

제 3 주제

금호강 색도 변화와 효율적인 관리방안

유재정

[국립환경과학원 낙동강물환경연구소]

금호강의 색도변화 및 효율적인 관리방안

유재정, 신찬기

국립환경과학원 낙동강물환경연구소

1. 서론

낙동강은 중상류지역에 대형도시 및 공단이 위치하고 있어 오염부하가 높고 하류에는 낙동강을 식수원으로 하는 인구가 밀집되어 있어 수질불안이 상존하는 지역이다. 특히 대구지역에 산재해 있는 염색업체로부터 배출되는 착색폐수는 낙동강의 수질오염의 가장 큰 원인으로 인식되어 왔으며, 중상류 지역과 부산·경남 지역 등 지역간 갈등의 불씨가 되어 왔다.

환경부에서는 1991년 3월 폐놀원액 유출사고 이후 1993년부터 “맑은 물 공급 종합대책”과 1996년 물관리 종합대책을 수립하여 2001년까지 총 16조 8천억 원을 투자하였다. 이 중 낙동강 수계에 투자한 금액은 총 3조 1,912억원이며 하수처리장 건설에만 1조 6,731억원이 투자되었다. 1999년 12월에는 “낙동강수계물관리종합대책”이 수립되었고, 동 대책에 따라 “낙동강수계물관리및주민지원등에 관한법률”이 2002.1월에 제정되었고 2004년 8월부터는 낙동강에 수질오염총량관리제를 시행하고 있어 낙동강 수질개선을 위한 과학적이고 종합적인 대책이 추진되고 있는 것이다.

이러한 수질대책에 힘입어 금호강의 수질개선이 가시화 되고 있으며 이에 따라 금호강의 색깔도 눈에 띄게 달라지고 있다. 본고에서는 금호강과 낙동강 주요지점에서의 색도 및 관련 수질변화를 조사하고 이를 1999년에 조사한 결과와 비교하여 금호강에서의 색도변화 현황과 그 원인을 고찰하여 효율적인 관리방안을 제시하고자 한다.

2. 하천수와 색도

2.1 일반 하천수 색도의 원인

자연상태의 지표수는 일정 색도를 띠게 되는데, 이것은 주변의 나뭇잎, 침엽수 등이 부패하여 생긴 유기물들이 물속으로 침출되어 발생하는 것이다. 자연수의 색도를 일으키는 유기물은 식물에서 추출된 리그닌(lignin), 타닌(tannin), 휴믹산(humic acid), 휴믹산염

(humate) 또는 탄화물질 등으로서 특히 휴믹산에 의한 색도는 잘 제거되지 않는다. 수중에 포함된 조류(플랑크톤)나 수초의 염색소도 색도를 유발하게 되며, 녹색의 chlorophyll이 대표적인 색소이다. 고농도의 색도는 염색폐수, 인쇄 및 제지폐수에서 많이 배출된다. 특히 염료는 생물학적으로 난분해성이다. 염색공정에서 발생하는 색도폐수는 대부분 진한 적갈색(dark reddish brown) 색조가 대부분이다. 심미적인 오염물질인 색도(color)는 육안으로도 쉽게 식별이 가능하며, 비록 미량의 염료가 폐수에 유입이 되도 색도에 영향을 미친다.

2.2 색도의 환경영향

색도물질은 심미적인 불쾌감을 주는 오염물질이며, 휴믹산 등이 포함된 물을 상수원으로 쓰는 경우는 정수장에서 염소로 소독할 때 THM이 생성될 우려가 있다. 또한 공업용수 내에 색도가 있으면 섬유, 종이, 제약, 세탁공장 등에서는 사용하기가 어렵다. 염료는 난분해성과 독성을 가진 물질이 많아 위생적으로도 문제가 될 수 있다. 또한 수체(received water)에서 식생의 광합성을 저해할 수 있다. 그러나 염색폐수는 이렇게 깊이 착색되어 있지는 않다.

2.3 색도측정

폐수의 색도측정은 본질적으로 매우 어려운 작업이다. 지표수의 경우 탁도가 높은 물은 색도가 높은 것처럼 보일 수 있는데 특히 점토가 많이 함유되어 있으면 적갈색의 높은 색도를 띤다. 이처럼 탁도물질에 기인하는 색도를 겉보기 색(apparent color)이라고 하며 탁도를 제거한 후의 물의 진짜 색도를 진색도(true color)이라고 한다.

- 만약 시료가 여과되지 않아 부유고형물질이 있다면 투과측정을 방해하여 측정을 무의미하게 할 수 있다. 만약 시료가 여과되었다면 탁도물질이 제거가 되었기 때문에 폐수의 있는 그대로의 색도를 반영하지 않는다. 이러한 어려움 때문에 산업폐수는 몇 개의 다음과 같은 색도측정법을 이용한다.

i) Color(색도)

두개의 방법이 색도측정에 사용되고 있다. 그 하나는 ADMI (American Dye Manufactures Institute)이고 다른 하나는 APHA (American Public Health Association) 프로토콜이다. 두 가지 모두 여과된 폐수를 투과한 빛의 양을 측정하는 것이고, 하나의 색도 값으로 계산되어진다.

ii) Turbidity(탁도)

탁도는 폐수의 빛의 산란(scattering)성을 측정하는 것이다. 탁도는 표준시료와의 같은 조건에서 산란강도를 측정한 비교 값이다.

iii) Apparent Color (겉보기 색도)

겉보기 색도는 위의 두 가지 방법(색도와 탁도) 모두를 합친 색도이다.

iv) 탁도 제거를 위한 전처리

현재 확립된 색도측정 방법에 의하면 탁도물질은 미리 제거되어야 하는데, 색도제거 없이 탁도물질의 제거가 이루어 져야한다. 여과는 결과 값의 재현성이 좋으나 true color 의 제거가 문제가 된다. 원심분리는 여과매질과 색도물질과의 상호작용을 피할 수 있는 장점이 있다. 그러나 시료의 성격과 크기 또는 원심분리기의 속도의 영향을 받는다.

3. 염색폐수와 색도

염료용액은 극도로 높은 착색성 때문에 적은 양에서도 높은 색도의 원인이 되며, 염료의 양에 의해서 색도 값을 일반화하기는 어렵다. 전형적인 염색과 인쇄업에서 50-100%의 염료가 섬유에 염착을 한다. 염착하지 않은 염료는 세척단계에서 폐수로 유입된다. 1800년대부터 염료화학자들은 염료의 견뢰도를 증강시키기 위한 노력, 즉 햇빛, 산화 환원제, 염소나 오존의 영향, 가수분해, 혹은 다른 어떤 환경요인에 의한 탈색을 방지하기 위한 노력을 계속해 왔다. 이들의 성공은 염료의 현저한 내성과 사용자 만족을 가져왔지만, 반대로, 폐수 처리시스템에 있어서 처리나 제거의 어려움을 가져왔다. 반응성염료(reactive dyes)는 넓게 이용되고 있는 염료이며, 염착율이 특히 낮기 때문에 염착율을 최대화하고 폐수 유입률을 최소화하는 방법이 더욱 중요하다. 중요한 인자는 용액의 농도, 염(salt)의 사용량 최적화, 그리고 반응시간의 최적화 등이다.

□ 색도물질 배출 방지와 최소화를 위한 3가지의 주요 방법

- i. 염색반응 조에서 염료소모의 최대화
- ii. 염착율 최대화 및 세척공정에서 배출의 최소화
- iii. 염료의 관리과정의 최적화 (누출방지, 기계 및 기구의 세척, 폐기)

색도제거방법은 어렵고 제거비용이 높은 것이 특징이다. 일반적으로 색도는 미생물이 분해하기가 어려우며, 생물학적 처리보다는 응집, 흡착, 산화 등의 물리화학적인 방법으로 제거한다. 그러나 광범위하게 적용되는 효과적이고 일반적인 제거방법은 없다.

표 1. 색도 제거방식 비교

구분	응집	산화	흡착
개요	○화학적 응집제를 사용하여 색도 발생 물질을 응집침전 제거	오존, 산화제, 전기분해 등을 이용하여 색도 발생 물질을 산화시켜 제거	활성탄 등의 흡착제를 이용하여 물리적인 흡착 공정으로 제거
사용약품	○Alum계 ○철염계 ○무기 고분자계 ○유기 고분자계	-오존(O ₃) -Fenton(H ₂ O ₂) -전기분해	-분말활성탄(PAC) -활성탄여재(BAC) -제오라이트
장점	○처리효율이 높음 ○제거 가능 물질이 다양 ○부하변동에 신속적 대응 ○시설개선이 용이 ○건설 비용이 저렴	-오존(O ₃)의 경우 용존산소를 증가시켜 생물활성을 증가시킬 수 있음 -반응시간이 짧음 -소수성 물질을 친수성으로 바꾸고, 유지성계면을 파괴하여 흡착, 응집을 용이하게 함	-용존 유기물 처리에 효율적임 -흡착과 생물학적 분해의 이중효과 -유기물의 흡착과 여과를 동시 기대 -흡착제 내의 미생물에 의한 흡착능 증가 효과
단점	○슬러지 발생량 과다 ○용존 유기물의 제거 효율 저하 ○응집제로 인한 미생물 활성도 저하 ○응집제 과주입시 후속공정 효율저하	-2차 유해성 부산물 발생 우려 -고부하시에는 산화제 소모량이 많아 비경제적임	-흡착능이 소진된 흡착제의 경제적 재생이 어려움 -부하 변동이 큰 경우 적용 어려움 -시설 부지가 많이 소요됨 -수리적 손실이 큼
색도제거효율	40도 이하	40도 이하	40도 이하

4. 수질조사 방법

4.1 조사지점

대구지역에서 발생하는 염색폐수는 대구염색관리공단 공동폐수처리장에 유입되어 1차로 처리되며, 방류수는 관로를 이용하여 달서천환경사업소 폐수처리장에 다시 유입되어 공업계 폐수처리공정을 통하여 2차로 처리하며 달서천에 방류된다. 달서천은 금호강에 합류하며, 금호강은 다시 낙동강 본류에 유입하게 되는데, 달서환경사업소 방류지점에서

금호 강까지는 약 300m정도 떨어져 있고 달서천의 금호강 합류지점에서 금호강의 낙동강 본류 합류지점까지는 약 8km정도 떨어져 있다. 대구염색관리공단 공동폐수처리장의 유입수 및 방류수와 달서천환경사업소의 유입수 수질은 자체 분석자료를 이용하였다.

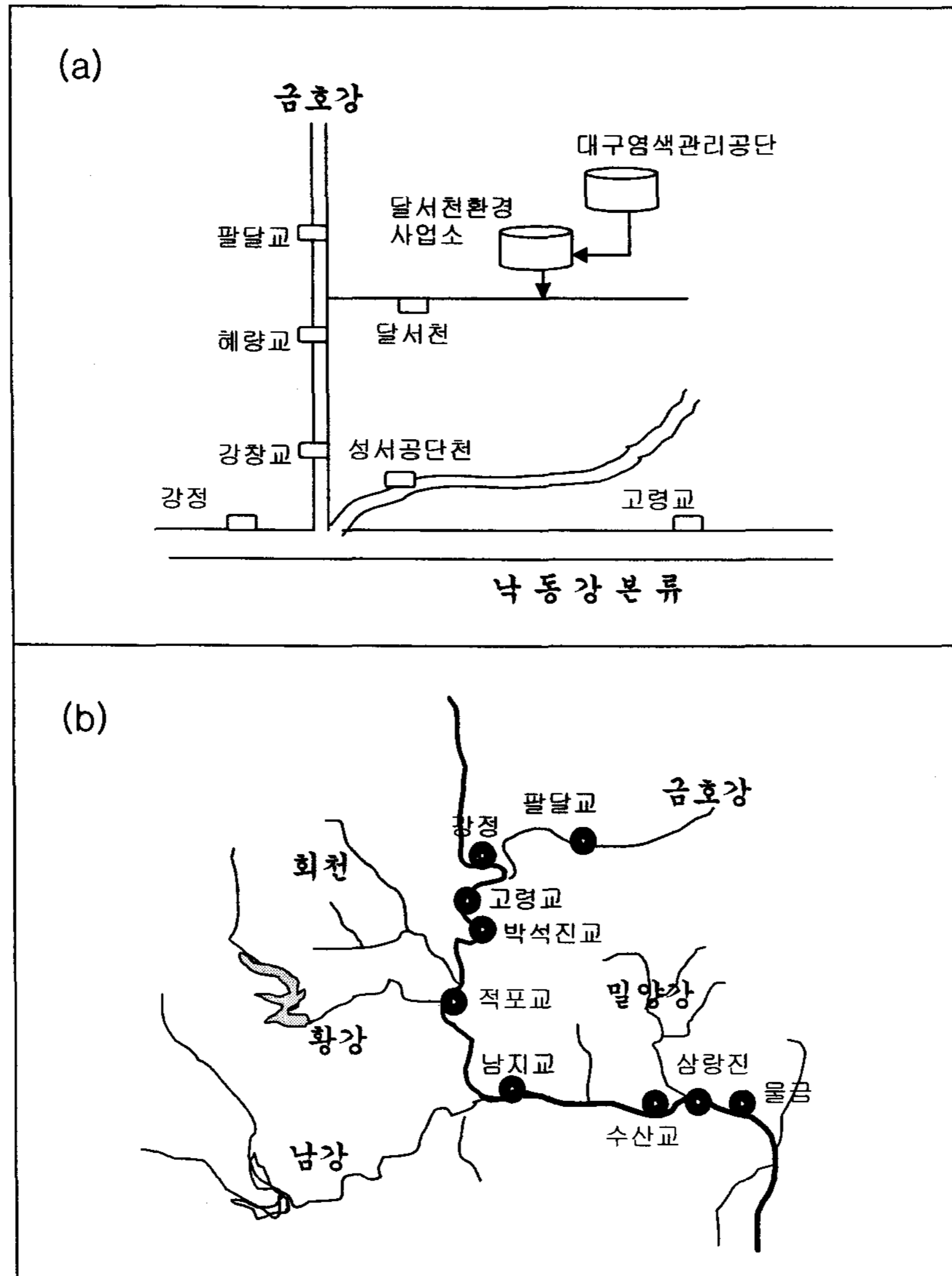


그림 1. 조사지점 (a: 대구지역 상세도, b: 낙동강 본류)

따라서 조사지점은 달서천환경사업소 방류수, 달서천, 금호강 본류 중 달서천의 유입직 전인 팔달교, 달서천 유입 직후인 헤량교, 금호강의 낙동강 본류 유입 직전인 강창교, 낙동강 본류의 금호강 유입직전의 강정, 금호강 유입후의 고령교, 성서공단천 등에 대해서 조사를 하였으며, 고령교 이후의 낙동강 본류에 대해서는 박석진교, 적포교, 남지교, 수산교, 삼랑진, 물금 등에 대해서 조사를 하였다. 또한 조류에 의한 색도영향을 고찰하기 위하여 염색폐수의 영향이 없는 지점을 선정하여 수질조사를 병행하였다. 수질조사지점을 그림 1에 나타내었다.

2.2 조사내용

전 조사지점에 대해 색도조사와 병행하여 색도지표와 관련성이 있는 SS, 탁도, Chl.a 농도를 병행하여 조사하였다. 시료채취는 교각 위에서 하였으며 대표성 확보를 위해 좌, 우 및 중앙 등 3개 지점에 대해 채수하여 분석치를 평균하여 사용하였다.

색도는 수질공정시험방법의 투과율법에 의거 실험하였으며 Chl.a는 흡광광도법으로 조사를 하였다. 색도와 Chl.a의 측정에 사용한 분광광도계는 Perkin Elmer의 UV-Vis Spectrophotometer Lambda 2S이다. 탁도측정은 HACH사의 2100N Turbidimeter를 사용했다.

5. 수질조사 결과

5.1 일반항목 수질조사 결과

1차 수질조사는 '05년 9월, 2차 수질조사는 '05년 10월에 각각 실시하였다. 비가 많은 하절기를 지난 시점이라 하천의 수량은 평수기를 유지하고 있었으며, 하천의 수질도 최근의 강우영향이 거의 없는 안정된 상태이다. 낮 최고기온은 24-28℃ 정도를 유지하고 있으나 하천에서 조류의 증식은 육안으로도 어느 정도 확인이 되었다.

표 2. 지점별 수질오염도 조사결과

구분	SS (mg/L)		Turbidity (NTU)		Chl.a (mg/m ³)		Color (ADMI)	
	1차 ('05.9)	2차 ('05.10)	1차 ('05.9)	2차 ('05.10)	1차 ('05.9)	2차 ('05.10)	1차 ('05.9)	2차 ('05.10)
팔달교	6.0	6.8	2.9	5.8	10.8	6.6	20.1	17.4
달서천	4.0	7.4	2.5	3.5	3.7	1.7	38.2	47.5
혜량교	5.2	7.1	4.3	5.1	10.5	8.3	20.1	18.7
강창교	7.8	7.0	6.5	3.3	18.7	13.1	20.1	17.4
성서공단천	10	6.8	6.6	5.0	5.2	2.9	33.5	37.5
강정	10.4	15.2	10.8	11.8	31	18.2	12	9.4
고령교	13.4	15.5	13	9.1	30.8	34.4	18.1	8.5
박석진교	14.4	16.6	14.3	14.9	31.4	50.0	14.7	8.0
적포교	22	18.2	20.4	17.5	44	75.9	16.1	8.5
남지교	13.2	24.8	11.9	19.2	50.1	122.0	16.1	9.0
수산교	10.4	21.8	9.5	16.7	51.7	142.1	16.1	8.5
삼랑진	10	18.2	4.3	13.5	40.3	109.0	16.1	9.0
물금	8.4	12.8	7.5	12.7	30.7	63.4	13.4	13.0

1) SS (부유고형물질)

부유고형물질의 농도는 탁도와 상관성이 높기 때문에 하천의 외형적인 색도를 판단하는데 중요한 지표가 된다. 부유고형물질의 농도는 그림 2와 같다. (그림에서 막대그래프는 지난 99년 11월에 측정된 결과를 참고로 표시하였다). 대구염색공단의 폐수가 유입되는 달서천의 SS농도는 4.0 및 7.4mg/L로 각각 나타났으며, 팔달교에서 SS 농도는 6.0 및 6.8 mg/L로서 평균값이 달서천보다 높았으며, 혜량교는 5.2 및 7.1 mg/L 그리고 강창교는 7.8 및 7.0 mg/L으로서 혜량교보다 다소 높은 값을 보이고 있었다. 금호강 합류 이전 본류의 강정지점의 SS농도는 10.4 및 15.2mg/L를 나타나 금호강 보다 높은 농도를 보이고 있었다. 이는 강정 취수장이 정체수역을 이루고 있어 조류의 증식이 원인으로 보인다. 금호강 합류지점 이후의 본류에서는 1차조사에서 약 8.4-22.0mg/L를 보였다. 2차 조사에서는 12.8-24.8mg/L를 보여 하류로 갈수록 SS값은 높은 경향을 보이고 있었다. 1999년의 조사결과와 비교할 때 금호강에서는 SS도가 이전보다 낮았고 낙동강 본류에서는 보다 높게 나타났다.

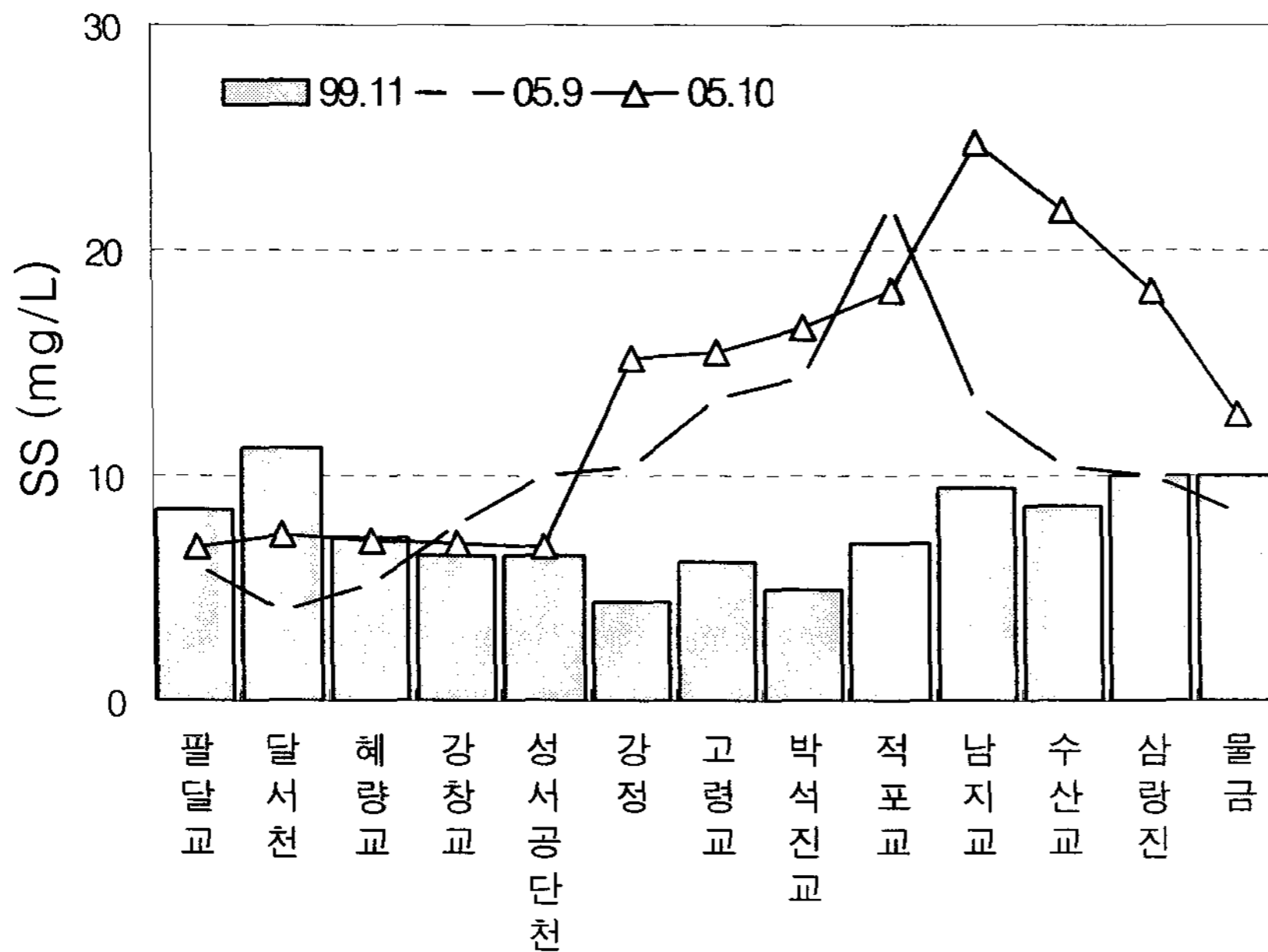


그림 2. 금호강 및 낙동강에서 부유고형물질(SS) 농도

2) 탁도 (Turbidity)

탁도는 하천의 외형적 색도에 영향을 주는 중요한 지표이다. 달서천에서 탁도는 2.5 및 3.5 NTU를 보이고 있었고 금호강에서는 1차 조사에서는 2.9-6.5 NTU, 2차 조사에서는 3.3-5.8 NTU로 나타나 달서천 보다 다소 높은 값을 보이고 있었다. 성서공단천은

6.6 및 5.0NTU를 보이고 있어 달서천보다 높은 값을 보이고 있었다. 본류의 강정에서는 10.8 및 11.8NTU로 나타나 달서천이나 성서공단천 보다도 높은 값을 보이고 있었다. 이는 인위적인 오염물질에 의한 영향보다는 조류와 같은 자연적인 오염물질에 의한 영향으로 판단이 된다. 고령교 이하의 본류에서 1차조사 결과는 4.3-20.40NTU, 2차조사에서는 9.1-19.2NTU를 보여 중류보다 높은 탁도를 보이고 있었으며, 지점별, 시기별로 농도 분포의 기복이 심한 것으로 나타났다.

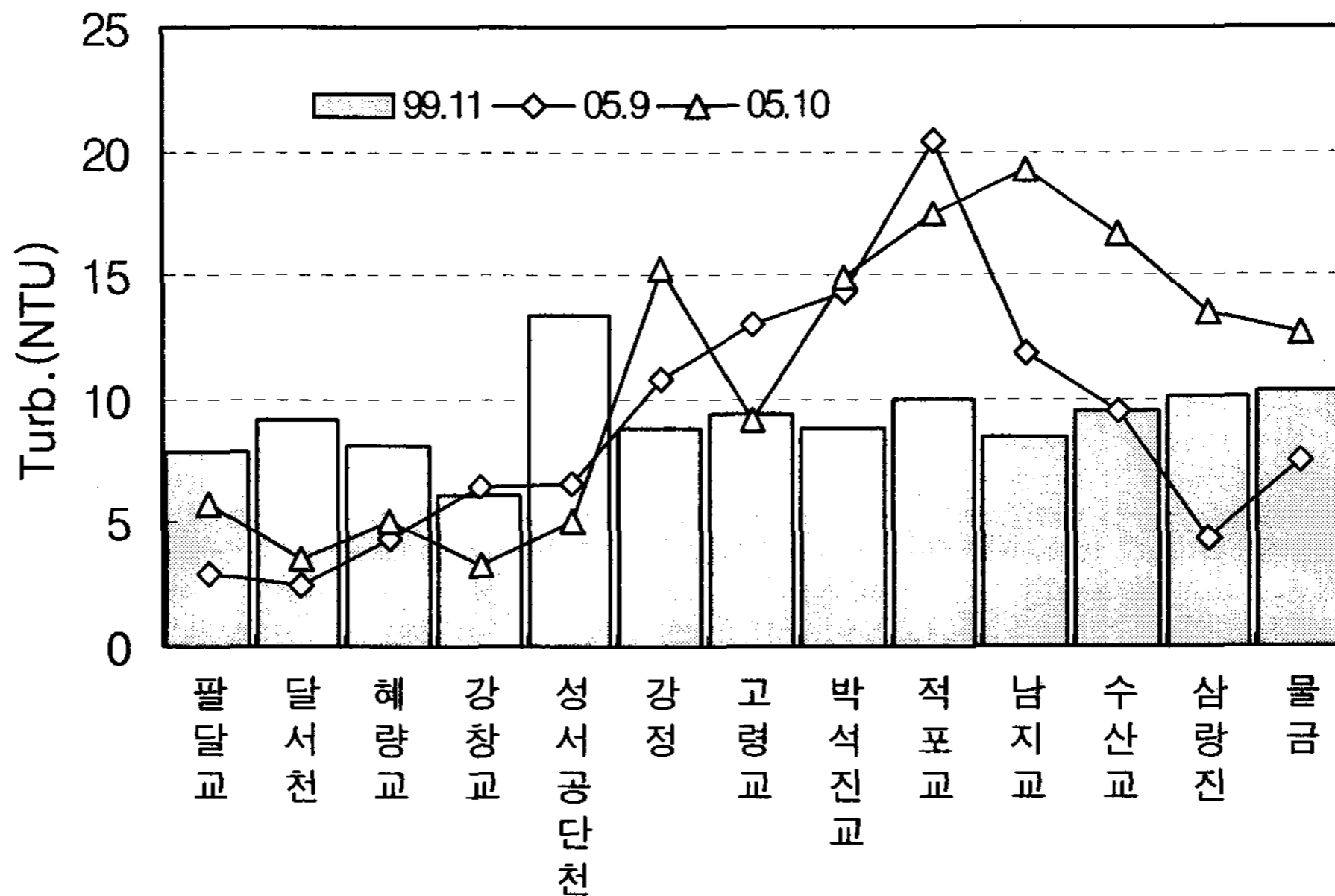


그림 3. 금호강 및 낙동강에서 탁도(Turbidity) 조사결과

3) 엽록소 (Chlorophyll.a)

Chl.a농도는 조류의 현존량을 판단하는 간접지표이다. 따라서 달서천이나 성서공단천에서는 각각 3.7과 1.7 mg/m³ 및 5.2와 2.9 mg/m³ 로서 하천본류보다 낮게 나타났다. 금호강에서는 1차 조사에서 10.5-18.7mg/m³, 2차 조사에서 6.6-13.1mg/m³ 를 나타내고 있었다. 본류의 강정에서는 31.0 및 18.2 mg/m³ 를 보이고 있어 금호강 보다 높게 나타났다. 고령교 이후의 하류지점에서는 1차 조사결과 30.7-51.7 mg/m³, 2차조사에서는 34.4-142.1 mg/m³ 를 보이고 있어 중류보다 높은 값을 보이고 있었다. 이러한 결과는 SS나 탁도 조사결과와 일치하고 있었다.

Chl.a의 농도를 '99년 11월 조사결과와 비교할 때, 본류에서는 이번 조사결과와 대부분이 보다 높은 값을 보이고 있었다. 금호강에서는 이번 조사결과가 보다 낮게 나타났는데, 이는 금호강의 유량 및 유속이 이전보다 증가했기 때문인 것으로 판단이 된다. 성서공단천에서는 비슷하게 나타났다. Chl.a의 농도는 조사시기의 기온이나 강우 등 기상 영향이 매우 크게 나타난다.

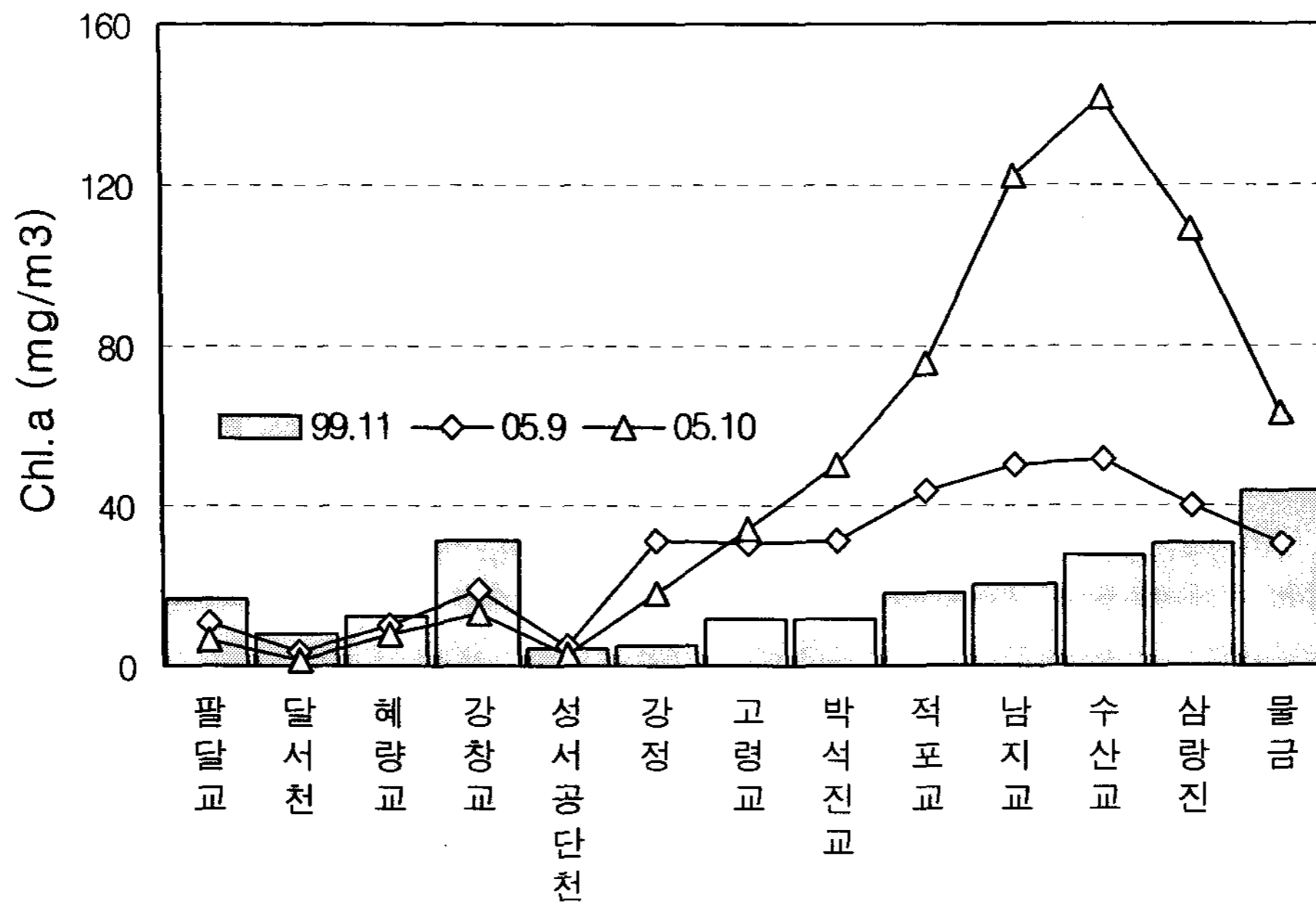


그림 4. 금호강 및 낙동강에서 엽록소(Chlorophyll.a) 조사결과

5.2 지점별 색도조사 결과

조사기간 중 달서천의 색도는 38.2 및 47.5로 나타났다. 달서천의 영향이 없는 금호강의 팔달교 색도는 20.1 및 17.4로 나타났으며, 달서천과 금호강이 합류된 이후의 혜량교와 강창교에서는 각각 20.1, 18.7 및 20.1, 17.4로 나타났다. 성서공단천은 33.5 및 37.5로서 달서천보다는 다소 낮았으나 강창교 색도보다는 높게 나타났다. 강정에서의 색도는 12.0 및 9.4로 나타났고 고령교지점에서 금호강 및 성서공단천이 유입된후 거의 혼합된 수질을 나타내게 되는데, 색도값이 18.1 및 8.5를 나타냈다. 고령교 이후의 하류로 유하하면서 낙동강은 회천, 황강, 남강, 밀양강 등 유입지천에 의해 유량이 증가하게 되는데, 고령교 이후의 색도의 변화는 크지 않은 것으로 나타나, 1차조사에서 13.4-16.1를 보였고 2차 조사에서는 8.0-13.0을 나타내고 있었다. 1999년도 조사결과와 비교하면, 달서천에서는 이전보다 절반 이하의 수준으로 낮았고 팔달교나 강창교, 성서공단천 및 낙동강 본류에서는 이전과 비슷한 수준이었다.

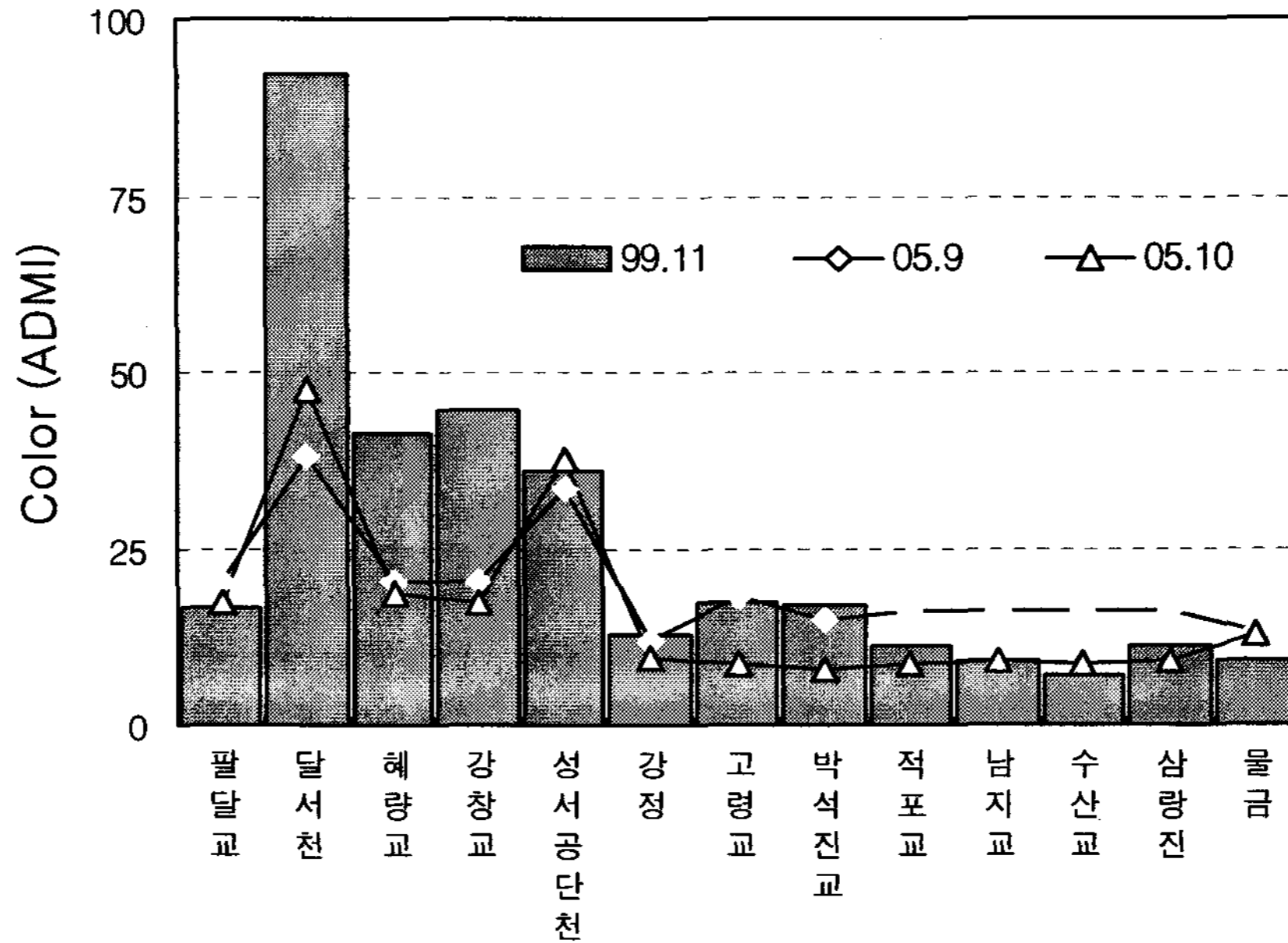


그림 5. 금호강 및 낙동강에서 엽록소(Chlorophyll.a) 조사결과

5.3 조사시기별 색도변화 고찰

지난 '99년 11월의 조사결과와 2005년도 조사결과를 비교하면 그림 6과 같다(100%이내는 색도값이 감소한 것). 달서천의 색도는 '99년도에 92.3를 나타냈으나 '05년도에는 평균치가 42.8를 보여 이전보다 53.6%가 감소한 것을 볼수 있다. 달서천의 영향으로 해량교, 강창교, 고령교 및 박석진교까지 이전보다 색도값이 24.0-57.8%까지 감소한 것으로 나타났다. 특히 대구염색공단의 폐수영향이 큰 달서천, 해량교 및 강창교에서는 '99년보다 평균 54.9%가 감소하였다. 그러나 대구염색공단의 영향이 없는 금호강의 팔달교나 성서공단천은 '99년 대비 112.2 및 93.1%으로 비슷한 값을 보여주고 있었으며, 적포교 이하의 하류에서는 조류의 영향으로 이전보다 다소 높은 색도값을 보여주고 있었다.

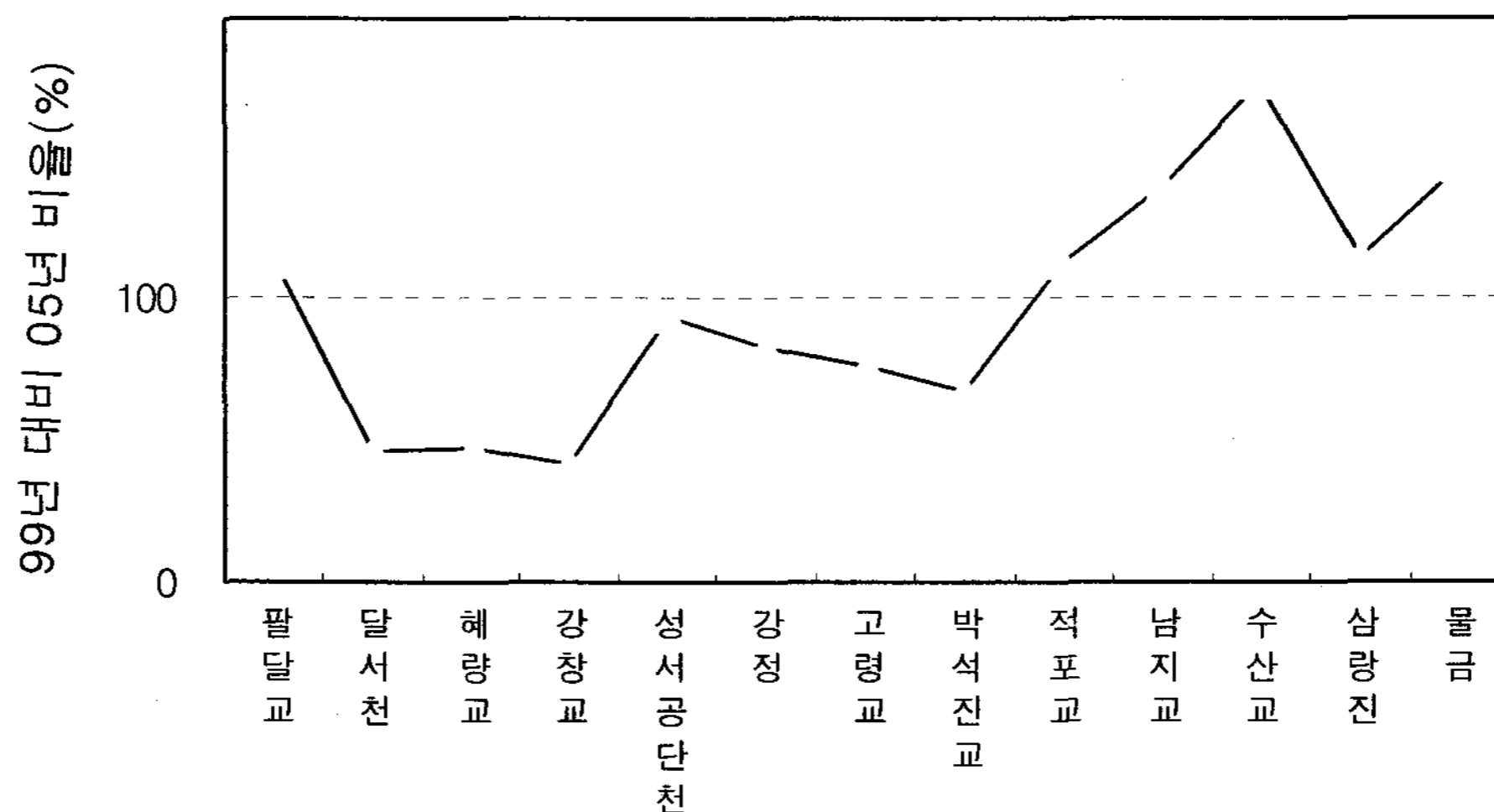


그림 6. 년도별 색도비교(100%이하는 05년 색도가 감소한 곳)

6. 색도변화 원인고찰

6.1 폐수처리 공정개선

대구지역 염색폐수는 대구염색산업관리공단 공동폐수처리장으로 유입되어 처리되고, 다시 달서천환경사업소 폐수처리장에 유입되어 처리된다. 폐수의 평균 BOD는 1,088mg/L이며 폴리에스테르 업종이 1,806 mg/L로서 가장 높고 COD농도는 평균 643mg/L이며 면, TC업종이 1,022mg/L로서 가장 높다.

표 3. 섬유종류별 업체수 및 폐수발생 현황

업종	합계	폴리에스테르	면, TC	나일론	나염	사염	교직	기타
업체수	92	22	9	21	7	12	8	13
폐수량 (m ³ /day)	65,000	30,487	6,093	9,434	1,781	4,561	6,456	6,188
COD _{Mn} (mg/L)	643	736	1022	452	729	282	627	362

자료) 대구염색산업단지

○ 폐수처리공정

대구염색공단의 폐수처리 공정도는 그림 7와 같다. 고농도 폐수는 전자가속기(60m³/d)를 이용하여 1차 분해하며, 이것은 다시 원폐수와 혼합되어 처리된다. 1차 화학처리공정에서는 황산을 이용하여 pH조정을 하며 반응조에서 황산제2철을 첨가하며, 중화조에서 수산화칼슘을 가한 후 응집·침전처리를 하게 된다. 3차 화학처리는 기계, 장비 등의 고장을 대비한 보완시설이다. 2차 생물처리시설은 폭기와 침전처리 후 방류하며, 방류수는 달서천환경사업소로 이송하여 다시 처리를 하게 된다.

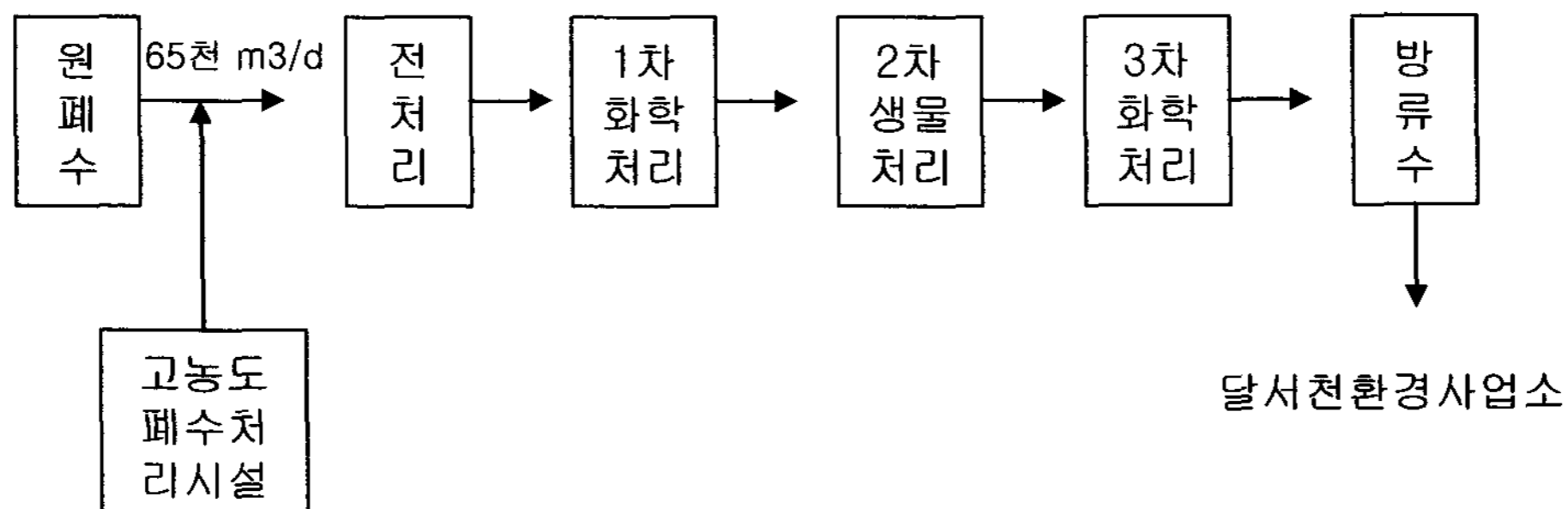


그림 7. 대구염색관리공단 폐수처리공정도

표 4. 대구염색관리공단 원수 및 방류수의 수질

구 분	pH	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	SS (mg/L)	TN (mg/L)	TP (mg/L)	Color	Temp. (°C)
원폐수	12.5	1088	643	80	33	3.5	950	40
방류수	7.8	12	54	26	20	0.7	300	34
처리율(%)		98.9	91.7	67.5	39.4	80.0	68.5	

달서천환경사업소의 처리장은 공단계와 생활계 등 폐수처리가 2개의 공정으로 이루어지며, 1차 화학적 처리, 영양염 제거를 위한 고도처리 및 생물학적 처리를 거친 후 오존 접촉조에서 최종 처리후 방류된다. 오존처리조에서는 난분해성 염료 등 고급산화처리가 이루어지며, 이 공정에서 상당한 색도제거가 이루어진다. 오존처리(Ozonation)는 상수처리에서 많이 사용했으나 생물학적 분해가 어려운 유기물을 생물학적 분해가 가능한 상태로 전환시키기 위해 폐수처리에서도 사용한다.

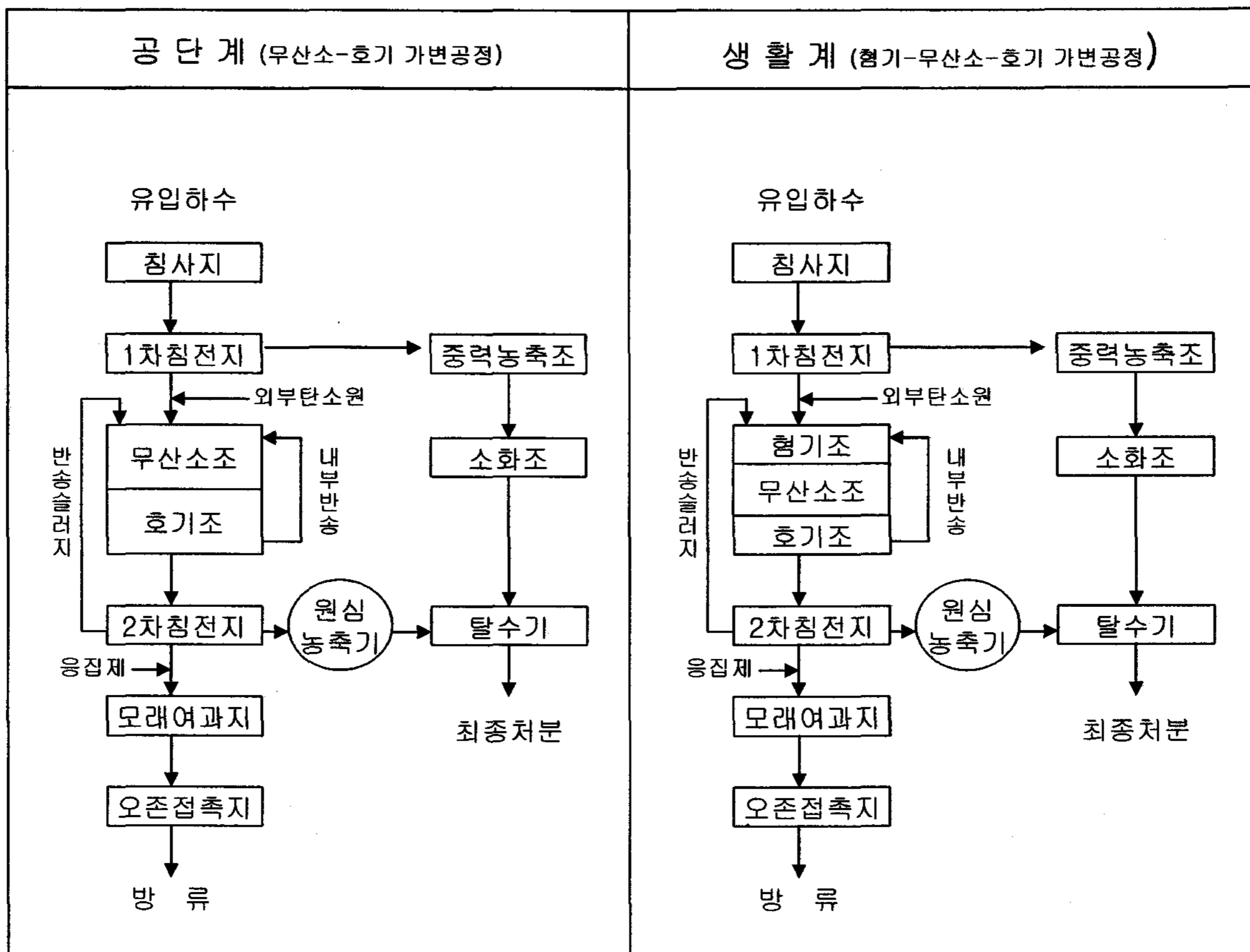


그림 8. 달서천환경사업소 폐수처리 공정도

오존(O₃)이 유기물 산화를 일으킬 때 나타나는 대표적인 산화반응에는 불포화 지방족 탄화수소와 같이 유기물 중에 있는 이중결합을 중심으로 일어나는 오존분해반응

(Ozonolysis)이다. 이 반응은 이중결합구조를 가진 알켄 및 그 외의 이중결합을 포함하는 유기물들과 산화반응을 진행한다. 즉 이중결합은 오존에 의해 쉽게 깨어진다. 따라서 염료는 연속된 이중결합을 가진 유기물질에 의해 발색을 하는 것으로 오존에 의해 이중결합이 깨어지면서 색도는 사라진다. 또한 오존의 분해과정에서 간접적으로 생성되는 hydroxyl radical도 강력한 산화력을 지닌다.

표 5. 사여과 및 오존처리후 수질개선

구 분		BOD (mg/L)	COD (mg/L)	SS (mg/L)	색도
유입수	공단계	117.4	91.4	135.0	261.1
	생활계	131.5	77.4	130.1	145.1
최종침전수질		3.7	21.5	12.6	187.1
사여과	수질	1.9	20.8	4.2	162.0
	제거율(%)	50.0	3.1	66.8	13.4
오존처리	수질	4.2	15.4	3.4	40.2
	제거율(%)	-127.0	26.0	19.0	75.3

자료) 달서천수질환경사업소

이상과 같이 대구염색관리공단과 달서천환경사업소 폐수처리장의 처리공정을 알아보았다. 대구염색관리공단의 방류수는 '87년도부터 달서천환경사업소로 유입처리가 되었으며, 달서천환경사업소에 오존처리공정을 가동한 것은 2002.6월 부터이다. 대구염색관리공단에서는 방류수의 색도가 약 300 정도이며, 달서천 유입폐수의 색도는 공단계가 261.1, 생활계가 145.1 정도이며, 오존처리공정을 지나면서 색도는 40정도로 감소를 하여 방류가 된다. 따라서 '99년의 방류수와 비교하여 색도감소가 많이 된 것으로 오존처리 공정의 영향으로 판단이 된다.

6.2 염색업체수 및 폐수배출량 감소

대구지역은 섬유산업의 침체로 인해 염색업체의 수도 해마다 감소하는 경향을 보이고 있다. 1999년도에는 대구지역 염색업체수가 203개소이었으며, 대구염색공단 폐수 발생량도 67,249 톤이었으나 2005년도에는 대구지역 염색업체수가 126개소로 37.9%가 감소하였으며 이에 따라 대구염색공단 폐수발생량도 52,727 톤/일로서 21.6%의 감소를 보였다.

표 6. 염색업소 및 폐수발생량 변화량

연도	업소수	폐수량	
		ton/year	ton/day
1999	203	24,545,997	67,249
2000	192	25,928,047	71,036
2001	185	24,474,880	67,054
2002	181	21,981,356	60,223
2003	166	21,094,218	57,792
2004	156	21,528,645	58,982
2005	126	19,245,874	52,728
'99/'05 비율	37.9%감소	21.6% 감소	

자료) 대구광역시

6.3 희석에 의한 색도 감소율 실험결과

색도물질의 감소율은 색도의 감소율을 이용해서는 구할 수 없다. 색도는 감각으로서 인지되는 감각공해의 일종으로서 색도값은 빛의 흡수율을 이용하여 평가하는 것이기 때문에 색도물질에 대한 정량적인 평가는 아니다. 따라서 색도값이 높은 하천원수를 증류수로 희석하면서 색도감소율을 구하여 이를 달서천의 2005년도 색도감소율과 비교함으로써 색도물질의 감소정도를 간접적으로 평가하고자 했다.

실험에 사용한 시료는 색도값이 비교적 높은 달서천과 강창교의 하천원수이다. 강창교의 하천원수의 색도값은 17.4이었고 달서천의 하천원수 색도값은 47.5 이었다. 이를 증류수를 이용하여 1:1, 2:1, 3:1, 4:1, 6:1, 8:1, 10:1, 12:1, 15:1 및 18:1로 각각 혼합하였다. 각각에 대한 희석비율은 표 7에 나타낸 바와 같다.

실험결과 희석비율과 색도감소율은 비슷하게 나타났는데, 강창시료는 원수의 색도가 17.4으로 비교적 낮아 희석비율이 50%일때 색도감소율은 46%, 67%일때는 54% 등 희석비율과 색도감소율 사이의 차이가 비교적 높았으나 색도값이 높은 달서천의 경우 원수의 색도가 47.5이었고 희석비율이 50%일때 색도감소율은 47%, 67%일때에는 63%, 75%일때에는 72% 등 비교적 희석비율과 색도감소율은 일치하고 있었다. 따라서 달서천에서 2005년도의 색도값이 1999년도에 비해 53.6%가 감소한 것은 색도물질이 50% 이상 감소한 것으로 판단할 수 있다.

표 7. 강창 및 달서천 하천수의 희석비율별 색도감소

구분	혼합비 (증류수 :하천수)	원수	1:1	2:1	3:1	4:1	6:1	8:1	10:1	12:1	15:1	18:1
	희석비율(%)	0	50	67	75	80	86	89	91	92	94	95
강창	색도	17.4	9.4	8.0	8.0	4.0	5.4	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7
	감소율(%)	0	46	54	54	77	69	85	85	85	85	85
달서천	색도	47.5	25.4	17.4	13.4	10.7	8.0	6.7	5.4	5.4	4.0	4.0
	감소율(%)	0	47	63	72	78	83	86	89	89	92	92

7. 결 론

금호강의 색도변화를 조사하기 위하여 강창교 등 9개 지점의 수질 및 색도조사를 실시하고 색도변화 원인을 고찰한 결과는 다음과 같다

1) 일반 수질항목 조사결과

팔달교의 SS 및 탁도 농도는 달서천보다 다소 높게 나타났으며, 이는 달서천의 하수처리의 영향으로 보인다. 금호강 보다 낙동강 본류에서 SS 및 탁도 농도가 높게 나타났다. 조류의 현존량을 판단하는 간접지표인 클로로필 a(Chl.a)농도는 달서천이나 성서공단천에서는 하천본류보다 낮게 나타났다. 이는 본류의 탁도와 SS농도가 높은 것과 일치한다. Chl.a의 농도는 증류보다 고령이후의 하류지점에서 더 높은 농도를 보이고 있었다.

2) 색도조사결과

이번 조사에서 달서천의 색도는 38.2 및 47.5로 나타났고 달서천의 영향이 없는 금호강의 팔달교 색도는 20.1 및 17.4로 나타났으며, 강창교에서는 20.1, 17.4로 나타났다. 성서공단천은 33.5 및 37.5로서 달서천보다는 다소 낮았으나 강창교 색도보다는 높게 나타났다. 낙동강 본류 강정에서의 색도는 12.0 및 9.4로 나타났고

지난 '99년 11월의 조사결과와 2005년도 조사결과를 비교하면, 이전보다 53.6%가 감소한 것을 볼수 있다. 특히 대구염색공단의 폐수영향이 큰 달서천, 해량고 및 강창교에서는 '99년보다 평균 54.9%가 감소하였다. 그러나 대구염색공단의 영향이 없는 금호강의 팔달교나 성서공단천은 '99년 대비 112.2 및 93.1%으로 비슷한 값을 보여주고 있었으며,

적포교 이하의 하류에서는 조류의 영향으로 이전보다 다소 높은 색도값을 보여주고 있었다.

3) 색도감소 원인

달서천 및 강창교 지점에서 색도값이 이전보다 낮게 나타난 것은 폐수처리 공정의 개선과 배출유량 감소가 원인인 것으로 나타났다. 대구염색관리공단에서 1차 처리한 폐수는 달서천환경사업소에서 2차 처리되며, 특히 2차 처리과정에서 오존처리를 함으로써 색도값이 감소하는 것으로 판단이 된다. 달서천수질환경사업소의 오존처리 전후에 있어서 색도감소율은 약 75% 정도이며 최종 방류수의 색도값은 약 40도 수준이었다. 또한 1999년과 비교하여 2005년도에는 업소수는 약 38%, 폐수배출량은 약 22%가 감소하였다. 실험결과 색도물질의 감소율 만큼 색도값도 감소하고 있는 것으로 나타났다.

4) 효율적인 색도물질 관리 방안

금호강에 있어서 색도개선은 사진자료에서도 분명히 나타나고 있었으며 이는 지속적인 시설투자와 관리강화, 염색산업의 침체 등이 종합된 결과인 것으로 판단이 된다. 그러나 대구지역의 대구염색공단 이외의 지점에 산재하고 있는 염색업소에 대한 관리는 이전과 비슷한 수준이었으며 좀더 집단화에 의한 효율적인 관리가 필요할 것으로 보인다. 그리고 난분해성물질인 색도물질의 처리에 있어서 색도감소만 목표로 할 것이 아니라 오염물질 자체에 대한 효율성 있는 분해제거가 필요하다. 이를 위해서는 색도물질 발생단계에 있어서 오염물질의 특성에 맞는 고급산화처리가 필요한 것으로 판단된다.