

마. 후지사와, 후지사키지구 농업용수관리 시스템

후지사와마치는 이와테현의 최남단, 미야기현과의 경계에 위치하여 키타가미산계 남부에 이어진 구릉지대로 이루어진 비교적 온난한 토지이다. 지형은 파장(波狀)구릉장으로 되어 있어 경지는 분산되고, 연간 강수량도 평균 1,000 mm정도로 적고, 하천과 소계류의 유량이 적어 갈수기에는 뚜렷하게 용수부족이 발생된다. 이런 입지조건 때문에 지역농업의 발전을 도모하기 위해 국가와 현에서는 각각 수원 확보와 수로의 신설을 시작으로 한 개발 사업을 실시하였다. 이 농업용수관리 시스템은 용수관리의 중심 시스템으로써 농업용수의 안전 공급을 지원하고 있다.

국영농지개발사업은 지역농업의 발전과 생산법인에 의한 대규모 경영의 안정화를 도모하기 위한 사업으로 농지구성과 경지의 일체적 구획 정리와 함께 각 지역에의 안정한 배수를 실시하여, 농업경제의 근대화와 생산성의 향상에 큰 공헌을 하고 있다.

현영관개배수사업은 수리조건에 축복받지 않은 후지사와마치와 가와사키무라에 걸쳐있는 후지사키지구의 용수확보를 도모하기 위한 사업으로 후지사와지구의 중심부를 흐르는 키노미강변의 논, 구릉지에 섞여서 점재한 논과 밭에의 보급수를 확보하기 위해, 키노미강의 최상류 쿠리사와지점에 농업용의 카나고에자와댐을 축조하고 키타가미강 좌안에 양수기장을 정비함과 동시에 구릉지역을 종단하는 간선 수로를 신설하였다.

농업용수는 국영농지개발사업으로 아이가와댐과 센마츠댐, 현영관개배수사업으로는 카나고에자와댐과 키타가미강을 수원으로 하여 각각 양수기장을 설치하여 취수하고 각 계통에 배수하고 있다. 중앙관리사무소는 양수기장과 Farmpond등 광역에 걸쳐 설비되고 있는 용수시설과 NTT(Nippon Telegraph and Telephone Corporation) 회선으로 접속하여 시설의 집중 감시, 제어를 실시하여 용수를 안정하게 공급하여 효율적인 시설 적용을 실현하고 있다.

6. 결 언

가까운 미래에 물부족 문제에 직면하고 있는 우리나라로써는 수자원에 큰 관심을 갖고 지속적인 연구를 실시하고 있다. 이 연구에는 수자원 확보와 운영 관리에 대한 연구도 포함되어 있을 것이다. 이런 연구를 실시함에 있어서 선진국들의 앞서가는 수자원 연구를 검토하여 많은 정보를 얻는 방법도 있을 것이다. 이런 의미에서 본고에서는 일본의 농업용수 수요량 산정, 농업용수 관리, 물관리 시스템 등에 대하여 간단히 살펴보았다.

우리나라에서도 농업용수를 안정적이고 절수할 수 있는 관개 시스템과 이를 간편하고 용이하게 관리할 수 있는 체계를 구성할 수 있는 방법에 대한 연구를 계속적으로 실시해야 할 것이다. 예를 들면, 기술의 고도화와 시스템의 자동화 등에 발맞추어 농업용수 등의 물관리 시스템을 자동화로 구축해 나가는 방법과 농업용수의 관리를 농업용수와 직접 관련이 있는 농민들이 직접 참여하고 운영해 나갈 수 있는 조직을 구성하여 이론적인 면보다는 경험적이고 합리적으로 관리할 수 있는 체계로 구성하는 방법에 대한 연구를 생각할 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

1. Kenji Jinno Akira Kawamura Daiki Satomura Yu Sakata(2005): The 2002 Drought of the Chikugo River and Water Resources Operation, J. Japan Soc. Hydrol. & Water Resour. Vol. 18, No. 5, pp. 539-546