

이 논문은 1989년도 문교부 학술연구 조성비에 의하여 연구되었음.

[報 文]

KOR. J. ENVIRON. TOXICOL.
Vol. 6, No. 1~2, 1~6 (1991)

水質汚染이 農業用水에 미치는 影響

— 慶安川을 中心으로 —

羅 圭 煥·權 永 植·盧 秀 弘

延世大學校 環境科學科

Effect of Water Pollution on the Irrigation Water

— On the Kyungan Stream —

Kyu Hwan Ra, Young Sik Kwon, Soo Hong Noh

Dept. of Environmental Science, Yonsei University

ABSTRACT

The quality of water in Kyungan stream was analyzed in three different areas between season of irrigation on May and of nonirrigation on August in 1990.

The results of Water quality from this study were summarized as follows:

1. The quality of water is season of irrigation containing metal ions, such as Cu and Zn as well as TN was exceeded standard levels of quality of agricultural water. However, in season of nonirrigation, the quality of water in Kyungan stream was not suitable for using agricultural water due to over standard levels of containing ions of Cu and Zn or DO, COD and TN.
2. The correlation of water quality exception of pH was shown a reliance when p values were greater than 0.01 for containing ions such as Cu and Zn with the DO, COD and TN.
3. The comparison of water qualities for pH between season of irrigation and season of nonirrigation in Kyungan stream was a considerable significance property when p values were less than 0.05. The water quality containing ions of Cu and Zn with DO, COD, TN and SS also indicated a significant property when p values were less than 0.01.
4. The average water qualities of a year in three different areas for pH have shown a significant property when p values are less than 0.01. The average water qualities of

a year containing DO have also shown a significant property having p values of less than 0.05. But other constituents have shown no significant property in the above three different areas.

緒 論

近來 서울특별시를 중심으로 하여 주위에 위성도시가 건설, 확장됨에 따라 人口增加와 都市産業이 급진되어 首都 서울근교의 河川水系는 都市生活下水와 工場廢水의 流入으로 인하여 汚染이 심화되고 있다. 또한 家畜飼育이 小規模에서 점차 企業化되어 대규모로 전환됨에 따라 가축폐기물에 의한 水質汚染도 중요시 되고 있다.

특히 경기도 慶安川¹⁾은 流路延長이 약 49.5 km로서 수도권 유역의 生活用水源인 八堂湖에 流入되는 漢江의 主要 支川의 하나인 동시에 유역농경지에 대하여 灌溉用水로서 이용도도 크다. 더우기 오염된 河川水質을 관개용수로 이용할 경우 벼농사에 있어서 벼의 웃자람 또는 倒伏 등의 피해는 도시하수 등에 다량 함유된 유기물질과 특히 과잉질소성분으로 인하여 벼의 生育初期에 아래 마디부분이 이상적으로 성장한데 원인이 있다고 한다. 또한 수확기가 되어도 잎만 무성하여 結實不良이 되어 수확감소가 예상된다. 뿐만 아니라 토양중의 重金屬類의 함량과 마찬가지로 水質에 함유된 유해중금속류의 이상함량은 수확된 농산물에도 축적현상을 일으켜 최종적으로 인간의 건강상의 위해가 예상되고 있다.

農業用水로서의 우리나라 河川水質基準²⁾은 환경처의 生活環境IV 등급에 적용하여 5개 항목을 규정

하고 있으며 日本³⁾에서는 중금속 항목까지도 설정하여 보다 엄격한 水質管理를 하고 있다. 따라서 이들 수질 전항목이 기준치 이하로 유지하여야 하며 또한 기준치를 초과한 경우에는 각 항목에 대하여 그 발생원인과 농작물에 주는 영향을 규명하여야 할 것이다. 이에 著者 등은 河川의 汚染源이 都市下水, 家畜糞尿廢水 등으로 구분되는 경안천을 택하여 灌溉期와 非灌溉期에 河川의 수질현황과 농업용수로의 적합여부를 조사하였기에 이에 보고하는 바이다.

實驗 方法

채수지점은 경안천 수질의 오염원 특성과 하천수를 직접 농업용수로 이용하는 灌溉水域을 감안하여 용인읍의 도시하수의 영향을 받는 용인군 포곡면 유은리(St. 1), 축산단지의 가축폐기물의 오염이 예상되는 용인군 모현면 왕산리(St. 2) 및 광주군 광주읍 경안리(St. 3)를 택하여 관개기인 1990년 5월 7일과 비관개기인 8월 28일에 각각 채수하였다. 조사항목중 pH, 용존산소(DO), 수온 등은 현장에서 Horiba U-7 수질검사장치를 사용하였으며 기타 이화학적 성분은 실험실에 운반 즉시 환경오염공정시험법⁴⁾, 미국 standard method⁵⁾ 및 일본 위생시험법⁶⁾에 준하여 측정하였다. 중금속인 Cu 및 Zn은 전처리한 후 Perkin-Elmer 2380 AA로 측정하였다.

Table 1. The Water Quality of Sampling Sites in the Period of Irrigation.

Items Sites	pH	DO	COD	TN	SS	Cu	Zn	Temp.	BOD	PO ₄ -P	Cl ⁻	Fe	Hard.
1	7.70±0.07	7.10±1.21	4.45±0.64	4.96±1.02	11.80±0.42	0.32±0.01	0.46±0.07	18.0±0.1	2.63±0.45	0.20±0.01	16.21±0.64	2.20±0.21	64.90±4.86
2	7.70±0.10	7.40±1.20	4.30±0.55	6.49±1.22	12.80±0.44	0.29±0.01	0.83±0.05	19.9±0.2	3.11±0.75	0.49±0.03	10.84±0.68	2.50±0.31	65.20±3.52
3	7.40±0.09	6.60±0.94	4.17±0.74	5.60±1.04	15.20±0.62	0.42±0.03	1.00±0.05	19.2±0.1	2.60±0.52	0.18±0.01	31.60±0.86	5.00±0.56	65.20±3.40

Unit is ppm except pH and Temp.

Table 2. The Standard Value for the Irrigation Water. (unit : ppm)

Items	Standard value	
	Korea	Japan
pH	6.0~8.5	6.0~7.5
COD	<8	<6
SS	<100	<100
DO	>2	>5
TN		<1
Cu		<0.02
Zn		<0.5

상관관계분석은 측정된 수질항목중 일본에서 농업용수의 적부판정의 규제항목으로 지정하고 있는 pH, DO, 화학적 산소요구량(COD), 총질소(TN), 부유물질(SS)와 중금속인 Cu, Zn에 한하여 실시하였으며 유의성 검정은 t-test 및 Anova test를 실시하였다.

結果 및 考察

灌漑期인 1990년 5월중 경안천 수질 조사결과는 표 1과 같다. pH가 7.4~7.7이었으며 DO는 6.6~7.4 ppm이었다. 이는 표 2에서와 같이 우리나라의 농업용수기준³⁾ pH 6.0~7.5 및 DO 5 ppm 이상에 적합하다고 보겠으나 DO가 갈수기인데도 높은 것은 수량이 적어 표층에서 측정된 결과인 것으로 사료되어 별의의가 없다고 생각된다. COD는

4.17~4.45 ppm으로 COD의 용수기준 6 ppm 이하에 적합하나 거의 기준치에 육박하고 있어 오염의 징후가 보이고 있다고 보겠다. TN는 4.96~6.49 ppm으로서 1 ppm 이하로 규정된 기준치 보다 약 5~6배에 이르고 있어 농업용수로서 부적합하다고 보겠다. 특히 3개 수역중 St. 2에서 높았음은 역시 유역축산단지내에서의 가축폐수의 오염에 의한 것으로 사료된다. TN가 높은 것으로 보아 관개농경지의 비의 생육에 있어서 옷자람이나 도복 등의 피해가 예상되어 施肥 등에 유의가 요망된다. SS는 기준치 100 ppm에 미달되는 11.8~15.2 ppm이었으나 이는 갈수기의 안정된 수질로 인한 침하의 원인이라고 생각된다. Cu 및 Zn은 각각 0.45~0.63 ppm 및 3.23~3.95 ppm으로서 일본의 허용기준치인 Cu 0.02 ppm 및 Zn 0.5 ppm보다 Cu는 약 20배 이상, Zn은 약 6배 이상 높아 농경지의 관개용수로서 부적합하였다. 그러나 환경처의 농산물재배제한 오염기준치 Cu 125 ppm 보다는 상당히 낮은 값을 나타내었다.

비관개기인 1990년 8월중 수질 조사결과를 표 3과 같다. pH가 7.17~7.70으로 관개기인 5월과 별 차이가 없었으나 DO는 St. 2 및 St. 3은 3.17 ppm 및 3.42 ppm으로 기준치 5 ppm보다 낮았으며 포화도도 50% 이내의 범위이었다. COD 역시 전수역에서 6.63~7.92 ppm으로 기준치 6 ppm 보다 높았으며 DO 및 COD로 보아 농업용수로의 이용에 부적합하였다. 또한 TN 역시 9.96~11.31 ppm으로 관개기 보다 약 2배 이상 높았으며 기준치 1 ppm 보

Table 3. The Water Quality of Sampling Sites in the Period of Non-irrigation.

Items Sites	pH	DO	COD	TN	SS	Cu	Zn	Temp.	BOD	PO ₄ -P	Cl ⁻	Fe	Hard.
1	7.35±0.09	6.67±1.33	7.92±0.38	10.33±0.52	1.20±0.30	0.08±0.01	0.44±0.12	27.8±0.1	3.78±0.55	0.02±0.01	7.77±0.67	0.27±0.06	59.83±5.19
2	7.70±0.12	3.17±0.75	6.63±0.57	11.31±1.89	2.50±0.20	0.06±0.02	0.53±0.03	29.9±0.1	7.89±0.90	0.10±0.02	16.54±0.26	0.83±0.11	54.17±2.40
3	7.17±0.09	3.42±0.80	7.06±0.79	9.96±1.31	3.20±0.30	0.15±0.04	0.24±0.03	26.2±0.3	3.49±0.44	0.04±0.01	37.82±2.88	0.39±0.11	62.50±2.26

Unit is ppm except pH and Temp.

다는 약 10배 이상 높았다. SS는 1.20~3.20 ppm으로서 관개기 보다 약간 낮은 경향이였으며 기준치 100 ppm 보다는 상당히 낮았다. 중금속인 Cu는 0.08~0.15 ppm, Zn은 0.24~0.53 ppm으로 관개기인 5월에 비하여 Cu는 약간 낮았으나 Zn은 유사한 경향이였으며 용수기준에는 부적합한 양이었다.

일반적으로 관개기에는 TN, Cu 및 Zn 성분이 기준치를 초과하였으며 비관개기에는 DO, COD, TN, Cu 및 Zn 등 5개 항목 성분이 농업용수기준치를 초과하였다. 이는 비관개기인 8월이 장마후의 영향으로 유역의 오수유입의 원인으로 수질이 불안정한 상태에 있다고 생각되며 이는 斐⁷⁾ 등이 조사한 결과와

유사한 경향성을 나타내었다. 기타 BOD, PO₄-P 및 Cl⁻ 등도 북한강수계⁸⁾의 수질보다 높아 오염이 진행되고 있음을 알 수 있다. 또한 관개기인 5월과 비관개기인 8월의 평균수질은 표 4에서 보는 바와 같이 관개기인 5월의 경안천 전수역의 평균수질은 DO 7.0 ppm, COD 4.31 ppm, SS가 14.19 ppm으로 기준치보다 다소 낮은 치수이었으나 TN 5.58 ppm, Cu 0.53 ppm 및 Zn 3.58 ppm인 것으로 보아 농업용수기준에 부적당하다고 사료된다. 비관개기인 8월의 경안천 전수역의 평균수질은 pH와 SS를 제외한 DO, COD, TN와 Cu, Zn 등 모든 항목에서 농업용수기준치를 초과하고 관개기 보다 더욱 부적

Table 4. The Mean Values of Water Quality in the Kyungan Stream.

Items	Irrigation			Non-irrigation			Annual		
	M.	S.D.	(Min.~Max.)	M.	S.D.	(Min.~Max.)	M.	S.D.	(Min.~Max.)
pH	7.58	0.21	(7.30~ 8.00)	7.40	0.25	(7.12~ 7.85)	7.51	0.24	(7.12~ 8.00)
DO	7.00	0.38	(6.30~ 7.60)	4.42	1.89	(2.00~ 8.50)	5.71	1.88	(2.00~ 8.50)
COD	4.31	0.43	(3.70~ 5.10)	7.20	0.79	(6.14~ 8.51)	5.76	1.60	(3.70~ 8.51)
TN	5.58	1.78	(3.20~11.38)	10.49	1.50	(7.26~13.70)	8.04	2.97	(3.20~13.70)
SS	14.19	3.67	(9.05~20.08)	2.30	0.90	(0.92~ 0.38)	8.24	6.58	(0.92~20.08)
Cu	0.53	0.10	(0.33~ 0.66)	0.10	0.05	(0.04~ 0.17)	0.34	0.24	(0.04~ 0.66)
Zn	3.58	0.59	(3.00~ 4.87)	0.40	0.15	(0.21~ 0.55)	2.15	1.68	(0.21~ 4.87)
Temp.	19.02	0.82	(17.90~20.60)	27.98	1.57	(25.80~30.10)	23.50	4.71	(17.9~30.10)
BOD	2.78	0.56	(1.82~ 3.75)	5.05	2.16	(3.09~ 8.91)	3.92	1.93	(1.82~ 8.91)
PO ₄ -P	0.29	0.15	(0.10~ 0.53)	0.05	0.04	(ND~0.14)	0.17	0.16	(ND~0.53)
Cl ⁻	19.57	9.11	(8.18~32.04)	20.71	13.08	(6.99~40.53)	20.14	11.13	(6.99~40.53)
Fe	3.22	1.81	(1.20~ 6.80)	0.50	0.27	(0.20~ 0.94)	2.31	1.96	(0.20~ 6.80)
Hard.	64.52	3.03	(53.20~68.02)	58.83	4.89	(50.00~70.00)	61.68	4.94	(50.00~70.00)

Unit is ppm except pH and Temp.

Table 5. Correlation Coefficient between Water Quality Items.

Item	pH	DO	COD	TN	Cu	SS
pH						
DO	0.3480					
COD	-0.4272	-0.5662*				
TN	-0.1278	-0.6203*	0.6577*			
Cu	0.3350	0.6892**	-0.8731**	-0.6468*		
SS	0.3668	0.6252*	-0.8831**	-0.8245**	0.8106**	
Zn	0.5029	0.7232**	-0.8830**	-0.7479**	0.8792**	0.8404**

* : $\alpha=0.01$, ** : $\alpha=0.001$

합한 것으로 나타났다. 년평균에 있어서도 pH, DO 및 SS를 제외한 COD, TN, Cu 및 Zn에서 기준치에 육박하거나 상회하고 있어 경안천 수질을 농업용수로 이용한 경우 농작물에의 피해가 예상된다.

경안천 3개 수역의 연중 평균 수질성분 항목중 농

업용수 적부판정의 기준이 되는 수질항목간의 상관성은 표 5에서 보는 바와 같고 t-test 결과는 표 6과 같으며 Anova test 결과는 표 7과 같다. 여기에서 보면 pH를 제외한 DO와 COD, TN 및 SS, COD와 TN, Cu와 TN 간에는 $\alpha=0.01$ 의 신뢰성 있는 상관성을 나타내었으며 DO와 Cu 및 Zn, COD와 Cu, SS 및 Zn, TN와 Cu, SS 및 Zn, Cu와 Zn 및 SS, SS와 Zn간에는 $\alpha=0.001$ 범위에서 신뢰성을 나타내었다. 그러므로 이들 수질항목은 모두가 농업용수 적부판정에 직접적인 성분요인이라고 생각된다.

경안천 전수역의 pH는 관개기인 5월의 갈수기가 약간 높아 pH 7.58이었으며 DO는 5월이 8월보다 높았음은 수량이 적어 표층수에서 측정된 결과로서 대기중의 산소가 포화된 것으로 사료되며 SS도 5월이 높았음은 갈수기에 원인이 있다고 보겠다. COD 및 TN는 비관개기인 雨期후 8월에 높았음은 田畚 또는 유역의 용해성 유기오염물질이 유입된 것으로 해석된다. 중금속인 Cu 및 Zn도 관개기인 5월엔 비관개기인 8월보다 높은 것은 갈수에 의한 농축과 저질에서 용출현상이라고 생각되며 특히 Zn 함량이 Cu보다 높았음은 용인읍에 위치한 중소공장의 폐수의 영향이라고 사료된다. 관개기와 비관개기인 5월과 8월의 경안천 전수역의 농업용수기준 항목을 상호 비교한 결과 pH ($p<0.05$)를 제외한 DO, COD, TN, SS, Cu 및 Zn에서 $p<0.001$ 의 유의한 차이를 나타내고 있어 갈수기의 안정된 수질상태와 장마후의 불안정한 수질상태와의 차이가 인정되며 이는 역시 강우에 의한 전담에서의 비료성분 및 유역의 유기오염 성분이 역으로 하천에 유입된데 기인된다고 사료된다.

또한 경안천 3개 조사수역의 연중 수질의 비교에서 pH는 St. 2에서 다소 높아 pH 7.67이었으며 St. 3은 pH 7.3으로 $F=10.65$ 로 $p<0.01$ 의 유의한 차이를 나타내었는데 이는 St. 2가 가축분뇨의 유입에 의한 오염으로 해석된다. DO 역시 St. 2에서 낮아져서 St. 3에서 4.98 ppm을 나타내고 있음은 유기오염 물질이 유하하면서 분해작용에 의한 반응이라고 추측되며 $F=4.27$ 로서 $p<0.05$ 의 범위내에서

Table 6. Significance Test for Period Comparison in Items (t-test).

Items	Period	Mean	S.D.	t value
pH	I	7.58	0.21	2.12*
	N	7.41	0.25	
DO	I	7.00	0.38	5.69**
	N	4.42	1.89	
COD	I	4.31	0.43	-13.63**
	N	7.20	0.79	
TN	I	5.58	1.78	- 8.94**
	N	10.49	1.51	
SS	I	14.19	3.67	13.35**
	N	2.30	0.90	
Cu	I	0.53	0.10	11.93**
	N	0.10	0.05	
Zn	I	3.58	0.59	15.65**
	N	0.40	0.15	

* : $p<0.05$, ** : $p<0.01$
 I : period of irrigation
 N : period of non-irrigation

Table 7. Significance Test for Each Sites in Items (Anova-test).

Items	Sites	Mean	S.D.	F test
pH	1	7.57	0.25	10.65**
	2	7.67	0.16	
	3	7.30	0.13	
DO	1	6.88	0.93	4.27*
	2	5.26	2.25	
	3	4.98	1.73	
COD	1	6.19	1.85	0.68
	2	5.47	1.33	
	3	5.61	1.61	
TN	1	7.61	3.14	0.85
	2	8.95	3.22	
	3	7.55	2.55	
SS	1	7.86	7.28	0.19
	2	7.66	5.92	
	3	9.22	6.95	
Cu	1	0.29	0.21	0.26
	2	0.38	0.30	
	3	0.34	0.21	
Zn	1	2.45	1.95	0.25
	2	2.18	1.56	
	3	1.77	1.70	

* : $p<0.05$, ** : $p<0.01$

유의성을 나타내었다. COD, TN, SS, Cu 및 Zn 성분함량은 3개 수역에서 별다른 차이는 인정되지 않았다.

結 論

慶安川의 水質을 灌溉期인 1990년 5월과 非灌溉期인 8월에 3개 수역으로 구분하여 분석한 결과는 다음과 같다.

1. 灌溉期の 수질은 TN 및 중금속 Cu와 Zn의 함량이 농업용수 기준치를 초과하였으며 非灌溉期에는 DO, COD, TN, Cu 및 Zn 성분이 기준치를 초과하여 경안천의 수질은 농업용수로서 부적합하였다.

2. 수질성분간의 相關關係에 있어서 pH를 제외한 DO, COD, TN, SS, Cu 및 Zn 성분간에는 $\alpha=0.01$ 이상의 신뢰성을 나타냈다.

3. 경안천의 관개기 및 비관개기간의 수질성분을 비교할 때 pH는 $p<0.05$ 범위내에서 유의성이 인정되었으며 DO, COD, TN 및 SS와 중금속 Cu 및 Zn은 $p<0.01$ 범위내에서 유의성을 나타내었다.

4. 경안천 3개 수역간의 수질평균치를 비교할 때 pH는 $p<0.01$ 수준에서 유의성이 있었으며 DO는 $p<0.05$ 범위내에서 유의성이 인정되었고 기타 성

분은 각 수역간에 유의성 있는 차이는 보이지 않았다.

이 실험을 도와준 홍주연 조교에게 진심으로 감사 드린다.

參 考 文 獻

1. 洪思澳, 朴大成, 文昌奎; 慶安川의 春期 陸水學的研究. 韓國陸水學會誌, 第2卷, 第1~2號, 45 (1969)
2. 環境處; 環境保全, 330 (1988)
3. 高橋 陽子外; 公害と對策, 第24卷, 第2號, 47 (1988)
4. 環境處; 環境汚染公定試驗法(土氣分野) (1988)
5. APHA, AWWA, WPCF; Standard Methods for the Examination of Water and Waste water (1985)
6. 日本藥學會編; 衛生試驗法注解 (1980)
7. 裴京錫 外; 慶安川水系에 있어서 水棲昆蟲에 의한 生物學的 水質評價, 韓國環境衛生學會誌, 第16卷, 第2號, 63 (1990)
8. 洪思澳, 李鍾雨; 한강중류수계 및 중요지류의 이화학적 조사 연구, 한국육수학회지, 제14권, 제3~4호, 1 (1981)