

임진강수계의 수질조사 및 개선방안

김형진·백영석·이준석

한국수도연구원

A Survey of Water Quality and Improvement Measure of Imjin-River

Hyung-Jin Kim, Young-Seok Baek, Jun-Seok Lee

Korea Water Works Institute

Abstract

This survey is executed about the water quality and improvement measure of Imjin-river. The results are summarized as follows;

1) Ammonia nitrogen concentration in tap water was two times higher than drinking water standard.

2) The concentration of BOD in textile wastewater was 235ppm which is higher than wastewater distribution standard and leather wastewater showed high nitrogen concentration.

3) Water quality of the Imjin-river upstream was not in problem but that of Shin-stream showed somewhat high concentration in BOD, COD, and ammonia nitrogen. Especially the detected Cyanide compound on the lower of Shin-stream implied seriously polluted condition.

4) The heavy metal in soil of the river bed was not detected but iron, zinc was detected to high concentration.

5) It is urgently suggested to build more municipal sewage and sanitary treatment plants, and run dredging and river bed rearrangement project.

6) The Construction of the wastewater treatment complexes of relevant industries shall be propelled as soon as possible.

I. 서 론

임진강은 함경남도 덕원군에서 발원하여 경기도 연천군 전곡읍의 한탄강과 경기도 양주군 백석면의 신천, 경기도 포천군의 영평천 및 파주군의 문산천, 차탄천 등을 지류로 하고 있다¹⁾. 경기도 파주군에서 한강과 합류하는 임진강에 관한 수질조사는 임진강 수계의 지리적, 군사적인 접근의 제한성에 의하여 거의 전무한 실정이다.

임진강 수계는 '80년 이전까지는 하천의 자정작용만으로도 1급수 수질을 유지할 수 있었으나 '80년대 이후 오염상태가 심각해져 '94년에는 임진강 본류에서 물고기 떼죽음사고가 발생하였고 문산취수장의 취수를 중단하기도 하였다.

특히 임진강 수계내에서 총 유로연장 39km의 신천은 생활환경 등급의 최하한선인 5등급을 훨씬 초과할 정도로 오염이 심한 상태이다. 이는 '80년도 이후 피혁 및 염색공장들이 한강수계에서 신천주변으로 무분별하게 이전되고 한강이북의 개발이 점차 북방으로 확대되면서 각종 공장폐수들의 무단 방류와 산재되어 있는 축산농가로 부터 축산폐수가 유입되었기 때문이다. 또한 수계내에 하수처리장이 없어 처리되지 않은 생활하수가 하천으로 유입되고 있어 그 오염의 심각성은 날이 갈수록 더해가고 있다.

따라서 본 연구는 지정학적인 중요성에도 불구하고 등한시되어 왔던 임진강 수계에 대해서 최초의 종합적인 오염실태조사를 실시하여 임진강 수계의 오염실태에 대한 기초자료를 제공하고, 장차 통일시대를 맞이하여 남북한의 핵심적인 수계가 될 것으로 예상되는 임

진강의 종합적인 수질 개선 대책을 강구하고자 하는데 그 목적이 있다.

II. 조사지점 및 분석방법

수질조사를 위한 시료는 수질측정망과 연계하여 임진강의 본류, 본류와 합류되기전 지류, 지류와 합류전후의 본류 등의 지점을 정하여 하천수, 수돗물 및 공장방류수를 채취하였다.

또한 하상 저니는 육안 및 냄새 등을 통해서도 오염상태가 매우 심한 것으로 판단되는 신천 하류 지점(한탄교)과 임진강 수계의 모든 지류가 합류되어 한강으로 유입되기 전인 자유의 다리 등 2곳에 대하여 시료를 채취하였다.

한편 시료의 분석은 먹는물 수질검사법²⁾과 환경오염공정시험법³⁾ 및 Standard Method⁴⁾를 적용하였으며 각 항목별 분석방법은 표 1.과 같다.

표 1. 시료의 분석방법

분 석 항 목	분 석 방 법
탁도(Turbidity)	측정법
수소이온농도(pH)	유리전극법
수온(Temperature)	직접측정법
용존산소량(D.O.)	잉클러이드화나트륨변법
화학적산소요구량(COD)	알칼리법
생물화학적산소요구량(BOD)	BOD법
경도(Hardness)	EDTA법
잔류염소(Residual Chlorine)	Iodometric Method
알칼리도(Alkalinity)	적정법
과망간산칼륨소비량	적정법
염소이온(Chloride), 질산성질소(Nitrate), 황산이온(Sulfate), 아질산성질소(Nitrite), 불소이온(Fluoride), 과망간산칼륨소비량, 인산인	IC법(Ion Chromatography)
암모니아성질소(Ammonia-N), 페놀, 총인(T-P), 총질소(T-N), 시안, 음이온계면활성제(ABS)	UV법(Ultra-Violet Spec.)
강열감량 건조감량 n-Hex추출물	중량법
철, 망간, 아연, 세레늄, 납, 크롬, 수은, 칼슘, 구리, 비소, 마그네슘, 알루미늄, 가드름, 규소, 칼륨, 나트륨	ICP법(Inductively Coupled Plasma Emission Spec.)
일반세균 및 대장균	환경오염 공정시험법
농약류, VOCs	GC 또는 GC/MSD (Purge & Trap 이용)

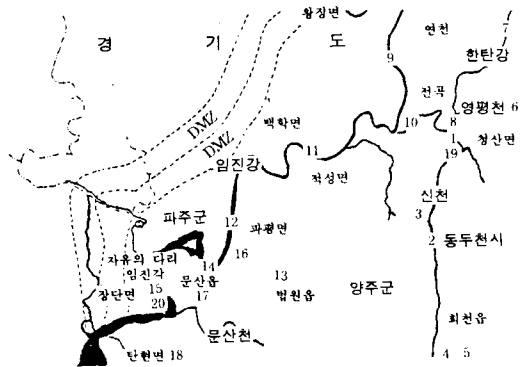


그림 1. 시료 채취 지점의 지형도

III. 조사 및 분석결과

임진강 수계의 시료 채취지점 및 시기는 표 2와 같으며 수질 및 하상저니를 분석한 결과는 다음과 같다.

3.1 수돗물 수질분석 결과

임진강 수계의 문산정수장 배수지와 문산,

금촌지역의 수도꼭지를 임의로 한지점씩 선정하여 분석한 결과 표 3과 같은 결과를 얻었다. 일반세균과 대장균 및 VOCs(휘발성 유기물질)는 검출되지 않았으며 중금속항목의 경우는 먹는물 수질기준에 적합한 것으로 나타났다. 그러나 뇌질환을 일으켜 치매성 질환을 유발하는 물질인 알루미늄⁵⁾은 기준치인 0.2mg/l 보다 낮은 농도를 나타내었으나 수질기준에 근접하여 검출됨으로써 지속적으로 잔류할 경우 먹는 물 수질기준을 초과할 수 있을 것으로 판단된다.

한편 암모니아성 질소 농도는 그림 2와 같이 1.14~1.37mg/l 를 나타내어 기준치인 0.5 mg/l 를 2배 이상 초과하였는데 이는 '94년 1월 낙동강 식수오염사태가 일어났을 때 부산의 화명정수장의 암모니아성 질소 농도가 최고 0.87mg/l 이었던 점을 고려하면 심각한 수준임을 알 수 있다.

표 2. 시료 채수지점 및 시기

번호	분류	채수지점		채수시기	
		채수위치	소재지		
1	하천	신천하류(한탄교)	연천군 청산면 초성리	'94. 12. 26	
2	"	신천(동두천시 동광교)	동두천시 생연동		
3	방류수	피혁공장	동두천시 상봉암동		
4	"	염색공장	양주군 회천읍		
5	하천	영평천 벨본교	포천군 창수면 고소성리		
6	"	한탄강 본류	연천군 고문리		
7	"	고탄교	포천군 창수면		
8	"	화이트교	연천군 왕징면 무동리		'94. 12. 27
9	"	한탄강 관광유원지	연천군 전곡읍		
10	"	털교	파주군 적성면		
11	"	문산취수장 취수 원수	파주군 파평면		
12	"	임월교(문산천)	파주군 문산읍		
13	"	임진강 하류(자유의 다리)	파주군 문산읍		
14	수돗물	문산정수장 배수지	파주군 파평면		
15	"	금촌읍 수도전(읍사무소)	파주군 금촌읍		
16	"	문산읍 수도전(역전분식)	파주군 문산읍		
17	하상	신천 하류(한탄교)	한탄교		
18	저니	임진강 하류(자유의 다리)	자유의 다리		

표 3. 수돗물 수질 분석 결과

시험항목	먹는물 수질기준	단위	문 산 정수장 배수지	문 산 수도전	금촌읍 수도전	시험항목	먹는물 수질기준	단위	문 산 정수장 배수지	문산읍 수도전	문 산 수도전
색도	5이하	도	0	0	0	망간	0.3이하	mg/l	0.02	0.03	0.03
탁도	2이하	도	0.55	0.57	0.42	수은	불검출	mg/l	ND	ND	ND
냄새	무취	-	무취	무취	무취	아연	0.1이하	mg/l	ND	ND	0.03
맛	무미	-	무미	무미	무미	나트륨	-	mg/l	1.42	1.63	1.80
중방잔류물	500이하	mg/l	157	157	150	칼슘	-	mg/l	19.9	8.1	18.8
pH	5.8~8.5	-	6.81	6.73	6.91	칼륨	-	mg/l	0.92	1.03	0.98
경도	300이하	mg/l	61	72	68	규소	-	mg/l	2.25	2.27	2.28
NH ₃ -N	0.5이하	mg/l	1.14	1.19	1.37	마그네슘	-	mg/l	3.50	3.50	3.60
NO ₃ -N	10이하	mg/l	1.68	1.66	1.74	알루미늄	0.2이하	mg/l	0.16	0.13	0.06
염소이온	150이하	mg/l	26.72	26.19	26.15	트리클로로에탄	0.1이하	mg/l	ND	ND	ND
시안	불검출	mg/l	ND	ND	ND	PCE	0.03이하	mg/l	ND	ND	ND
불소	1이하	mg/l	0.25	0.22	0.25	TCE	0.01이하	mg/l	ND	ND	ND
황산이온	200이하	mg/l	35.88	31.78	35.21	페놀	0.005이하	mg/l	ND	ND	ND
KMnO ₄ 소비량	10이하	mg/l	6.0	3.9	4.1	총트리할로메탄	0.1이하	mg/l	ND	ND	ND
잔류염소(*)	0.2이상	mg/l	0.4	0.2	0.3	일반세균	100이하	CFU/ml	ND	ND	ND
비소	0.05이하	mg/l	ND	ND	ND	대장균군	불검출	/	음성	음성	음성
카드뮴	0.01이하	mg/l	ND	ND	ND		50ml				
6가크롬	0.05이하	mg/l	ND	ND	ND	벤젠	0.01이하	mg/l	ND	ND	ND
구리	1이하	mg/l	ND	ND	ND	톨루엔	0.7이하	mg/l	ND	ND	ND
철	0.3이하	mg/l	ND	0.02	ND	에틸벤젠	0.3이하	mg/l	ND	ND	ND
납	0.05이하	mg/l	ND	ND	ND	크실렌	0.5이하	mg/l	ND	ND	ND
셀레늄	0.01이하	mg/l	ND	ND	ND	메틸클로라이드	-	mg/l	ND	ND	ND

(*) 잔류염소농도는 상수도 시설기준상의 최소 한계치를 나타냄.

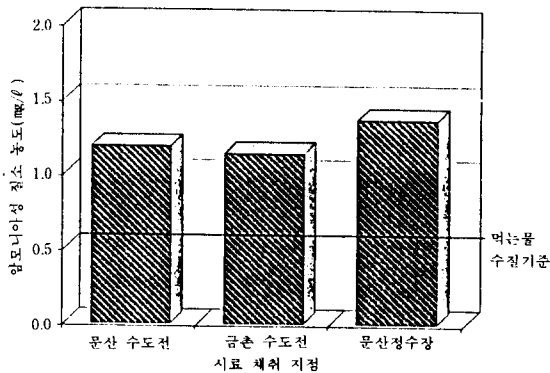


그림 2. 수돗물 중의 암모니아성 질소농도

암모니아성 질소 농도가 높은 원인은 수계 내에 산재해 있는 소규모 축사에서 배출되는 축산폐수 및 분뇨가 처리시설의 미비에 따라 취수원으로 유입되었기 때문인 것으로 판단된다.

3.2 공장 방류수

임진강 수계에 위치하고 있는 공장들은 대부분이 영세한 염색 및 피혁공장들로써 난분해성 염료물질들의 배출 정도 및 하천 오염여

부를 파악하기 위해서 방류수에 대한 수질분석을 실시하였다. 이 중에서 피혁공장은 자체 폐수처리시설을 갖추고 있었으며 염색업체는 대행업체에 의뢰하여 처리하고 있었다. 분석결과 염색업체의 방류수에서 BOD농도가 235 mg/ℓ, SS는 140mg/ℓ를 나타내어 이 업체가 적용되는 “가”지역의 오염물질 배출허용기준인 BOD와 SS 각각 100mg/ℓ를 훨씬 초과하는 것으로 나타났다⁶⁾.

또한 피혁공장의 경우 총질소 및 암모니아성 질소의 농도가 각각 444mg/ℓ와 396mg/ℓ로 매우 높게 나타났는데 이는 질산, 인산 등의 영양염류의 농도가 낮아 생물학적으로 처리하는 과정에서 과도한 영양제가 주입되어 질소성분이 과잉으로 검출된 것으로 판단되며 이 폐수가 하천으로 방류될 경우 부영양화를 초래할 수 있으리라 우려된다⁷⁾.

한편 돌연변이원성, 기형원성 및 암을 유발하는 발암물질로 알려져 있는 VOCs계열 즉 휘발성 유기물질은 피혁공장에서는 검출되지 않았으나 염색공장에서는 Trichloroethylene이 0.0282mg/ℓ를 나타내었고 Tetrachloroethylene도 0.0186mg/ℓ가 검출되었다.

3.3 하천수

수계내 11개 지점을 채수지점으로 선정하여 수질분석결과 COD는 문산천 부근의 임월교에서 '94년 평균치인 9.4mg/ℓ보다 높은 13.0mg/ℓ로 나타났고 신천 부근에서는 훨씬 높은 31.5mg/ℓ를 기록하여 심각한 오염상태를 나타내고 있다. 이 수질은 환경기준상에 분류되어 있는 공업용수의 기준에도 훨씬 못 미치는 것으로 나타났다.

표 4. 방류수 수질 분석 결과

시험항목	단위	“나” 지역 기준	K피혁	“가” 지역 기준	S 염색	시험항목	단위	“나” 지역 기준	K피혁	“가” 지역 기준	S염색
pH		5.8-8.6	7.66	5.8-8.6	9.45	크롬	mg/ℓ	2이하	ND	2이하	ND
COD	mg/ℓ	150이하	80.2	100이하	89.7	아연	mg/ℓ	5이하	0.02	5이하	0.03
BOD	mg/ℓ	150이하	95.0	100이하	235.0	구리	mg/ℓ	3이하	ND	3이하	0.04
시안	mg/ℓ	1이하	ND	1이하	ND	카드뮴	mg/ℓ	0.1이하	ND	0.1이하	ND
NH ₃ -N	mg/ℓ	-	396.3	-	2.53	납	mg/ℓ	1이하	ND	1이하	ND
페놀	mg/ℓ	3이하	ND	3이하	0.31	철	mg/ℓ	10이하	0.58	10이하	0.98
총질소	mg/ℓ	60이하	444.0	60이하	10.7	망간	mg/ℓ	10이하	3.06	10이하	0.02
총인	mg/ℓ	8이하	0.19	8이하	0.77	알루미늄	mg/ℓ	-	0.10	-	17.25
부유물질	mg/ℓ	150이하	23.7	100이하	140.3	PCE	mg/ℓ	0.3이하	ND	0.3이하	0.0282
색도	도	400이하	88.67	300이하	217.87	TCE	mg/ℓ	0.1이하	ND	0.1이하	0.0186
ABS	mg/ℓ	5이하	ND	5이하	1.3	비소	mg/ℓ	0.5이하	ND	0.5이하	ND
수은	mg/ℓ	0.005	ND	0.005	ND	n-Hexane	mg/ℓ	5이하	ND	5이하	1.0
셀레늄	mg/ℓ	-	ND	-	ND	추출물질					

1) 총질소 및 총인은 환경부장관이 고시하는 호소 등 지역에 대하여 1996년 1월 1일부터 적용한다.

2) 철 및 망간은 용해성 함유량임.

3) n-Hexane 추출물질은 광유류 기준임.

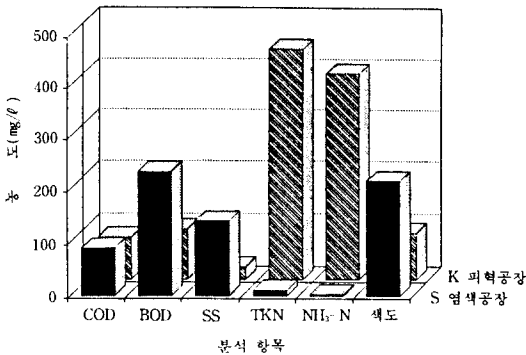


그림 3. 공장 방류수 중의 오염물질 농도

이와 같이 COD 및 BOD농도가 높게 나타난 원인은 임진강 수계내의 800여 공장들 대부분이 신천주변에 위치하고 있기 때문으로 판단되며 하수종말처리장의 미비로 인하여 축산폐수 및 생활하수가 처리되지 않고 방류되기 때문에 오염이 더욱 가중되는 것으로 판단된다.

임진강 수계내의 지류중에서 가장 오염이 심각한 신천의 BOD 및 COD농도를 살펴 보면 BOD는 25.5~35.0mg/l, COD는 38.6~43.6mg/l를 나타내어 그 오염이 심각함을 알 수 있다. 따라서 임진강의 오염을 방지하기 위해서는 신천의 정화노력이 필요하며 근본적인 오염배출원인 각 공장들을 관련 업종별로 공동화하여 폐수처리시설을 설치하고 하수종말처리장을 시급히 확충하여야 할 것으로 판단된다.

한편 분뇨의 유입을 간접적으로 판단할 수 있는 대장균군수는 신천하류 및 한탄강 관광유원지에서 16,000/50ml가 검출되었는데 이는 하수처리시설의 용량이 절대적으로 부족하여 나타난 결과로 판단된다.

인산염은 화이트교에서는 검출되지 않았으나 하류로 내려오면서 지천과 합류됨에 따라

농도가 증가하는 것을 알 수 있었으며 총인 역시 인산염과 유사한 양상을 나타내었다. 인산염은 인체내에 필요한 영양소이기는 하나 수중에서 부영양화를 유발하는 대표적인 물질로써 인산염이 하천에 유입되는 경로는 강우로 인하여 인산비료가 흘러 들어올 수 있고 분뇨, 동물의 사체 및 공장폐수 등이 유입되면서 수계에 포함될 수도 있다.

극독성물질인 시안은 신천하류와 동광교 부근에서 각각 0.066mg/l와 0.024mg/l를 나타내었는데 이는 수계내의 52개의 금속제조업체와 4개의 석유제조 업체 및 소규모의 도금제조업체들에 의한 영향으로 판단된다.

암모니아성 질소는 동광교 부근이 21.9mg/l를 나타내어 오염물질이 다량으로 유입되고 있음을 알 수 있었으며 특히 한탄강과 신천이 합류되면서 오염이 증가한 것으로 나타났다.

또한 총 질소도 임진강 상류지점인 화이트교와 한탄강 본류를 제외하고는 매우 높은 농도를 나타내어 부영양화 상태가 심각함을 알 수 있었다.

한편 그림 4.~그림 7.은 임진강 수계내 하천에 대하여 일반항목 및 중금속 항목을 측정 한 결과를 나타낸 것이다.

임진강 수계의 일반항목 및 중금속 유해물질을 분석한 결과 다른 하천과 같이 임진강 상류의 수질상태는 매우 양호하였다. 그러나 하류로 내려오면서 지천이 유입되고 본류와 지천 주변의 오염물질이 대량 유입됨으로써 수질이 점차 악화되었다.

3.4 하상 저질 분석 결과

임진강 수계에 유입된 하·폐수가 하천의 저질에 미치는 영향을 파악하기 위하여 신천하

표 5. 하천의 수질 분석 결과

시험항목	단위	신 천 하 류	신 천 동광교	영평천 벨본교	한탄강 본류 (연천군 고문리)	한탄강 + 영평천 (고탄교)	임진강 상류 (화이트교)	한탄강 +신천 (관광 유원지)	한탄강 + 임진강 (틸교)	문산 취수장 (취수원수)	문산 천 임월교	임진강 하류 (자유의 다리)
pH	-	7.50	7.50	7.38	7.75	8.49	7.53	7.53	7.40	7.44	7.34	7.38
COD	mg/l	38.6	35.1	7.5	2.2	5.3	1.4	8.9	4.4	4.5	13.0	4.0
BOD	mg/l	25.5	31.5	2.5	2.2	3.6	1.2	6.4	4.2	2.7	12.4	3.9
PO ₄ -P	mg/l	0.75	1.23	0.12	0.017	0.037	ND	0.26	0.068	0.055	0.71	0.053
시안	mg/l	ND	0.024	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SS	mg/l	19.3	48.0	5.3	2.0	5.3	0.3	8.0	1.7	3.0	30.3	42.0
ABS	mg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
NH ₄ -N	mg/l	19.60	21.90	4.77	0.14	0.28	0.01	7.50	2.24	2.20	4.84	1.84
NO ₂ -N	mg/l	ND	0.12	0.04	0.003	0.016	ND	ND	ND	ND	0.085	ND
NO ₃ -N	mg/l	0.02	0.18	4.46	2.77	2.23	1.68	2.87	2.44	3.05	2.21	3.24
페놀	mg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
납	mg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
비소	mg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
셀레늄	mg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
수은	mg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
크롬	mg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
카드뮴	mg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
아연	mg/l	0.07	0.16	0.02	ND	ND	ND	ND	0.02	ND	ND	ND
철	mg/l	0.98	1.69	0.40	0.07	0.09	ND	0.45	0.15	0.11	0.95	0.73
망간	mg/l	0.42	0.46	0.20	ND	0.01	ND	0.14	0.05	0.03	0.32	0.05
나트륨	mg/l	24.06	23.34	4.20	0.57	0.56	0.21	5.87	2.07	2.35	1.99	2.08
알루미늄	mg/l	0.14	0.62	0.12	ND	0.09	ND	0.08	ND	ND	0.29	0.45
칼슘	mg/l	55.1	52.2	24.9	10.8	12.0	15.7	24.9	18.8	21.5	26.4	19.2
칼륨	mg/l	7.22	8.02	2.23	0.71	1.13	0.44	2.59	1.12	1.14	3.93	1.22
구리	mg/l	0.03	0.07	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
규소	mg/l	4.99	5.97	3.22	2.17	0.45	2.18	2.62	0.40	0.50	3.22	2.66
마그네슘	mg/l	7.6	7.2	3.5	3.1	3.2	3.3	4.25	3.75	3.73	5.26	4.0
T-N	mg/l	40.8	32.0	10.80	3.60	2.82	2.16	10.80	5.76	5.76	11.00	5.28
T-P	mg/l	1.30	2.21	0.17	0.024	0.048	ND	0.29	0.096	0.048	0.82	0.096
n-Hex추출물	mg/l	4.0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
대장균군	/50ml	16000	-	-	-	-	2이하	16000	1300	800	-	2400
D.O.	mg/l	7.2	-	-	-	-	14.3	13.0	13.3	12.6	-	12.7

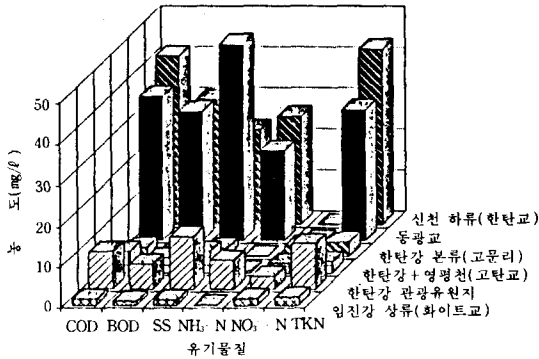


그림 4. 임진강 수계내 하천의 오염농도(1)

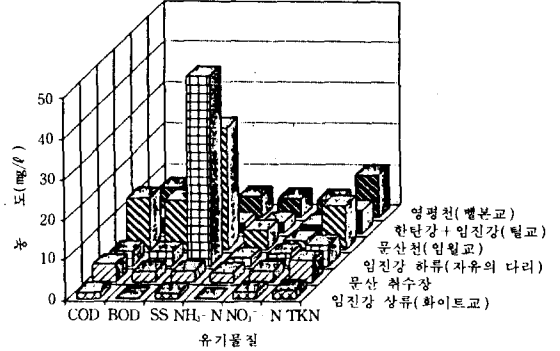


그림 5. 임진강 수계내 하천의 오염농도(2)

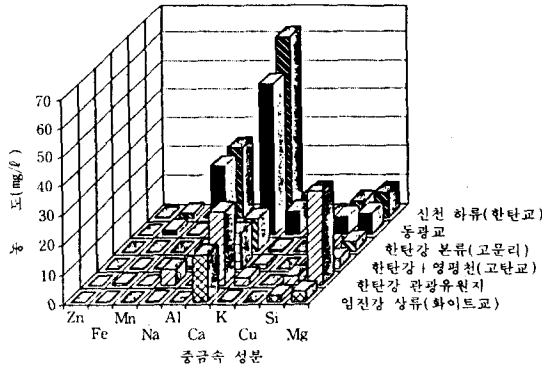


그림 6. 임진강 수계내 하천의 중금속농도(1)

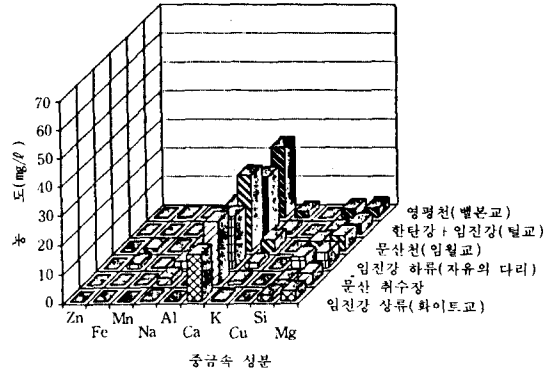


그림 7. 임진강 수계내 하천의 중금속농도(2)

류에 위치한 한탄교 지점과 임진강 자유의 다리 지점에서 하상저니를 채취하여 19개 항목에 대하여 분석을 실시하였다. 하천수 중의 중금속은 수중에서는 용존상태로 존재하고 물리화학적 작용으로 유기물과 결합하여 침전하기 때문에 저니 중의 중금속 농도는 하천수에서 검출되는 중금속 농도보다 높게 나타난다⁸⁾.

또한 하천수가 완전히 정화된 후에도 중금속이 2차 용출되어 장기간에 걸쳐 오염현상이 유지될 수 있기 때문에 매우 중요한 항목이다.

분석결과 유해성이 있는 크롬, 납, 비소, 수은과 셀레늄 등의 물질은 검출되지 않았으나 아연, 철, 알루미늄 등의 중금속은 높은 농도

로 검출되었다.

하천 오염에 따른 하천 저질의 오염은 수서 생태계에 심각한 영향을 미쳐 어류 및 갑각류 등이 사멸될 수 있으므로 이의 개선을 위하여 하상준설 작업이 시급히 실시되어야 할 것으로 판단된다.

IV. 임진강 수질개선 대책

임진강 수계의 수질오염원인을 조사한 결과 임진강 수계내의 오염확산을 방지하고 하천수질을 정화하여야 하며 이를 위하여 다음과 같은 수질개선대책이 필요할 것으로 판단된다.

표 6. 하상 저질 분석 결과

시험항목	단위	신천 한탄교 저니	자유의 다리
수소이온농도(pH)	-	6.81	7.23
건조감량	%	6.35	27.13
강열감량	%	0.89	2.46
구리(Cu)	mg/kg	9.50	12.68
아연(Zn)	mg/kg	32.30	37.39
카드뮴(Cd)	mg/kg	0.01	0.16
철(Fe)	mg/kg	4589.81	12808.00
망간(Mn)	mg/kg	46.82	234.75
알루미늄(Al)	mg/kg	2463.48	8801.13
나트륨(Na)	mg/kg	4.78	18.20
마그네슘(Mg)	mg/kg	992.94	3527.64
칼륨(K)	mg/kg	261.95	901.36
칼슘(Ca)	mg/kg	635.00	1530.05
규소(Si)	mg/kg	131.99	320.90
비소(As)	mg/kg	ND	ND
크롬(Cr)	mg/kg	ND	ND
수은(Hg)	mg/kg	ND	ND
납(Pb)	mg/kg	ND	ND
셀레늄(Se)	mg/kg	ND	ND

1) 오염된 하천의 하상정비 및 준설 작업이 시급히 시행되어야 한다.

2) 도시하수처리장 및 위생처리장의 건설이 필요하다.

3) 공장폐수의 효율적인 처리를 위하여 수계내에 산재해 있는 상당수의 비등록 영세업체들을 양성화하여 이들을 포함한 관련업종의 공동화 단지 조성을 조속히 실시하고 이를 위한 공단조성자금을 책정, 활성화시키는 방안을 강구해야 한다. 또한 공동화단지를 조성한 후 공동처리장을 운영함에 있어서도 장기적이고 주기적으로 배출지도 및 단속을 강화하여 무단 방류로 인한 수계의 오염을 방지하여야 할 것이다.

4) 갈수시의 공단내 공업용수 사용을 원활하게 유지함과 동시에 수자원확보 차원에서 공동화 단지내에 빗물펌프장 등 우수포집시설을 설치하여야 한다. 또한 갈수시 하천 유량의 감소에 따른 오염부하를 줄이기 위하여 근본적인 갈수대책을 마련하여야 하며 제한급수 등의 방법을 적용하여 지역 주민들의 자발적인 참여를 유도하여야 할 것으로 판단된다.

5) 현행 수계내 축산폐수 방지시설 설치대상의 범위인 돼지 1,000마리 이상 및 소 100두 이상의 내용을 보다 강화하여야 한다. 즉 수계내의 각 축산농가 현황을 정확히 파악하여 가장 효과적으로 적용될 수 있는 기준을 제정하는 것이 바람직하다. 또한 축산폐수 공동처리장을 영농개선정책의 일환으로 포함시켜 운영하거나 영세축산농가에 대하여 간이 정화시설 기준 설정 및 기술지도, 자금대출 등을 주기적으로 행하여 축산폐수로 인한 오염을 줄일 수 있는 방안이 검토되어야 한다.

6) 수질분석 결과 임진강 수계내의 정수장에서 암모니아성 질소가 다량 검출되었으며 암모니아성 질소의 효과적인 제거를 위하여 생물활성탄 흡착기술과 같은 고도정수처리시설을 도입하는 것이 필요하다.

7) 현행 수질측정망에 따른 수원 등급 분류는 현실성이 없으므로 주기적이고 정확한 측정을 실시하여 수원등급에 대한 전반적인 수정작업을 행하여 그에 적합한 관리가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

V. 결 론

임진강 수계의 수질오염조사 및 수질개선방안에 관한 연구를 수행한 결과 다음과 같은 결

론을 도출하였다.

1) 수계내의 오염을 유발하는 원인으로는 폐수배출업소의 광범위한 분포, 적정처리의 미흡, 축산 농가의 축산폐수 배출, 지역내 하수처리시설의 미흡 등을 들 수 있다.

2) 수계내 수돗물은 대체적으로 양호하였으나 이취미의 원인이 되는 암모니아성 질소의 농도가 먹는물 수질 기준치보다 2배 이상 높아 이의 처리를 위한 적정 염소의 투입이나 생물활성탄 흡착 등을 이용한 고도정수처리의 설비가 필요할 것으로 판단된다.

3) 염색 및 피혁공장의 방류수를 분석한 결과 염색공장의 pH가 기준치를 초과하였으며 BOD도 235mg/ℓ를 나타내어 기준치인 100mg/ℓ를 훨씬 초과한 것으로 나타났다. 또한 휘발성 유기화합물질인 Trichloroethylene과 Tetrachloroethylene은 각각 0.0282mg/ℓ와 0.0186mg/ℓ가 검출되었다.

반면 피혁공장의 경우는 총 질소 및 암모니아성 질소의 농도가 높게 나타났는데 이는 피혁공장에서 자체 자동중인 처리시설에서 피혁폐수에 부족한 질소, 인 등의 영양소를 투여하는 과정에서 과잉으로 투입됨으로서 높게 나타난 것으로 판단되었다.

4) 하천의 경우 임진강 상류인 화이트교는 전 항목에 걸쳐 양호한 수질을 나타내었으며 납, 비소, 수은, 카드뮴, 크롬 등 인체에 악영향을 미치는 유해 중금속과 페놀성분은 전 지역에 걸쳐 검출되지 않았다. 그러나 신천 하류 및 동광교는 BOD 및 COD, 암모니아성 질소 농도가 높게 검출되었으며 특히 시안이 검출됨으로써 심각한 수질오염 상태를 나타냈다. 또한 대장균군은 신천 하류 및 신천과 한탄

강이 합류된 지점에서 16,000/50mℓ 이상을 나타내었다.

5) 하상 저니를 분석한 결과 납, 크롬, 비소, 수은 등의 유해 중금속은 전혀 검출되지 않았으나 아연, 구리, 철, 망간 등은 전국 하천 평균치보다 높게 검출되었다.

6) 임진강 수질을 개선하기 위해서는 하상 정비 및 준설 작업, 도시하수처리장 및 위생처리장의 건설이 시급하다.

7) 관련 업종의 공동화 단지를 조성하여 공장폐수 종말처리장을 건설하여야 한다.

8) 현행 수계내 축산폐수 방지시설 설치대상의 범위를 강화하여야 한다. 또한 축산폐수 공동처리장을 운영하거나 간이 정화시설 기준 설정 및 기술지도, 자금대출 등을 검토하여야 한다.

참 고 문 헌

1. 환경처 통계자료, 환경처, 1994.
2. 음용수 수질검사법, 환경처, 1994.
3. 수질오염공정시험방법, 동화기술, 1994.
4. Standard Method for Examination of Water and Wastewater(18th edition), APHA, AWWA, WEF, Washington, D. C., 1992.
5. 이보영, 정용, 수도물 중 잔류알루미늄에 관한 조사연구, 한국수질보전학회지, 1992.
6. 환경관계법규, 국제환경문제연구소, 1994.
7. 이수구, 생물학적 폐수처리에 미치는 미생물 영양제의 효과, 첨단 환경기술, 1993.
8. 대도시주변 하천수계의 수질환경과 육수생물학적 연구, 한국과학재단, 1993.