

부산의 주요하천 오염도 추이 변화 연구

환경조사과

정현철·김광수·김도훈·곽진·김도순·김현실·홍정혜·김성림

Study on the Change of Pollution of Rivers in Busan

Environmental Research Division

Hyun-Chel Jeong, Kwang-Soo Kim, Do-Hoon Kim, Jin Kwak,
Do-Soon Kim, Hyun-Sil Kim, Jung-Hye Hong and Seong-Nim Kim

Abstract

The river pollution was investigated for last 10 years(1991~2000) at several rivers in Busan. BOD and COD decreased by 10~39% and 15~49%, respectively for 10 years.

But nutrient increased by 67~228% in T-N and 95~257% in T-P.

According to the above result, the effort for decreasing nutrient in river is needed.

Key words : river pollution, BOD, COD, T-N, T-P

서론

1960년대부터 시작된 우리나라의 경제개발정책은 공업단지를 갖춘 인구밀집구조의 도시를 형성시켰다. 인구증가와 산업구조의 발전에 따른 거대도시화에 의하여 환경이 오염되고 생태계가 파괴되어 왔으며, 산업이

고도화되고 생활수준이 향상됨에 따라 각종 오염물질이 인간의 생활환경과 자연환경에 지대한 영향을 미치고 있다. 일례로 각종 환경호르몬 물질의 영향이 그 예이다.

따라서 환경보전을 위한 환경기초시설이 건설되어 운용되고 있으며, 특히 생활하수의 처리를 위한 하수처리장의 건설 및 하수

차집판로의 확장 등으로 도시관류하천의 오염도는 점차 개선되어가고 있다.

부산의 경우 1988년에 수영하수처리장(1단계)이 준공되었으며, 이어 1990년에 장림하수처리장이, 1996년에는 남부하수처리장과 해운대하수처리장이, 1998년에는 수영하수처리장(2단계)이 증설되어 운영되고 있으며 계속적으로 하수처리장을 건설해 나갈 계획이다. 그러므로 본 연구는 부산의 대표적인 도시관류하천인 수영강, 온천천, 동천, 춘천, 우동천 등 5개 하천에 대해 10년간의 오염도 변화 추이를 조사 연구하여 그 변화의 원인을 재조명하고 각종 시책 추진의 성과를 규명하며 나아가 앞으로의 하천정화대책 추진에 있어서 도움을 주고자 하였다.

연구방법

부산의 하천은 국가하천인 낙동강과 수영강을 비롯한 44개소의 지방2급하천(준용하천)이 있으며, 그 중에서 대표적인 도시관류하천인 수영강, 온천천, 동천, 춘천, 우동천 등 5개 하천에 대한 10년간의 오염도 변화 추이를 조사 연구하였다.

1. 수질 조사 지점

수질조사지점은 Fig. 1에 나타내었으며, 하천의 수질을 대표할 수 있는 하류의 지점을 선정하였고 하천의 연장과 크기에 따라 조사지점 수를 증가시켰다. 수영강은 상·

중·하류에 각각 1개 지점을 선정하여 총 3개 지점을, 온천천은 중·하류에 각각 1개 지점을 선정하여 총 2개 지점을, 동천은 상·중·하류에 각각 1개 지점을 선정하여 총 3개 지점을, 춘천은 하류에 1개 지점을, 우동천은 중류에 1개 지점을 선정하였다.

2. 수질 조사 항목 및 분석 방법

하천 수질의 조사 항목으로는 수온, pH, DO, BOD, COD, SS, 대장균군수, 총질소, 총인, 음이온계면활성제 등 10개 항목을 조사하였으며, 분석방법으로는 수질오염공정시험방법으로 분석하였다. 수온과 pH, DO, SS는 하천수의 물리적 상태를 나타내며, BOD와 COD는 물속의 유기물질량을, 대장균군수와 음이온계면활성제는 생활하수 오염원의 비중을 가늠할 수 있으며, 총질소와 총인은 물속의 영양염류량을 평가할 수 있다.

3. 수질 조사 시점 및 기간

분석 시료는 하천의 표층수를 채취하였으며 시료채취 시기는 가능한한 수질이 안정되고 대표적인 상태라고 판단될 때 채수하여 분석하고자 1개월이라는 일정한 기간을 두고 같은 시간에 주기적으로 채수하여 오염도를 1991년부터 2000년까지 10년간 조사하였다.

결 과

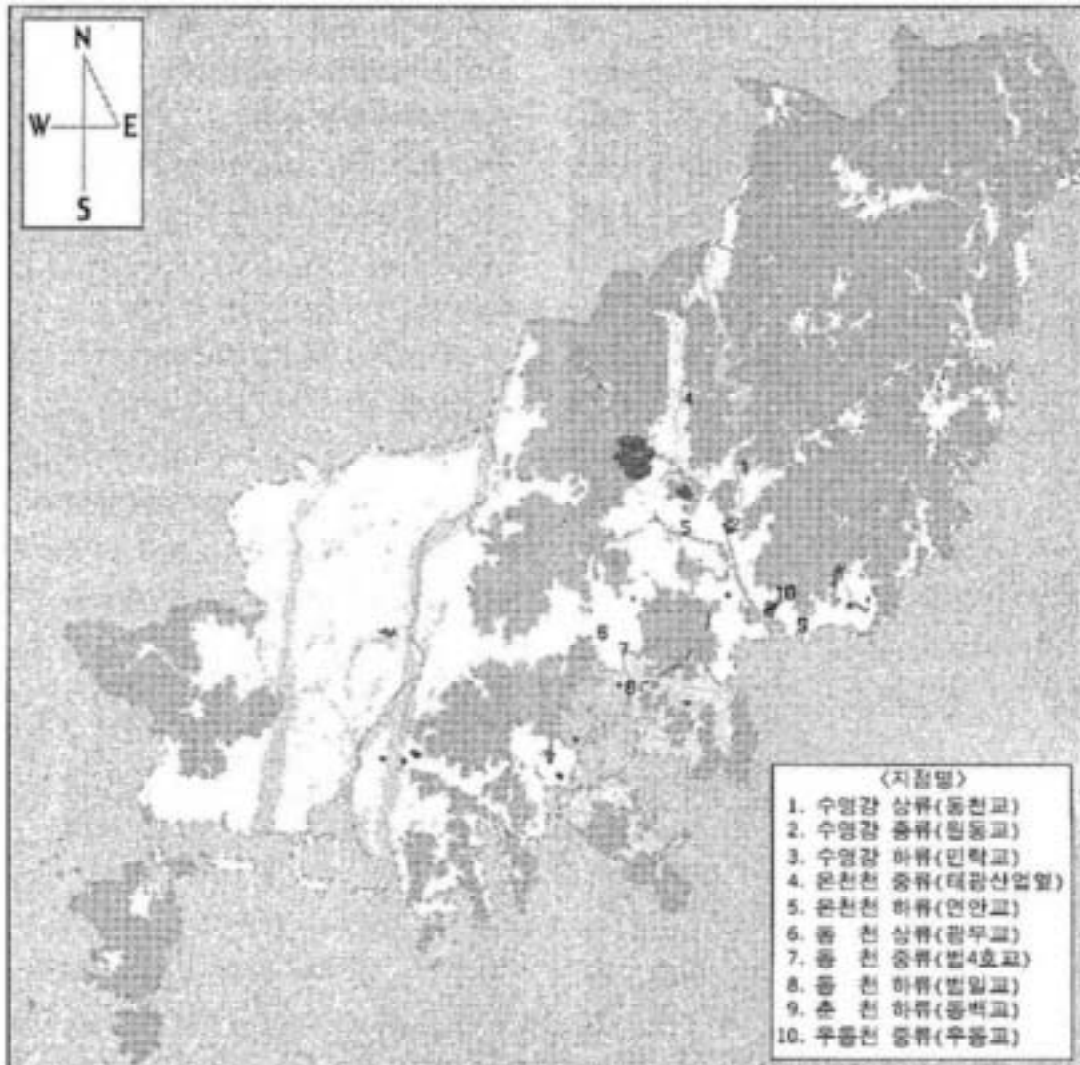


Fig. 1. Map of the Research Site on Rivers in Busan.

과 하천의 1991년부터 2000년까지 10년간의 오염도 변화 추이는 다음과 같았다.

1. 수영강

수영강은 상·중·하류에 각각 1개 지점을 선정하여 총 3개 지점에서 오염도를 조

사하였으며, 상류지점은 부산시 해운대구 석대동에 위치한 동천교를, 중류지점은 부산시 동래구 안락동에 위치한 원동교를, 하류지점은 부산시 수영구 수영동에 위치한 민락교를 말한다.

(1) 상류(동천교)

오염도 자료는 Table 1에 나타내었다.

수온은 17~20℃로 18℃가 5회로 가장 많았고, 1994년에 20℃로 가장 높았다. 이것은 부산지역의 연도별 일평균 기온 최고치가 1994년에 30.3℃로 10년간 중에서 가장 높았기 때문으로 판단되었다.

pH는 5.5~7.7로 1992년에 가장 낮았고 점차 증가하여 2000년에는 pH가 7.7까지 상승하였다. 1992년의 pH 5.5는 상류에 있는 금사공단에서 산성의 공장폐수를 방류하여 오염시켰기 때문이며, 점차 수질이 개선되고, 이끼류의 번식과 DO의 상승으로 pH가 7.7까지 상승하였다.

DO는 1.7~8.5mg/ℓ로 1994년에 가장 낮았고, 1998년부터는 크게 개선되어 7.9~8.5

mg/ℓ를 유지하였다. 1994년에 DO가 가장 낮은 것은 다른 연도보다 수온이 가장 높았고, 또한 오염도도 높았기 때문이었다. 1998년부터 DO가 크게 높아진 것은 1998년 4월에 준공한 수영하수처리장(2단계)으로 각종 오염물질이 유입된 결과이었다.

BOD는 17.0~196.4mg/ℓ로 1992년에 가장 높았고, 1998년부터는 크게 개선되어 17.0~20.0mg/ℓ정도를 유지하였다. 1992년에 BOD가 196.4mg/ℓ로 가장 높았으며, 1993년에는 개선되어 BOD가 76.4mg/ℓ나타났었다. 그러나, 1997년까지의 BOD는 100~150mg/ℓ정도를 유지하였다.

COD는 18.1~70.5mg/ℓ로 1991년에 가장 높았고, 1998년부터는 크게 개선되어 18.1~18.4mg/ℓ정도를 유지하였다. 1993년에

Table 1. The change of pollution on upstream of Suyeong river(1991~2000)

(Unit : mg/ℓ)

연도	수온	pH	DO	BOD	COD	SS	대장균군수	T-N	T-P	ABS
1991년	18	7.5	2.4	145.3	70.5	70.4	8.3×10 ⁶	8.676	0.784	1.1
1992년	17	5.5	3.4	196.4	70.0	62.1	1.6×10 ⁶	10.779	1.282	0.7
1993년	17	6.8	2.3	76.4	39.6	58.0	3.5×10 ⁵	20.361	1.069	1.1
1994년	20	7.2	1.7	124.8	62.1	86.4	2.7×10 ⁶	25.188	1.356	1.3
1995년	17	7.3	2.1	144.4	65.5	89.8	2.5×10 ⁷	30.125	2.100	2.4
1996년	18	7.3	1.9	92.6	60.4	57.3	8.2×10 ⁶	27.251	2.626	3.9
1997년	18	7.1	3.3	99.6	48.4	55.5	3.8×10 ⁵	18.727	1.882	5.6
1998년	18	7.3	8.5	20.0	18.1	25.6	1.6×10 ⁵	10.258	0.527	0.7
1999년	19	7.6	8.2	18.4	18.4	22.5	1.1×10 ⁵	18.312	0.976	0.6
2000년	18	7.7	7.9	17.0	18.1	21.8	1.3×10 ⁶	19.804	1.247	0.5

(단, 수온은 ℃, 대장균군수는 MPN/100ml)

COD가 39.6mg/ℓ를 제외하고는 1997년까지의 COD는 50~70mg/ℓ정도를 유지하였다.

SS는 21.8~89.8mg/ℓ로 1995년에 가장 높았고, 1998년부터는 크게 개선되어 21.8~25.6mg/ℓ정도를 유지하였다. 1997년까지의 SS는 60~90mg/ℓ정도를 유지하였다.

대장균균수는 $1.1 \times 10^5 \sim 2.5 \times 10^7$ MPN / 100ml로 1995년에 가장 높았고, 1999년에 가장 낮았으나, 그 변화폭은 적었고, 하수처리장 운영에 따른 감소 효과도 적었다.

총질소는 8.676~30.125mg/ℓ로 1995년에 가장 높았고, 1991년에 가장 낮았으나, 대체로 10~30mg/ℓ정도로 1998년의 수영하수처리장 운영에 따른 감소 효과가 차츰 적어져 2000년에는 19.804mg/ℓ까지 높아졌다.

총인은 0.527~2.626mg/ℓ로 1996년에 가

장 높았고, 1991년에 가장 낮았으나, 대체로 1~2mg/ℓ정도로 1998년의 수영하수처리장 운영에 따른 감소 효과가 차츰 적어져 2000년에는 1.247mg/ℓ까지 높아졌다.

ABS는 0.5~5.6mg/ℓ로 1997년에 가장 높았고, 2000년에 가장 낮았다. 1998년에 수영하수처리장 운영으로 오염도가 크게 감소하였고, 또한, 세제의 분해능이 증가되어 점차 감소추세를 나타내었다.

(2) 중류(원동교)

오염도 자료는 Table 2에 나타내었다.

수온은 16~19℃로 1994년에 19℃로 가장 높았고, 연평균 수온은 17~18℃이었다.

pH는 7.0~7.5로 상류의 pH 영향이 중류

Table 2. The change of pollution on mid-stream of Suyeong river(1991~2000)

(Unit : mg/ℓ)

연도	수온	pH	DO	BOD	COD	SS	대장균균수	T-N	T-P	ABS
1991년	17	7.5	0.9	42.0	23.7	42.8	5.9×10^6	7.847	0.299	0.5
1992년	17	7.4	1.7	55.5	36.3	40.0	2.6×10^7	8.033	0.626	0.3
1993년	17	7.0	1.5	32.6	17.0	27.5	2.6×10^6	15.674	0.814	0.6
1994년	19	7.2	0.7	44.1	27.9	48.4	2.6×10^6	15.612	0.611	0.7
1995년	16	7.4	1.1	23.7	18.5	44.8	9.8×10^6	15.141	1.032	0.5
1996년	17	7.2	1.2	37.6	18.5	62.4	1.1×10^6	18.787	1.523	1.8
1997년	18	7.3	1.9	33.6	18.6	35.9	8.0×10^5	15.941	1.449	1.1
1998년	18	7.5	5.9	19.7	12.5	26.9	2.3×10^5	10.171	0.777	0.8
1999년	18	7.3	4.3	8.3	8.5	12.3	5.1×10^4	9.154	0.655	0.3
2000년	18	7.4	4.6	6.0	7.8	12.2	7.5×10^4	8.795	0.554	0.1

[단, 수온은 ℃, 대장균균수는 MPN/100ml]

에 와서는 없어졌다.

DO는 0.7~5.9mg/ℓ로 1997년까지는 2.0 mg/ℓ이하로 용존산소량이 절대적으로 부족하였다. 이것은 상류로부터의 오염물질이 물속의 용존산소를 고갈시켰기 때문이었다. 수영하수처리장이 건설된 1998년부터는 4.3~5.9로 상대가 좋아졌다. BOD는 6.0~55.5 mg/ℓ로 1992년에 가장 높았고, 1998년부터는 크게 개선되어 19.7~6.0mg/ℓ정도를 유지하였고, 계속해서 개선되고 있었다.

COD는 7.8~36.3mg/ℓ로 1992년에 가장 높았고, 1998년부터는 다소 개선되어 7.8~12.5mg/ℓ정도를 유지하였고 계속해서 개선되고 있는 추세이다.

SS는 12.2~62.4mg/ℓ로 1996년에 가장 높았고, 점차 개선되어 1999년부터 12mg/ℓ정도를 유지하였다.

대장균군수는 $5.1 \times 10^4 \sim 2.6 \times 10^7$ MPN/100ml로 1992년에 가장 높았고, 1999년부터는 10^4 MPN/100ml정도를 유지하였다. 총질소는 7.847~18.787mg/ℓ로 1991년에 가장 낮았고, 점차 증가하여 1996년에 가장 높았고 다시 감소하여 2000년에는 9mg/ℓ정도를 나타내었다.

총인은 0.299~1.523mg/ℓ로 1991년에 가장 낮았고, 점차 증가하여 1996년에 가장 높았고 다시 감소하여 2000년에는 0.6mg/ℓ정도를 나타내었다.

ABS는 0.1~1.8mg/ℓ로 1996년에 가장 높았고, 2000년에 가장 낮았다. 1999년부터 세계의 오염도는 점차 감소추세를 나타내었다.

(3) 하류(민락교)

Table 3. The change of pollution on down-stream of Suyeong river(1991~2000)

(Unit : mg/ℓ)

연도	수온	pH	DO	BOD	COD	SS	대장균군수	T-N	T-P	ABS
1991년	16	7.7	1.4	16.2	10.2	12.0	5.9×10^6	7.894	0.300	0.1
1992년	16	7.5	1.8	18.1	8.7	13.2	8.1×10^6	6.438	0.379	0.1
1993년	16	7.0	2.3	13.5	9.5	16.7	1.1×10^6	12.008	0.581	0.1
1994년	19	7.2	1.5	13.8	11.0	16.8	1.1×10^6	9.621	0.560	0.3
1995년	16	7.3	1.7	12.7	8.9	30.3	4.3×10^6	11.818	0.673	0.2
1996년	18	7.3	1.5	12.4	11.5	36.4	3.7×10^6	11.822	0.750	0.6
1997년	18	7.2	1.8	15.5	10.2	27.7	6.7×10^6	10.648	0.907	0.7
1998년	18	7.4	5.8	7.3	6.9	11.4	1.9×10^5	9.051	0.654	0.6
1999년	19	7.3	6.0	4.9	5.1	6.5	6.8×10^4	9.227	0.673	0.3
2000년	18	7.5	6.9	3.4	4.8	6.7	2.1×10^4	7.069	0.495	0.0

(단, 수온은 ℃, 대장균군수는 MPN/100ml)

오염도 자료는 Table 3에 나타내었다.

수온은 16~19℃로 1996년 이후로는 연평균 수온이 18~19℃이었다.

pH는 7.0~7.7로 1998년부터는 상류의 수질이 개선되고 바닷물의 영향이 커져 pH는 점차 상승하였다.

DO는 1.4~6.9mg/ℓ로 1998년을 기점으로 크게 개선되어 6~7mg/ℓ정도를 유지하였다.

BOD는 3.4~18.1mg/ℓ로 1992년에 가장 높았고, 1998년부터는 크게 개선되어 3~7mg/ℓ정도를 유지하였고, 계속해서 개선되고 있었다.

COD는 4.8~11.5mg/ℓ로 1996년에 가장 높았고, 1998년부터는 다소 개선되어 5~7mg/ℓ정도를 유지하였고 계속해서 개선되고 있는 추세이었다.

SS는 6.5~36.4mg/ℓ로 1996년에 가장 높았고, 점차 개선되어 1999년부터 7mg/ℓ정도를 유지하였다.

대장균군수는 $2.1 \times 10^4 \sim 8.1 \times 10^6$ MPN/100ml로 1992년에 가장 높았고, 1999년부터는 104MPN/100, 정도를 유지하였다. 총질소는 6.438~12.008mg/ℓ로 1996년부터는 점차 감소추세를 보여 조금씩 낮아지고 있었다.

총인은 0.300~0.907mg/ℓ로 1991년에 가장 낮았고, 점차 증가하여 1997년에 가장 높았고 다시 감소하여 2000년에는 0.5mg/ℓ정도를 나타내었다.

ABS는 0.0~0.7mg/ℓ로 1996년에 가장 높았고, 2000년에 가장 낮았다. 1999년부터 세계의 오염도는 점차 감소추세를 나타내

었다.

따라서, 수영강에 있어서 수질개선은 1998년을 기점으로 상당히 이루어졌으며, 이것은 수영하수처리장 2단계 준공으로 하수처리 용량의 증가에 기인한 결과로 추정되어졌다. 또한 상류는 1998년의 오염도로 안정화되어가고 있었고, 중·하류는 1999년에 더욱더 수질이 개선된 뒤 오염도가 안정화되어가고 있었다. 영양염류인 총질소와 총인의 오염도는 크게 개선되지 않았다.

2. 온천천

온천천은 중·하류에 각각 1개 지점을 선정하여 총 2개 지점에서 오염도를 조사하였으며, 중류지점은 부산시 금정구 구서동에 위치한 태광산업(열)지점, 하류지점은 부산시 동래구 낙민동에 위치한 연안교를 말한다.

(1) 중류(태광산업열)

오염도 자료는 Table 4에 나타내었다.

수온은 16~21℃로 1994년의 21℃와 2000년의 16℃를 제외하고는 대체로 18~19℃를 나타내었다. pH는 7.1~8.2로 1993년에 가장 낮았고 1999년부터는 8이상을 나타내었다. 이것은 수영하수처리장(2단계) 건설에 따른 차집관로의 확장으로 직접적인 생활하수의 유입은 줄어들었으나 유량의 감소로 하상에 이끼 및 조류가 번성한 결과로 높은 값을 나타내었다.

DO는 4.3~11.4mg/ℓ로 1994년에 가장 낮았고, 2000년에 가장 높았다. 그것은 1988

Table 4. The change of pollution on mid-stream of Oncheon river(1991~2000)

(Unit : mg/ℓ)

연도	수온	pH	DO	BOD	COD	SS	대장균군수	T-N	T-P	ABS
1991년	19	7.5	5.7	71.1	39.2	46.2	2.2×10^7	12.557	1.475	1.2
1992년	18	7.3	5.9	62.8	28.2	32.8	2.3×10^7	9.478	1.560	0.8
1993년	18	7.1	5.7	39.4	25.2	31.2	2.6×10^6	13.295	1.471	0.8
1994년	21	7.4	4.3	68.4	33.0	44.0	3.3×10^6	20.158	1.234	0.9
1995년	18	7.5	5.2	57.8	32.8	33.8	7.8×10^6	22.610	2.438	1.1
1996년	18	7.3	5.4	50.2	32.3	30.7	2.8×10^6	26.777	2.580	2.0
1997년	19	7.4	5.0	37.3	24.4	29.8	6.1×10^5	18.317	1.926	1.2
1998년	19	7.6	5.7	35.6	23.0	52.9	1.4×10^6	15.388	1.699	0.5
1999년	19	8.2	8.9	33.2	24.8	71.8	1.5×10^6	17.078	1.660	0.8
2000년	16	8.0	11.4	13.6	15.4	10.2	1.0×10^6	11.986	1.592	0.4

[단, 수온은 ℃, 대장균군수는 MPN/100ml]

년까지는 은천장지하철역사까지 차집관로가 설치되었다가 1998년에 다시 구서동지하철역사까지 확장되었고 1999년에는 남산동지하철역사까지 확장되어 유량이 감소하여 정체함으로써 조류가 번식하여 과포화상태를 유발시켰다. BOD는 13.6~71.1mg/ℓ로 1991년에 가장 높았고, 계속해서 감소하여 2000년에는 13.6mg/ℓ를 나타내었는데 특히, 2000년에 수질이 크게 개선되었다. COD는 15.4~39.2mg/ℓ로 1991년에 가장 높았고, 계속해서 감소하여 2000년에는 15.4mg/ℓ를 나타내었는데 특히, 2000년에 수질이 크게 개선되었다. SS는 10.2~71.8mg/ℓ로 1999년에 가장 높았고, 2000년에 가장 낮았다. 1999년에 SS가 높은 것은 주변 하수관거 매설공사로 인해 하상퇴적물 등이 부상한 결과이었고, 따라서 공사가 끝난 2000

년에는 수질이 크게 좋아졌다. 대장균군수는 $1.0 \times 10^6 \sim 2.3 \times 10^7$ MPN/100ml로 1992년에 가장 높았고, 2000년에 가장 낮았으나, 그 변화폭은 적었고, 차집관거 확장 운영에 따른 감소 효과도 적었다.

총질소는 9.478~26.777mg/ℓ로 1996년에 가장 높았고, 1992년에 가장 낮았으나, 대체로 10~20mg/ℓ정도이었으며 2000년에 다소 낮아졌다. 총인은 1.234~2.580mg/ℓ로 1996년에 가장 높았고, 1991년에 가장 낮았으나, 대체로 1.5~2.5mg/ℓ정도로 차집관거 확장 운영에 따른 감소 효과도 적었다.

ABS는 0.4~2.0mg/ℓ로 1996년에 가장 높았고, 2000년에 가장 낮았다.

(2) 하류(연안교)

오염도 자료는 Table 5에 나타내었다.

Table 5. The change of pollution on downstream of Oncheon river(1991~2000)

(Unit : mg/ℓ)

연도	수온	pH	DO	BOD	COD	SS	대장균군수	T-N	T-P	ABS
1991년	18	7.6	1.8	87.1	48.7	49.3	5.6×10^6	12.573	1.282	1.1
1992년	19	7.3	1.7	119.4	41.6	45.1	2.0×10^7	9.059	1.327	0.7
1993년	18	7.1	1.9	44.0	25.8	35.3	2.4×10^6	17.265	1.388	0.7
1994년	20	7.5	1.3	78.7	34.4	108.3	3.5×10^6	21.027	1.240	1.1
1995년	17	7.5	1.8	66.7	34.4	61.7	3.0×10^6	24.866	2.076	1.4
1996년	18	7.3	2.5	94.1	43.9	49.2	2.5×10^6	26.700	2.100	2.7
1997년	19	7.4	2.1	60.9	34.8	43.3	1.2×10^6	21.928	2.141	2.5
1998년	19	7.6	3.3	27.6	19.3	37.9	7.6×10^5	15.799	1.518	0.5
1999년	19	7.7	4.9	25.6	21.5	35.6	3.5×10^5	15.756	1.600	0.6
2000년	18	7.7	8.0	9.0	12.6	11.6	8.5×10^4	8.243	1.211	0.3

(단, 수온은 ℃, 대장균군수는 MPN/100ml)

수온은 17~20℃로 1994년의 20℃와 1995년의 17℃를 제외하고는 대체로 18~19℃를 나타내었다. pH는 7.1~7.7로 1993년에 가장 낮았고 1998년부터는 7.5 이상을 나타내었다. 이것은 상류로부터의 생활하수의 유입량이 적고 수영강을 통해 바닷물의 영향이 직접 전해져 생긴 결과로 추정되어졌다.

DO는 1.3~8.0mg/ℓ로 1994년에 가장 낮았고, 2000년에 가장 높았다. 1997년까지는 2mg/ℓ정도이었으나 1998년에는 3.3mg/ℓ로, 1999년에는 4.9mg/ℓ로, 2000년에는 다시 8.0mg/ℓ까지 증가하였다. 이것은 차집관로 확장과 온천천 정화사업의 효과로 나타났다.

BOD는 9.0~119.4mg/ℓ로 1992년에 가장 높았고, 1997년까지는 60mg/ℓ 이상이었으나 1999년까지는 30mg/ℓ 정도로, 2000년에는 10mg/ℓ로 수질이 크게 개선되었다. COD는

12.6~48.7mg/ℓ로 1991년에 가장 높았고, 계속해서 감소하여 2000년에는 12.6mg/ℓ을 나타내었는데 특히, 2000년에 수질이 크게 개선되었다. SS는 11.6~108.3mg/ℓ로 1994년에 가장 높았고, 2000년에 가장 낮았다. 1994년에 SS가 높은 것은 주변의 아파트 건설 공사로 인한 토사물의 다량 유입에 기인한 결과이었다.

대장균군수는 $8.5 \times 10^4 \sim 2.0 \times 10^7$ MPN/100ml로 1992년에 가장 높았고, 2000년에 가장 낮았고, 차집관거 확장 운영 및 하천 정화사업으로 10^2 배정도 감소했다.

총질소는 8.243~24.866mg/ℓ로 1995년에 가장 높았고, 2000년에 가장 낮았으나, 대체로 20mg/ℓ 이상이었으며 1998년에 16mg/ℓ로, 2000년에 8mg/ℓ로 다소 낮아졌다. 총 인은 1.211~2.141mg/ℓ로 1997년에 가장 높

있고, 2000년에 가장 낮았으나, 차집관거 확장 운영 및 하천정화사업으로 다소 오염도는 감소하였으나 감소 효과도 적었다.

ABS는 0.3~2.7mg/ℓ로 1996년에 가장 높았고, 2000년에 가장 낮았다. 1998년을 기점으로 5배 정도 감소하였다.

따라서 1998년에는 온천천 중류의 수질은 별로 개선되지 않았으나, 2000년에 되어 크게 개선되었고, 온천천 하류의 수질은 1998년에 상당히 개선되었고, 2000년에도 수질은 계속 개선되었다. 영양염류인 총질소는 다소 감소하였으나 총인의 오염도는 크게 개선되지 않았다.

3. 동천

동천은 상·중·하류에 각각 1개 지점을 선정하여 총 3개 지점에서 오염도를 조사하였으며, 상류지점은 부산시 부산진구 범

천동 광무교를, 중류지점은 부산시 부산진구 전포동 범4호교를, 하류지점은 부산시 동구 범일동에 위치한 범일교를 말한다.

(1) 상류(광무교)

오염도 자료는 Table 6에 나타내었다.

수온은 16~18℃로 17℃가 7회로 가장 많은 빈도를 차지했다.

pH는 7.3~7.6으로 수질의 pH는 일정한 수준을 유지하였다.

DO는 2.4~4.2mg/ℓ로 1999년과 2000년에 2.4mg/ℓ로 가장 낮았다. 이것은 상류지역이 복개로 재폭기가 제한되었고, 하상의 오염물질에 의해 용존산소가 소비된 결과로 판단되었다.

BOD는 29.2~94.3mg/ℓ로 1992년에 가장 높았고, 조금씩 감소하고 있으나 아직은 높은 오염도를 나타내고 있었다. COD는 29.5

Table 6. The change of pollution on upstream of Dong river(1991~2000)

(Unit : mg/ℓ)

연도	수온	pH	DO	BOD	COD	SS	대장균군수	T-N	T-P	ABS
1991년	17	7.5	3.5	84.1	42.5	82.9	1.2×10 ⁷	13.060	0.813	1.1
1992년	17	7.3	3.8	94.3	36.7	59.3	2.3×10 ⁷	7.931	0.895	0.7
1993년	17	7.3	4.2	52.0	27.4	54.3	3.7×10 ⁶	14.141	1.220	1.0
1994년	18	7.5	2.9	84.2	38.0	69.5	1.7×10 ⁶	22.481	1.052	1.5
1995년	16	7.6	3.2	60.0	31.3	65.1	5.0×10 ⁶	22.186	1.873	0.6
1996년	17	7.3	3.3	77.7	38.1	251.6	2.7×10 ⁶	26.602	2.502	2.0
1997년	17	7.3	3.0	46.5	26.5	45.6	1.7×10 ⁶	22.900	2.109	2.5
1998년	18	7.5	3.5	48.3	27.2	50.3	3.4×10 ⁶	21.179	1.917	0.9
1999년	17	7.4	2.4	48.8	31.9	52.5	3.3×10 ⁶	26.978	2.327	1.2
2000년	17	7.5	2.4	29.2	29.5	56.3	4.2×10 ⁷	17.694	2.090	1.5

(단, 수온은 ℃, 대장균군수는 MPN/100ml)

~42.5mg/ℓ로 1991년에 가장 높았고, 조금씩 감소하고 있으나 아직은 높은 오염도를 나타내고 있었다. SS는 45.6~251.6mg/ℓ로 1996년에 가장 높았으나, 1996년을 제외하고는 60~80mg/ℓ로 아직 감소하고 있지 않았으며, 1997년부터는 오히려 조금씩 증가하고 있었다.

대장균군수는 $1.7 \times 10^6 \sim 4.2 \times 10^7$ MPN/100mℓ로 2000년에 가장 높았고, 대장균군수는 감소되지 않았다.

총질소는 7.931~26.978mg/ℓ로 1999년에 가장 높았고, 1992년에 가장 낮았으나, 대체로 20mg/ℓ정도이었으며 2000년에 다소 낮아졌다. 총인은 0.813~2.502mg/ℓ로 1996년에 가장 높았고, 1991년에 가장 낮았으나, 대체로 2.0mg/ℓ전후로서 총인의 양은 감소되지 않았다.

ABS는 0.6~2.5mg/ℓ로 1997년에 가장 높았고, 1995년에 가장 낮았다. 1998년 이후 계속 증가하고 있었다.

(2) 중류(범4호교)

오염도 자료는 Table 7에 나타내었다.

수온은 16~18℃로 17℃가 5회로 가장 많은 빈도를 차지했다.

pH는 7.3~7.6으로 수질의 pH는 일정한 수준을 유지하였다.

DO는 2.0~3.3mg/ℓ로 1999년에 가장 낮았다. 이것은 상류로부터의 오염물질 유입과 하상의 오염물질에 의해 용존산소가 소비된 결과로 판단되었다.

BOD는 29.4~106.2mg/ℓ로 1992년에 가장 높았고, 조금씩 감소하고 있으나 아직은 높은 오염도를 나타내고 있었다. COD는 21.3

Table 7. The change of pollution on mid-stream of Dong River(1991~2000)

(Unit : mg/ℓ)

연도	수온	pH	DO	BOD	COD	SS	대장균군수	T-N	T-P	ABS
1991년	16.8	7.5	2.9	85.4	42.1	74.9	1.4×10^7	13.042	0.974	1.2
1992년	18	7.3	2.7	106.2	40.9	64.5	2.0×10^7	8.131	1.045	0.8
1993년	17	7.3	3.3	50.5	26.7	45.7	5.7×10^6	13.400	1.336	1.1
1994년	18	7.5	2.2	75.9	35.1	62.3	1.7×10^6	21.294	1.055	1.2
1995년	16	7.6	3.0	59.5	31.0	62.0	3.0×10^6	22.556	2.030	0.6
1996년	17	7.3	2.8	62.9	34.0	48.2	3.3×10^6	24.558	2.105	1.8
1997년	18	7.3	2.6	48.0	29.0	51.1	1.2×10^6	24.918	2.425	1.2
1998년	18	7.4	2.8	37.0	21.7	30.7	2.8×10^6	16.924	1.695	0.8
1999년	17	7.4	2.0	35.3	24.4	32.0	1.4×10^6	20.802	1.872	1.1
2000년	17	7.3	2.1	26.4	21.3	29.2	4.0×10^6	16.216	1.888	1.5

[단, 수온은 ℃, 대장균군수는 MPN/100mℓ]

~42.1mg/ℓ로 1991년에 가장 높았고, 조금씩 감소하고 있으나 아직은 높은 오염도를 나타내고 있었다. SS는 29.2~74.9mg/ℓ로 1991년에 가장 높았고, 조금씩 감소하고 있으나 아직은 높은 오염도를 나타내고 있었다. 대장균군수는 $1.2 \times 10^6 \sim 4.0 \times 10^8$ MPN/100ml로 2000년에 가장 높았고, 대장균군수는 감소되지 않았다.

총질소는 8.131~24.918mg/ℓ로 1997년에 가장 높았고, 1992년에 가장 낮았으나, 대체로 20mg/ℓ정도이었으며 2000년에 다소 낮아졌다. 총인은 0.974~2.425mg/ℓ로 1997년에 가장 높았고, 1991년에 가장 낮았으나, 대체로 2.0mg/ℓ전후로서 총인의 양은 감소되지 않았다.

ABS는 0.6~1.8mg/ℓ로 1997년에 가장 높았고, 1995년에 가장 낮았다. 1998년 이후

계속 증가하고 있었다.

(3) 하류(범일교)

오염도 자료는 Table 8에 나타내었다.

수온은 16~18℃로 17℃가 5회로 가장 많은 빈도를 차지했다.

pH는 7.2~7.6으로 수질의 pH는 일정한 수준을 유지하였고, 하류의 특성상 해수의 영향으로 pH가 알카리성을 띄어야 하지만 생활하수의 유입량이 많아중성을 유지하는 것으로 판단되었다. DO는 0.9~2.9mg/ℓ로 1999년과 2000년에 가장 낮았다. 이것은 상류로부터의 오염물질 유입과 하상의 오염물질에 의해 용존산소가 소비된 결과로 판단되었다.

BOD는 18.8~75.7mg/ℓ로 1992년에 가장 높았고, 조금씩 감소하고 있으나 아직은 높은

Table 8. The change of pollution on downstream of Dong river(1991~2000)

(Unit : mg/ℓ)

연도	수온	pH	DO	BOD	COD	SS	대장균군수	T-N	T-P	ABS
1991년	17	7.6	1.9	73.9	33.5	50.0	2.1×10^7	12.181	0.944	1.0
1992년	18	7.3	1.8	75.7	33.4	53.9	2.6×10^7	7.789	1.177	0.8
1993년	17	7.3	2.2	52.1	27.6	44.7	5.4×10^6	15.672	1.369	1.2
1994년	18	7.3	2.0	45.8	23.2	50.8	3.3×10^6	15.549	0.808	0.7
1995년	16	7.4	2.9	36.2	22.0	33.4	3.3×10^6	15.823	1.226	0.3
1996년	17	7.3	2.8	34.2	23.5	21.6	2.3×10^6	22.428	1.155	0.3
1997년	17	7.2	2.6	28.2	19.7	42.1	8.6×10^5	14.900	1.402	1.0
1998년	17	7.3	1.9	19.5	14.9	34.5	5.0×10^6	11.057	0.989	0.6
1999년	18	7.2	0.9	18.8	13.9	12.9	2.7×10^6	12.388	1.265	0.4
2000년	18	7.2	0.9	23.1	14.7	14.5	2.5×10^7	11.247	1.322	1.0

[단, 수온은 ℃, 대장균군수는 MPN/100ml]

오염도를 나타내고 있었다. COD는 13.9~33.5 mg/ℓ로 1991년에 가장 높았고, 조금씩 감소하고 있으나 아직은 높은 오염도를 나타내고 있었다. SS는 12.9~53.9mg/ℓ로 1992년에 가장 높았고, 조금씩 감소하고 있으나 아직은 높은 오염도를 나타내고 있었다. 대장균균수는 $8.6 \times 10^3 \sim 2.6 \times 10^7$ MPN/100ml로 1992년에 가장 높았고, 대장균균수는 감소되지 않았다.

총질소는 7.789~22.428mg/ℓ로 1996년에 가장 높았고, 1992년에 가장 낮았으나, 1998년부터는 10mg/ℓ를 약간 상회하였다.

총인은 0.944~1.402mg/ℓ로 1997년에 가장 높았고, 1991년에 가장 낮았으나, 대체로 1 mg/ℓ전후로서 총인의 양은 감소되지 않았다.

ABS는 0.3~1.2mg/ℓ로 1993년에 가장 높았고, ABS의 양은 감소되지 않았다.

따라서 동천의 DO가 상·중·하류 모두 감소하는 추세에 있고, 또한 하류의 DO 결핍현상은 심각한 지경이었다. BOD와 COD는 감소하고 있으나 BOD의 감소폭이 컸고, 상류에서는 SS가 감소하지 않았지만 중·하류에서는 SS가 감소하였다. 그러나, 대장균균수와 총질소, 총인, ABS는 감소하지 않고 여전히 높은 오염도를 나타내었다.

4. 춘천

춘천은 하류에 1개 지점을 선정하여 오염도를 조사하였으며, 부산시 해운대구 중1동 동백교를 말한다.

(1) 하류(동백교)

오염도 자료는 Table 9에 나타내었다.

Table 9. The change of pollution on mid-stream of Chun river(1991~2000)

(Unit : mg/ℓ)

연도	수온	pH	DO	BOD	COD	SS	대장균균수	T-N	T-P	ABS
1991년	17	7.6	3.3	56.0	30.6	32.1	1.0×10^7	13.255	0.924	0.9
1992년	17	7.5	2.9	54.9	24.6	27.9	1.1×10^7	6.204	0.720	0.7
1993년	12	7.8	4.7	42.4	23.3	121.0	5.2×10^6	12.062	1.145	0.2
1994년	19	7.7	3.1	34.9	22.1	54.0	4.5×10^6	8.646	0.782	0.3
1995년	16	7.5	2.1	39.0	17.5	48.2	4.6×10^6	14.574	1.124	0.2
1996년	18	7.5	2.8	33.8	12.5	49.9	1.2×10^6	14.531	1.028	1.6
1997년	19	7.2	2.3	45.4	14.5	63.7	7.3×10^5	16.124	1.678	1.9
1998년	19	7.4	3.3	21.1	14.0	27.4	6.5×10^5	10.354	1.175	0.3
1999년	20	7.4	2.9	15.2	13.0	11.4	4.7×10^5	12.711	1.254	0.3
2000년	20	7.3	2.6	16.2	11.8	14.4	1.4×10^8	14.429	1.345	0.3

(단, 수온은 ℃, 대장균균수는 MPN/100ml, 1993년 5~10월 오염도 자료 없음)

수온은 12~20℃로 1993년의 12℃는 하절기(5월~10월)에 현장여건상 오염도가 측정하지 않아 낮게 평가되었고, 대체로 16~20℃를 나타내었으며 수온이 점점 상승하였다.

pH는 7.2~7.8로 1997년 이후 pH가 낮아진 것은 해운대하수처리장의 방류수가 춘천으로 방류되었기 때문이라고 판단되었다.

DO는 2.1~4.7mg/ℓ로 1995년에 가장 낮았고, 대체로 2.5mg/ℓ를 유지하였으나, 이것은 상류로부터의 오염물질 유입과 하상의 오염물질에 의해 용존산소가 소비된 결과로 판단되었다.

BOD는 16.2~56.0mg/ℓ로 1991년에 가장 높았고, 조금씩 오염도는 감소하고 있었다. COD는 11.8~30.6mg/ℓ로 1991년에 가장 높았고, 조금씩 오염도는 감소하고 있었다. SS는 11.4~121.0mg/ℓ로 1993년에 가장 높았고, 차츰 감소하고 있었다.

대장균군은 $4.7 \times 10^5 \sim 1.4 \times 10^8$ MPN/100ml로 2000년에 가장 높았고, 대장균군은 감소되지 않았으며, 특히 2000년에 증가하였다.

총질소는 6.204~16.124mg/ℓ로 1997년에 가장 높았고, 1992년에 가장 낮았고, 오염도 또한 감소되지 않았다.

총인은 0.720~1.678mg/ℓ로 1997년에 가장 높았고, 1992년에 가장 낮았으나, 대체로 1mg/ℓ를 상회하고 있으며 1998년 이후 계속 오염도가 증가하고 있었다.

ABS는 0.2~1.9mg/ℓ로 1997년에 가장 높

았고, 1998년부터는 0.3mg/ℓ로 크게 감소되었다.

따라서 춘천은 1996년에 해운대하수처리장의 건설로 인해 유기물질인 BOD와 COD는 감소하였고, 아울러 SS와 ABS도 감소하였으나 대장균군수와 영양염류인 총질소와 총인은 전혀 개선되지 않았다. DO도 점점 감소추세에 있었다.

5. 우동천

우동천은 증류에 1개 지점을 선정하여 오염도를 조사하였으며, 부산시 해운대구 우2동 우동교를 말한다.

(1) 증류(우동교)

오염도 자료는 Table 10에 나타내었다. 수온은 17~20℃로 18℃가 4회로 빈도가 가장 많았다.

pH는 7.1~8.1로 pH 변화 범위가 넓은 것은 유량이 적어 주변 오염원에 의한 직접적인 영향을 많이 받고, 조류 및 이끼류의 번식으로 비정상적인 pH를 나타내기 때문이라고 판단되었다.

DO는 5.1~6.8mg/ℓ로 용존산소량은 적정하게 유지된다고 판단되었다.

BOD는 21.1~62.6mg/ℓ로 1991년에 가장 높았고, 조금씩 오염도는 감소하고 있었으나, 아직은 높은 수준이었다. COD는 13.4~32.8mg/ℓ로 1991년에 가장 높았고, 조금씩 오염도는 감소하고 있었으나, 1998년부터 오염도가 상승하는 추세에 있었다. SS는 14.9~40.9mg/ℓ로 1991년에 가장 높았고, 차츰

감소하고 있었으나, 1998년부터 오염도가 상승하는 추세에 있었다. 대장균군수는 $2.7 \times 10^5 \sim 4.8 \times 10^7$ MPN/100ml로 1992년에 가장 높았고, 대장균군수는 감소되지 않았으며, 특히 2000년에 증가하였다.

총질소는 8.752~19.798mg/l로 1996년에 가장 높았고, 1991년에 가장 낮았고, 오염도 또한 감소되지 않았다.

총인은 0.799~1.722mg/l로 1996년에 가장 높았고, 1994년에 가장 낮았으나, 대체로 1mg/l을 상회하고 있으며 1998년 이후 계속 오염도가 증가하고 있었다.

ABS는 0.2~1.9mg/l로 1996년에 가장 높았고, 1996년을 제외하고는 0.5mg/l 전후로 일정하게 유지되고 있었다.

따라서 우동천의 BOD와 COD, SS는 1998년까지는 감소하다가 다시 증가하였고

대장균군수와 총질소, 총인, ABS는 일정한 오염도 수준을 유지하였다.

고 찰

본 연구에서는 부산의 대표적인 도시관류하천인 수영강, 온천천, 동천, 춘천, 우동천 등 5개 하천의 각 지점에 대한 10년간의 오염도 변화 추이는 다음과 같았다.

1. 수영강 상류지점인 동천교의 10년간 오염도 변화는 BOD가 145.3mg/l에서 17.0mg/l로, COD가 70.5mg/l에서 18.1mg/l로 감소하였으나, 총질소는 8.676mg/l에서 19.804mg/l로, 총인은 0.784mg/l에서 1.247mg/l로 오히려 증가하였다.
2. 수영강 중류지점인 원동교의 10년간 오

Table 10. The change of pollution on mid-stream of Woodong river(1991~2000)

(Unit : mg/l)

연도	수온	pH	DO	BOD	COD	SS	대장균군수	T-N	T-P	ABS
1991년	18	7.6	5.1	62.6	32.8	40.9	1.0×10^7	8.752	0.866	0.8
1992년	19	7.3	5.2	60.0	25.2	34.5	4.8×10^7	8.873	0.960	0.7
1993년	17	7.1	6.6	31.3	20.1	29.6	2.2×10^6	9.192	1.220	0.5
1994년	20	7.7	5.4	41.1	20.7	32.9	1.3×10^6	11.644	0.799	0.7
1995년	17	8.0	6.3	43.2	23.7	36.0	8.1×10^6	12.453	1.023	0.2
1996년	18	7.4	6.1	52.6	31.9	39.4	1.8×10^8	19.798	1.722	1.9
1997년	19	7.5	5.3	30.4	20.0	24.2	2.9×10^5	14.137	1.217	0.4
1998년	18	8.1	6.8	21.1	13.4	18.9	2.7×10^5	8.961	0.948	0.3
1999년	18	7.8	5.9	21.6	17.6	14.9	1.4×10^6	13.828	1.191	0.6
2000년	19	7.6	5.6	24.6	21.4	32.1	2.2×10^7	14.746	1.503	0.5

(단, 수온은 ℃, 대장균군수는 MPN/100ml)

- 염도 변화는 BOD가 42.0mg/ℓ에서 6.0mg/ℓ로, COD가 23.7mg/ℓ에서 7.8mg/ℓ로 감소하였으나, 총질소는 7.847mg/ℓ에서 8.795mg/ℓ로, 총인은 0.299mg/ℓ에서 0.554mg/ℓ로 오히려 증가하였다.
3. 수영강 하류지점인 민락교의 10년간 오염도 변화는 BOD가 16.2mg/ℓ에서 3.4mg/ℓ로, COD가 10.2mg/ℓ에서 4.8mg/ℓ로 감소하였고, 총질소는 7.894mg/ℓ에서 7.069mg/ℓ로 비슷한 수준이었으며, 총인은 0.300mg/ℓ에서 0.495mg/ℓ로 오히려 증가하였다.
 4. 온천천 중류지점인 태평산업열의 10년간 오염도 변화는 BOD가 71.1mg/ℓ에서 13.6mg/ℓ로, COD가 39.2mg/ℓ에서 15.4mg/ℓ로 감소하였고, 총질소는 12.557mg/ℓ에서 11.986mg/ℓ로 약간 감소하였으나, 총인은 1.475mg/ℓ에서 1.592mg/ℓ로 약간 증가하였다.
 5. 온천천 하류지점인 연안교의 10년간 오염도 변화는 BOD가 87.1mg/ℓ에서 9.0mg/ℓ로, COD가 48.7mg/ℓ에서 12.6mg/ℓ로 감소하였고, 총질소는 12.573mg/ℓ에서 8.243mg/ℓ로, 총인은 1.282mg/ℓ에서 1.211mg/ℓ로 약간 감소하였다.
 6. 동천 상류지점인 광무교의 10년간 오염도 변화는 BOD가 84.1mg/ℓ에서 29.2mg/ℓ로, COD가 42.5mg/ℓ에서 29.5mg/ℓ로 감소하였고, 총질소는 13.060mg/ℓ에서 17.694mg/ℓ로, 총인은 0.813mg/ℓ에서 2.090mg/ℓ로 오히려 증가하였다.
 7. 동천 중류지점인 범4호교의 10년간 오염도 변화는 BOD가 85.4mg/ℓ에서 26.4mg/ℓ로, COD가 42.1mg/ℓ에서 21.3mg/ℓ로 감소하였고, 총질소는 13.042mg/ℓ에서 16.216mg/ℓ로, 총인은 0.974mg/ℓ에서 1.888mg/ℓ로 오히려 증가하였다.
 8. 동천 하류지점인 범일교의 10년간 오염도 변화는 BOD가 73.9mg/ℓ에서 23.1mg/ℓ로, COD가 33.5mg/ℓ에서 14.7mg/ℓ로 감소하였고, 총질소는 12.181mg/ℓ에서 11.247mg/ℓ로 약간 감소하였고, 총인은 0.944mg/ℓ에서 1.322mg/ℓ로 오히려 증가하였다.
 9. 춘천 하류지점인 동백교의 10년간 오염도 변화는 BOD가 56.0mg/ℓ에서 16.2mg/ℓ로, COD가 30.6mg/ℓ에서 11.8mg/ℓ로 감소하였고, 총질소는 13.255mg/ℓ에서 14.429mg/ℓ로, 총인은 0.924mg/ℓ에서 1.345mg/ℓ로 오히려 증가하였다.
 10. 우동천 중류지점인 우동교의 10년간 오염도 변화는 BOD가 62.6mg/ℓ에서 24.6mg/ℓ로, COD가 32.8mg/ℓ에서 21.4mg/ℓ로 감소하였고, 총질소는 8.752mg/ℓ에서 14.746mg/ℓ로, 총인은 0.866mg/ℓ에서 1.503mg/ℓ로 오히려 증가하였다.

결론

본 연구에서는 부산의 대표적인 도시관류하천인 수영강, 온천천, 동천, 춘천, 우동천 등 5개 하천에 대한 10년간의 오염도 변화 추이를 조사 연구하여 다음과 같은

결론을 얻었다.

1. 수영강은 지난 10년 동안 수영하수처리장(2단계)의 확충과 지류하천인 온천천의 정화사업으로 BOD는 12~21%로, COD는 26~47%로 감소되었으나, 총질소는 90~228%로, 총인은 159~185%로 증가하여 하류의 조류 번식을 유발시키기도 하였다.
2. 온천천은 지난 10년 동안 수영하수처리장(2단계)의 확충과 차집관로의 증설, 자연형 하천 조성 사업등 가장 많은 정화사업이 추진되어 BOD는 10~19%로, COD는 15~39%로 감소되었으나, 총질소는 67~96%로, 총 인은 95~108%로 비슷한 수준을 유지하고 있었다.
3. 동천은 지난 10년 동안 남부하수처리장으로 차집관로의 신설, 부분적인 준설공사 등을 추진하여 BOD는 31~35%로, COD는 44~69%로 경감시켰으나, 총질소는 92~136%로, 총인은 140~257%로 오염도는 가중되었다.
4. 춘천은 지난 10년 동안 해운대하수처리장의 건설로 생활하수의 직접적인 유입량은 감소하였으나 하수처리장의 방류수 유입과 해운대신시가지 건설에 따른 오염부하량이 증가하여 BOD는 29%

로, COD는 39%로 감소하였으나, 총질소는 109%로, 총인은 146%로 오염도는 가중되었다.

5. 우동천은 지난 10년 동안 BOD는 39%로, COD는 65%로 감소하였으나, 총질소는 169%로, 총인은 174%로 오염도는 가중되었다. 그러므로 부산 주요 하천의 10년간(1991년~2000년) 오염도에 있어서 BOD는 각각 10~39%로, COD는 15~49%로 감소하였고, 총질소는 67~228%로, 총인은 95~257%로 오히려 증가하여 하천에 대한 영양염류의 감소방안이 강구되어야 할 것으로 판단되었다.

참고문헌

1. 부산광역시, 하수도정비기본계획변경보고서, 1999.
2. 서울특별시보건환경연구원, 한강 지류천 생태계 조사연구, 2000.
3. 경기도보건환경연구원, 경기도내 하천오염 조사보고서, 2000.
4. 강원도보건환경연구원, 강원환경의 효율적 보전 방안에 관한 연구, 2000.