

농촌유역 환경개선을 위한 용수공급체계 재정비

Rural watershed Water Quality and Environmental Improvement through Rearrangement of Irrigation Water Supply Systems

이광야* · 김해도 · 최선화(농기반)

Abstract

The objective of the study is to assess the water quality improvement resulted from the rearrangement of the irrigation water supply systems at Mankyeong River and Ansong Chun basin. There is a mixed type of watershed composed of urban and rural areas in the region. From the water quality analysis, showed high T-N, T-P concentration in Ansong chun and Mankyeong river caused by paddies separated widely around Ansong chun and Mankyeong river and by runoff of the pollution from the Ansong and Jeonju city. but the upstream of the river showed clean water quality, so if we use the upstream water as river maintenance water for water quality improvement, it is expected to be positive effect for rural environmental aspect.

1. 서론

농업용수는 다른 용수와는 달리 반복과 순환의 특성을 갖고 있어, 대부분 지하수가 되거나 하천으로 회귀되어 하류부에서 농업용수나 생공용수로 재이용되고 있다. 기존의 관개용수공급체계는 수원공에서 용수간선으로 취수하여 하류관개구역까지 공급하는 것을 원칙으로 하고 있으며 농업용수의 이용으로만 한정하여 사용하고 있다. 또한 관개구역내에서 하류부로 갈수록 회귀용수를 사용하는 빈도가 높아짐에 따라 관개용수 수질등급의 변화가 예상된다. 보통의 경우 저수지로부터 취수하는 시점에서는 1급수 또는 2급수 수질등 양질의 용수를 확보하여 공급하고 있으나 용수지선과 용수지거를 통해 논으로 관개하는 시점에서는 오염원의 유입 및 회귀수의 이용으로 인해 수질이 매우 악화되는 실정에 있다. 기존의 수질관리는 고비용 초기투자(시설건설)와 유지관리에 막대한 예산을 요구하고 있는데 상대적으로 저비용을 요구하는 농업용 수리시설을 활용하여 하천의 상류지역이나 수원공 직하류의 깨끗한 용수를 수질개선에 우선적으로 활용하면서 2단계로 관개용수로 사용하는 저비용 고효율의 수질개선을 시도하고자 한다. 또한 농업용수의 시간별, 공간별 수질조사를 통한 농업용수 및 하천의 수질 변화 분석을 통하여 현 농업용수체계의 문제점을 파악하고 본연구의 최종 목표인 공급체계 재정비를 통해 그 문제점을 해결할 수 있는 방안을 제시하고자 한다.

2. 재료 및 방법

2.1 연구대상유역 및 용수 이용체계

가. 안성천유역

안성천 유역은 북동쪽으로 한강 유역, 남동쪽으로는 금강 유역, 남서쪽으로는 삼교천 유역과 접하고 있다. 안성천은 유역면적이 1,654.7km², 유로연장 70km로서 용인시, 의왕시, 수원시의 행정구역 경계가 되는 백운산을 정점으로 하여 차령산맥의 소봉우리들로부터 발원하여 서류하다가 중서부측으로 흐르는 진위천과 합류한 후 서남측으로 유하하여 '73년 12월에 준공된 아산 방조제에 의하여 조성된 아산호에 유입된다.

안성천 상류지역 농업용수구역은 안서, 안고, 천직으로서 수자원 단위권역별로 중권역, 대권역

모두 안성천에 포함되어 있다. 농업수리시설물현황으로는 안서용수구역에 금광저수지, 마둔저수지 등 총 10개의 저수지와 양수장 11개소, 취입보 14개소 그리고 집수암거등 총 45개의 수리시설물이 포함되어 있다. 주요 용수공급체계는 Fig. 1과 같이 주요 수원공으로 안성시 금광면 금광리와

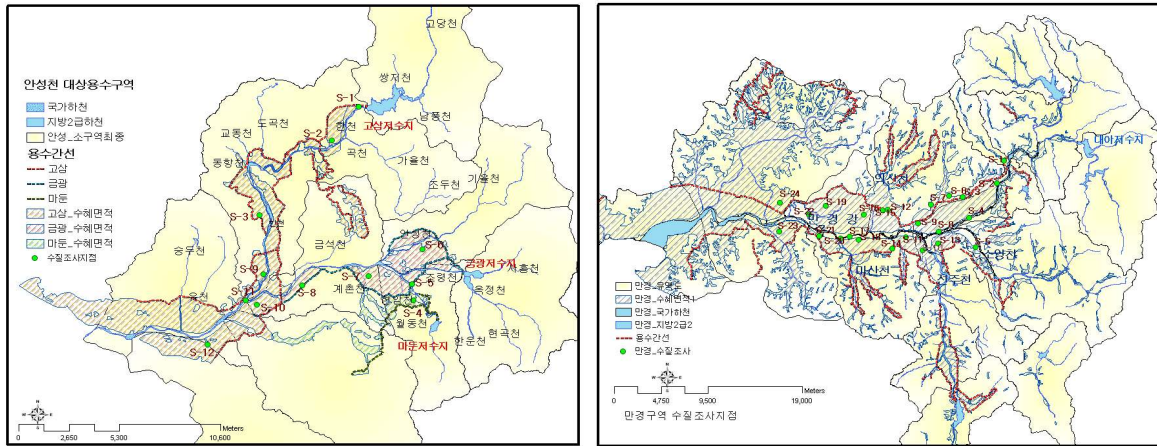


Fig. 1. Research Site (AnSung chun, Mangkeong river.)

마둔리에 위치한 금광저수지와 마둔저수지 그리고 고삼면 월향리에 위치한 고삼저수지가 있다. 금광저수지에서 취수한 용수는 2개의 용수간선으로 분기되며, 상류지역 899ha에 우선급수하고 이후 고삼용수간선에 합류된다. 고삼저수지로부터 시작되는 고삼용수간선은 상류지역 1,536ha을 한천을 따라 급수하고 한천과 안성천 합류점 이후에서 금광용수간선과 합류한 후 하류부에 용수를 공급하고 있다. 한편, 마둔저수지는 월동천 상류에 위치한 마둔보에서 취수하여 마둔용수간선을 따라 죽산면 일대 497ha에 급수하고 있다.

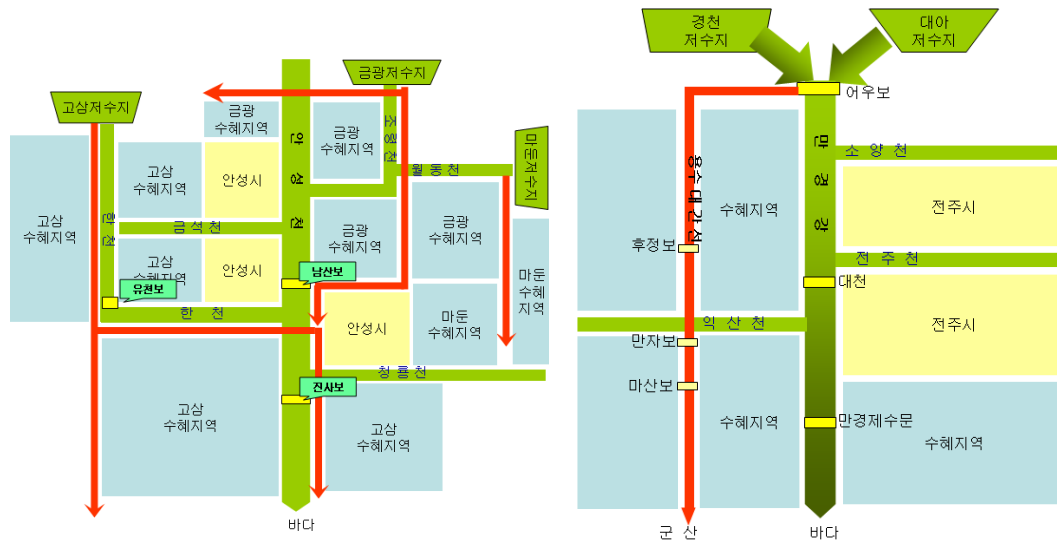


Fig. 2. Water supply system at the AnSung Chun and Mankyong river

나. 만경강유역

만경강은 전라북도 완주군 동상면 원등산에서 고산천, 소양천, 전주천 등의 지류와 합류하고 서해로 유입되는 하천으로서 유역면적 1,527.1km², 유로연장 77.4km이다. 만경강은 원등산에서 발원하여 북서측으로 유하하다 고산천과 합류한 후 유향을 남서측으로 바꾸어 유하하고, 완주군 소양면 만덕산에서 발원한 소양천과 합류하며, 이후 완주군에서 발원한 전주천과 합류한 뒤 광활한 만경

평야를 서측으로 관유하여 서해로 유입된다. 본 유역은 동측으로부터 소백산맥의 분기인 노령산맥이 점감되는 곳으로 노년기에 해당되며 동측은 높고 조악하지만 서측으로는 낮고 광활한 평야와 구릉을 이루고 있다. 하천연변에 넓게 형성된 농경지에 용수공급을 위하여 만경강 본류에 만경제수문을 설치하여 염수침입을 방지함은 물론 상류측으로 유수를 저류하여 농업용수원으로 이용하고 있다.

만경강 유역은 완화용수구역에 대아, 경천저수지 등 총 41개의 저수지와 양수장 3개소, 취입보 44개소 그리고 집수암거등 총 107개의 수리시설물이 포함되어 있다. 주요 용수공급체계는 Fig. 1과 같이 고산천의 상류 고산면 어우리에 위치한 어우보로부터 대아, 동상, 경천 저수지 등 3개 저수지에서 방류되는 물을 취수하여 제1도수로를 통해 봉동 및 삼례읍 일대 2,380ha를 급수한 후 삼례읍 삼례보에서 만경강 하천수를 보충 취수하는 대간선과 삼례읍 후정리에서 합류하여 완주, 춘포, 익산, 오산, 옥구, 대야, 옥산을 거쳐 옥구읍 어은리의 옥구저수지에 이르는 약 12,500ha를 급수하고 있다.

2.4 수질조사

농업용수의 시간별, 공간별 수질조사를 통한 농업용수 및 하천의 수질 변화 분석을 통하여 현 농업용수체계의 문제점을 파악하기위해 유역 내 농업용수와 하천의 수질을 대표할 수 있는 하천, 용수간선, 용수지선 등의 대표지점을 선정하여 안성천 유역 12지점과 만경강 유역 24지점을 선정하였다. 안성천 유역에서는 고삼저수지, 금강저수지, 마둔저수지를 수원으로 하는 용수간선에서 5지점, 하류 용수지선에서 6지점, 안성천에서 3지점을 각각 선정하였다. 만경강 유역에서는 만경 용수간선에서 4지점, 용수지선에서 12지점, 만경강과 지천에서 8지점 등 총 24지점에서 수질을 조사하였다. 안성천의 환경부의 측정망과 중복되는 지점은 환경부 자료를 사용하였다.

수질조사 횟수는 관개기 동안(4~9월) 총 6회의 조사를 실시하였다. 수질분석 항목은 수온, pH, DO, EC, BOD, COD, T-N, T-P 등 10개의 항목을 조사하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 수질분석 결과

농업용수 공급수역을 용수간선(ML), 용수지선(BL), 하천(AR)으로 분류하여 수질분석을 실시하였다. 안성천의 경우 용존산소인 DO는 용수간선에서는 8.3~9.6 mg/L, 용수지선에서는 9.6~14.0 mg/L, 안성천에서는 10.4~14.0 mg/L으로 하천에서 다소 높게 나타났으며, BOD 역시 ML보다 BL과 AR에서 높게 나타나고 있다. T-N과 T-P 역시 ML보다 BL과 AR에서 훨씬 높은 값을 보이고 있다. 다음 Table 1은 안성천의 용수공급 수역별 수질조사 결과를 작성한 것이다.

Table 1. Water Quality results of Ansung Chun (mean±S. D.)

Case	Mon.	Temp. (°C)	pH	DO (mg/L)	EC (µs/cm)	BOD (mg/L)	SS (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)
ML (n=5)	4월	13.3±3.3	7.9±0.5	9.6±1.0	155.5±72.7	2.1±0.1	2.7±0.3	1.345±0.2	0.068±0.1
	5월	18.8±2.4	7.2±0.7	8.9±0.5	114.1±12.8	2.3±0.8	6.8±2.9	1.466±0.3	0.015±0.0
	6월	20.0±1.0	7.1±0.4	8.3±0.8	128.2±15.6	2.5±0.5	6.4±6.5	1.270±0.4	0.007±0.0
BL (n=6)	5월	21.5±1.3	7.9±0.7	9.6±1.2	171.8±41.4	4.9±0.9	32.1±20.0	2.209±0.9	0.081±0.0
	6월	25.9±4.7	8.3±1.0	10.8±1.8	186.4±61.3	3.6±0.8	6.6±2.2	0.982±0.5	0.042±0.0
AR (n=3)	4월	17.5±0.7	9.4±0.1	14.0±0.4	255.5±122.3	5.4±3.0	21.5±24.1	4.674±1.5	0.149±0.1
	5월	21.9±2.9	8.4±0.4	10.4±1.9	217.2±64.9	5.8±1.8	52.3±72.5	3.281±0.2	0.203±0.1
	6월	25.7±1.5	8.1±0.6	11.1±1.7	235.5±95.2	4.3±2.6	40.3±31.2	2.176±0.6	0.119±0.0

주) ML ; Main Line, BL ; Branch Line, AR ; Ansung River

만경강의 경우 용존산소인 DO는 ML에서는 9.9~10.3 mg/L, BL에서는 7.9~8.6 mg/L, 만경강(MR)에서는 7.1~9.3 mg/L으로 용수간선에서 용수지선과 만경강보다 다소 높게 나타났으며, BOD는 ML에서는 2.0~2.1 mg/L, BL에서는 2.9~4.1 mg/L, MR에서는 2.9~5.9 mg/L으로 ML보다 BL과 MR에서 다소 높은 평균치를 보이고 있으나, 모두 농업용수 수질기준을 만족하고 있다. T-N 평균치와 T-P 평균치 역시 ML보다 BL과 MR에서 높은 값을 보이고 있으며, 특히, T-P는 ML보다 BL과 MR에서 훨씬 높은 값을 보이고 있다. Table 2는 만경강의 용수공급 수역별 수질조사 결과를 작성한 것이다.

Table 2. Water Quality results of Mankyong River(mean±S. D.)

Case	Mon.	Temp. (°C)	pH	DO (mg/L)	EC (μ s/cm)	BOD (mg/L)	SS (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)
ML (n=4)	5월	16.9±1.4	7.4±0.6	10.3±0.1	79.3±7.7	2.0±0.2	7.8±4.4	1.693±0.4	0.012±0.0
	6월	17.6±0.7	7.4±0.2	9.9±0.6	101.9±1.4	2.1±0.5	0.1±0.2	1.924±0.2	0.017±0.0
BL (n=12)	5월	21.2±2.1	7.7±0.7	8.6±2.2	278.1±246.3	4.1±2.5	19.1±14.5	4.319±3.3	0.300±0.4
	6월	22.6±3.5	7.6±0.6	7.9±2.8	324.7±23.4	2.9±1.7	2.9±5.1	3.295±1.9	0.177±0.2
MR (n=8)	5월	21.0±2.5	7.8±1.1	9.3±2.3	292.4±236.9	5.9±3.3	19.7±9.4	3.466±2.2	0.179±0.2
	6월	24.0±3.1	7.4±0.2	7.1±1.7	297.2±212.3	2.9±2.3	0.7±1.1	3.341±1.6	0.184±0.2

주) ML ; Main Line, BL ; Branch Line, MR ; Mankyong River

수질분석 결과 안성천의 높은 T-N, T-P 농도를 나타내는 직접적인 원인은 안성천의 주변에 넓게 분포하고 있는 농경지에서의 오염물질 배출뿐만 아니라 시가지를 통과하면서 각종 오염원에 노출된 것에 기인된 것으로 판단된다. 그리고 대체적으로 상류에서는 깨끗한 수질을 유지하지만 개방수역인 하천과 용수로로 통해 하류로 유하할수록 오염이 심화되어 가고 있음을 알 수 있다.

만경강의 경우 일부 용수지선과 만경강 하류지점에서 높은 T-N, T-P 값을 나타내는 직접적인 원인은 만경강의 주변에 넓게 분포하고 있는 농경지에서 배출되는 오염원뿐만 아니라 수질오염이 심한 전주천과의 합류 등에 기인된 것으로 판단되고 수계의 상류에 위치하고 있는 용수간선과 만경강의 상류부분은 대체적으로 깨끗한 수질을 유지하고 있으나 하류지역으로 유하함에 따라 수질이 점차 오염되어 가고 있음을 알 수 있다.

따라서 깨끗한 수자원인 상류지역의 용수를 잘 활용한다면 하천유지수량 확보뿐만 아니라 하천의 수질개선, 친수환경조성 등 농어촌생활환경 전반에 긍정적인 효과를 기대할 수 있으리라 판단된다.

3.2 재정비 시나리오

본 연구에서는 안성천과 만경강의 수질조사 결과를 바탕으로 기존의 농업용수의 기능을 유지하는 범위내에서 상류의 깨끗한 농업용수를 이용하여 하천의 수질개선을 목표로 하는 용수공급체계 재정비 시나리오를 작성하였다. 즉, 기존의 농업용수의 기능과 동시에 대상하천의 하천유지용수를 공급하여 수질개선을 위한 희석수로 사용하고자 하는 것이다.

가. 안성천 유역

안성천의 경우 농업용수 사용은 Fig. 2에서와 같이 고삼저수지, 금광저수지, 마둔저수지에서 각각의 용수간선을 따라 5,787ha, 1,016, 497ha 등 총 7,300ha의 농지에 관개용수를 공급(연평균 총 공급량 4.98×10^7 m³(고삼 : 3.95×10^7 m³, 금광 : 6.94×10^6 m³, 마둔 : 3.39×10^6 m³))를 공급하고 있다. 수질 현황은 고삼저수지의 경우 T-N과 T-P가 각각 1.73 mg/L, 0.035 mg/L(2004 환경부측정망 자료)이고 금광저수지와 마둔저수지의 경우 T-N과 T-P가 각각 1.13 mg/L, 0.037 mg/L, 1.17 mg/L, 0.054 mg/L(자체수질조사)로서 수원공의 경우 수질이 양호하다. 하지만 고삼저수지의 하류하천인 한천의

경우 안성천과 합류하는 지점에서 T-N과 T-P가 각각 2.51mg/L, 0.21mg/L이고, 안성시를 지나 평택 시에 도달한 후 안성천의 수질은 6.174 mg/L, 0.226 mg/L로 나빠지고 있다. 그 이유는 한천이 도심지와 농경지가 혼합된 지역을 통과하고 안성천 합류지점에 안성시 하수종말처리장이 위치해 있기 때문인 것으로 판단된다. 또한 안성천 도심지구간의 경우는 각각 5.180mg/L, 0.180mg/L로서 도심구간 이후 농업용 취입보인 남산보(가동보)가 있어 관개시에는 보에 의한 유수가 정체로 하천의 수질이 비교적 좋지 않다. 따라서 관개용수 취수지점을 금광저수지와 마둔저수지 수원공에서 취수하는 관개용수를 도심구간 이후인 남산보 지점으로 변경하는 방안을 적용하고, 고삼저수지에서 취수한 관개용수를 하류한천에 위치한 유천보와 안성천 합류후인 진사보 지점으로 변경하여 안성천의 수질개선 효과를 기대하고 있다.

검토한 재정비 방안은 Fig. 3와 같이 금광저수지와 마둔저수지에서 총 취수량인 $10.33 \times 10^6 \text{ m}^3$ 에서 상류부 공급량을 제외한 $8.0 \times 10^6 \text{ m}^3$ 을 안성천의 지류인 월동천과 조령천에 유하시키고 도심지구간 이후인 남산보 지점에서 재이용하는 방식이다. 또한, 고삼저수지에서 취수량인 $39.5 \times 10^6 \text{ m}^3$ 중에 $30.0 \times 10^6 \text{ m}^3$ 을 한천으로 유하시키고 하류부 유천보와 안성천 합류후인 진사보 지점에서 나누어 재이용 하는 방식이다.



Fig. 3 Rearrangement plan of water supply system at Ansong Chun

나. 만경강 유역

만경강의 농업용수 사용은 Fig. 2에서와 같이 어우보(고산)에서 취수하여 대간선을 따라 약 12,500ha에 관개용수를 공급(연평균 총 공급량 $1.1 \times 10^9 \text{ m}^3$, 이중 어우보에서 약 $1.0 \times 10^9 \text{ m}^3$) 하고 있다. 어우보 지점의 수질현황은 T-N과 T-P가 각각 2.6 mg/L, 0.049 mg/L이고, 어우보 하류 지점에서 합류되는 전주천의 수질은 T-N과 T-P가 각각 2.427 mg/L, 0.152 mg/L로 나타나고 있다(2004년도 환경부 측정망 자료). 따라서 상대적으로 양호한 수질을 가진 어우보 지점의 물이 관개용수로 공급되고 있으며 상대적으로 좋지 않은 전주천의 물이 만경강으로 직접 유입되고 있어 만경강 수질을 대표하는 지점인 만경제수문(TN:6.177mg/L, TP:0.391mg/L)의 수질에 악영향을 주고 있다. 따라서 관개용수 취수지점을 현재의 어우보에서 전주천 합류후 지점으로 변경하는 방안을 적용하여 만경강의 수질 개선 효과를 기대하고 있다.

검토한 재정비 방안은 Fig. 4와 같이 어우보에서의 취수량을 1억톤 감소시키고 대신 전주천에서 부족분 전량인 $1.0 \times 10^9 \text{ m}^3$ 을 취수하는 경우(scenario I)와 어우보에서의 취수량 $0.5 \times 10^9 \text{ m}^3$ 을 감소하고 대신 전주천에서 부족분 $0.5 \times 10^9 \text{ m}^3$ 을 취수하는 경우(scenario II)에 대하여 수질개선 효과를 평

가하고자 한다. 이때 전주천의 용수는 만경강의 유출량과 합쳐져서 농업용수로 활용하게 된다.



Fig. 4. Rearrangement plan of water supply system at Mankyong River

4. 결론

본 연구에서는 농업용수 이용도가 큰 만경강과 도시와 농촌이 혼재되어 있는 안성천 상류지역을 대상으로 관개용수 공급체계 재정비를 통하여 하천유지수량을 증대와 함께 하천수질을 개선하는 효과를 평가하고자 농업용수 및 하천의 시간별, 공간별 수질조사 분석을 통해 현 농업용수체계 및 농촌지역하천의 수질문제를 구체적으로 규명하였다.

연구결과 현재의 용수공급체계에서는 상류지역에서 취수한 농업용수의 수질은 대체적으로 양호하였으나 상류에서 하류부 수혜지역으로 관개수를 공급하는 시점에서는 수질이 악화되고 있음을 알 수 있다. 그 이유는 기존의 농업용수 공급체계는 회귀용수를 사용하고 있고 강우유출에 의한 도심지의 오염물질이 유입되고 있기 때문이다. 그러므로 깨끗한 수자원인 상류지역의 용수를 잘 활용한다면 하천유지수량 확보뿐만 아니라 하천의 수질개선, 친수환경조성 등 농어촌생활환경 전반에 긍정적인 효과를 기대할 수 있으리라 판단된다.

향후 연구계획은 본 연구에서 작성한 시나리오를 바탕으로 하여 안성천과 만경강에 큰 비용의 부담 없이 취수지점을 하류부로 이동하는 간단한 방법을 적용하는 경우 어느 정도의 수질개선 효과가 있는지를 규명하고자 한다. 그리고 안성천의 경우는 시군에서 수변공원조성을 계획하고 있으므로 공급체계 재정비를 통한 수질개선효과와 더불어 수변환경 개선의 경우를 평가하고자 한다.

참고문헌

1. 박정남, 이재면, 김태열, 1999, 용담댐 관리계획이 대청댐 저수량에 미치는 영향, 한국농공학회 학술발표
2. 이충성, 최승안, 김형수, 심명필, 2004, 우이천의 건천화 원인분석, 한국수자원학회 학술발표
3. 최선화, 2004. The estimation of maximum acceptable concentration for the establishment of water quality guideline for irrigation water: 경희대학교 박사학위 논문