

관개용수 공급체계 변경을 통한 하천의 수질개선

Water Quality Improvement in the River through Reformation of Irrigation Water Supply Systems

이광야* · 김해도** · 이종남*** · 박종훈****

Kwang Ya Lee · Hae Do Kim · Jong Nam Lee · Jong Hoon Park

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. The water intake facilities for agricultural use such as reservoir, weir and pumping station are generally located at upstream river where the water quality maintains relatively clean. However, this study focuses on moving the water intake to downstream and rearranging the irrigation water supply system, then investigating how effective they are for water quality improvement in the river. When the water intake is moved downstream, the stream flow is increased as much as the amount of irrigation water that is to be taken upstream. The augmented flow which is frequently referred to as environmental flow can function as dilution water for improving the quality of polluted water that is originated from the wastewater in tributaries

Key words: Irrigation water, Water reuse, Water quality, Reformation

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 관개구역 내에서 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 사

* 한국농촌공사 농어촌연구원 책임연구원 · E-mail : kylee@ekr.or.kr

** 한국농촌공사 농어촌연구원 주임연구원 · E-mail : searoad@ekr.or.kr

*** 한국농촌공사 농어촌연구원 수석연구원 · E-mail : kkchung@ekr.or.kr

*** 농림부 농촌정책국 시설관리과 E-mail : mafsun@maf.go.kr

용하는 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 연구대상구역 및 용수 이용체계

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 집수암거 등 총 45개의 수리시설물이 포함되어 있다. 주요 용수공급체계는 Fig 1과 같이 주요 수원공으로 안성시 금광면 금광리와 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.

만경강 유역은 완화용수구역에 대야, 경천저수지 등 총 41개의 저수지와 양수장 3개소, 취입보 44개소 그리고 집수암거 등 총 107개의 수리시설물이 포함되어 있다. 주요 용수공급체계는 Fig 1과 같이 고산천의 상류 고산면 어우리에 위치한 어우보로부터 대야, 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.



Fig. 1. Water supply system at the AnSung Chun and Mankyong river

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 Ansong 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 ; Ansong 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 Mankyeong River(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=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 ; Mankyeong 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 용수로를 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.

검토한 재정비 방안은 Fig 2와 같이 금광저수지와 마둔저수지에서의 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, 고삼저수지에서의 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.

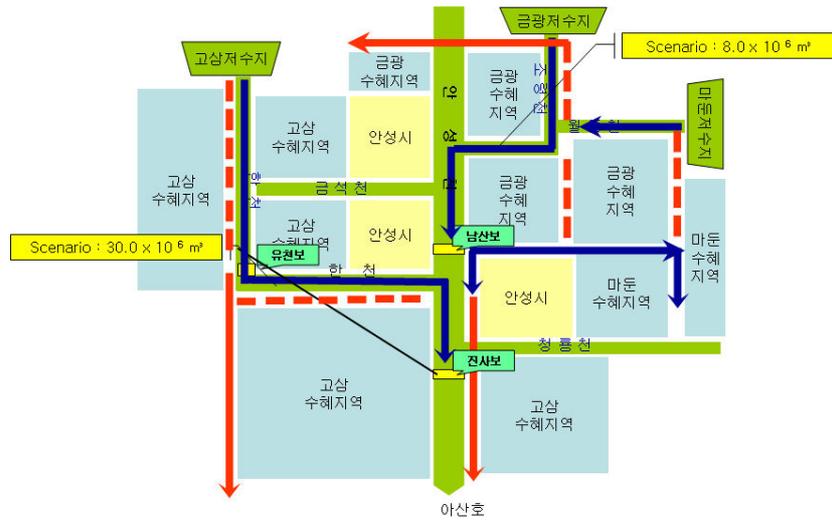


Fig. 2. Rearrangement plan of water supply system at Ansong Chun

만경강 유역의 재정비 방안은 Fig 3과 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 평가하고자 한다. 전주천의 용수는 만경강의 유출량과 합쳐져서 농업용수로 활용하게 된다.

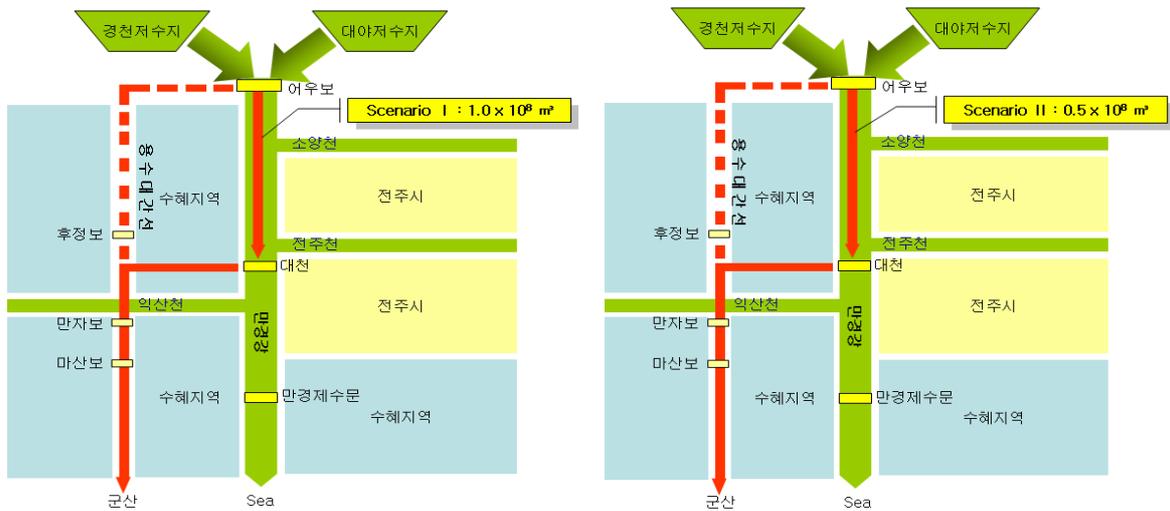


Fig. 3. Rearrangement plan of water supply system at Mankyong River

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 양

호하였으나 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.

참 고 문 헌

1. 김재윤, 1996. 대청호 유역의 수질 변동특성 및 상관성에 관한 연구, 한국환경과학회지, Vol.5(6), 763-770.
2. 민경석, 2000. 낙동강 수질현황과 수질개선, 대구경북포럼 기획논단 kinx2002076766
3. 박성천, 1999. 수질보전을 위한 영산강의 하천유지유량결정, 동신대학교 Vol.18, pp.1-11.
4. 박정남, 이재면, 김태열, 1999. 용담댐 관리계획이 대청댐 저수량에 미치는 영향, 한국농공학회 학술발표회 논문집 pp.550-555
5. 이영화, 1996. 도시유역의 하천유지용수 산정에 관한 연구, 경산대학교 Vol.5(3), pp.377-385.
6. 이충성, 최승안, 김형수, 심명필, 2004. 우이천의 건천화 원인분석, 한국수자원학회:학술대회지, 학술발표회 특별세션/국제세션/발표논문 초록집, pp.183-183.
7. 이춘석, 1998. 농촌마을 소하천의 구간별 특성에 관한 연구, 한국농공학회지