

자연정화기능을 활용한 하천수질개선기술

최계운¹⁾, ○김기형²⁾, 김건홍³⁾

1. 서 론

하천을 중심으로 형성되는 인간의 활동은 자연스럽게 하천을 이용하고 그 효율을 증가시키기 위한 노력 해 왔다. 토지이용도를 높이기 위한 작은 지천의 복개, 사행하도의 직강화, 범람원을 막기 위한 높은 콘크리트 제방 등으로 인해 하천의 자정 능력은 점차 감소하고 특히, 산업화에 의한 각종 폐수들이 하천으로 유입 되어 하천의 생태계는 심각한 위기를 맞게 되었다.

선진 외국의 경우 우리나라보다 먼저 산업화가 이루어져 하천 생태계의 파괴도 먼저 발생하여 이에 따른 법적, 기술적인 대책도 우리보다 앞서있다. 본연의 모습을 상실한 하천을 개선하기 위하여 자연정화기능을 충분히 발휘할 수 있는 자연형 하천설계방식을 적용하여 큰 무리 없이 하천생태계를 회복시키고 있다.

국내의 경우 급속한 산업발달과 이에 따른 심각한 수질오염은 국민들로 하여금 하천개선에 대한 새로운 필요성을 불러넣게 되었으며 하천보호에 대한 국민들의 인식이 크게 변모하였다. 하천을 중심으로 하는 삶의 질 향상에 관한 욕구도 증가하였고 90년대에 들어서면서 각종 중소하천을 살리려는 운동을 비롯하여 지방자치단체들도 관심이 커지기 시작하여 나름대로 하천의 환경을 개선하기 위한 노력을 시도하였으나 하천의 자연정화기능을 무시한 채 경관적, 위락적 측면을 강조한 경우가 많아 실제로 하천의 자연정화능력이 제 기능을 발휘할 수 있는 하천과는 거리가 먼 하천개선이 이루어지고 있으며 또한 건기 또는 홍수기 등의 하천 특성에 상관없이 일률적인 하천 개선작업이 시행되고 있는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 수질을 개선하기 위한 하천개선기술에 있어 하천의 자연정화기능을 활용한 하천수질 개선기술을 조사하였으며 각 기술별 장단점과 비교 검토하여 향후 개발이 요구되는 하천수질개선 기술을 제안하였다.

2. 하천의 수질정화 기술

하천수질정화는 당해하천 또는 하류수역의 오락을 경감 혹은 방지하기 위하여 실시된다. 하천의 수질정화수법은 물리적 방법과 생물적 방법으로 나눌 수 있다.

2.1 물리적인 방법

물리적 방법은 분리, 회석, 침전, 여과, 흡착작용 등을 이용한 정화이다.

오수분리는 대상구간의 수질보전을 위하여 하도내에 분수로를 설치하여 배수를 별도로 유하시키는 방법이다, 오수를 지하의 수로에 흘리고, 지상의 배수로에는 깨끗한 물만을 흘리는 2층식의 수로도 이것에 해당한다. 오수를 분리시켜 유하시키기 위한 효과도 있으나 폐쇄성 수역 등의 정화에 대하여는 유효하지 않다. 지하의 소로에는 작은 돌은 깔아서 채운 수조를 매설하도, 정화효과를 높일 수 있는 방식이 검토되어 있다.

하구역이나 도시 내 저평지 하천, 호수 등에서 용존 산소의 존재에 의한 생물적 분해가 되지 않게 된 경우 분해되지 않는 오염물질이 저니로 되어 하상에 퇴적된다. 퇴적된 저니로부터의 영양염류의 용출, 수중의 산소소비, 유화수소 등의 약취발생, 검은 저니에 의한 경관악화 등의 문제가 발생한다. 이들의 원인을 직접적

- 1) 인천대학교 토목환경시스템공학과 교수
- 2) 인천대학교 토목환경시스템공학과 박사수료
- 3) 인하대학교 토목공학과 교수

거하기 위하여 준설을 시행한다. 그러나 준설한 저지의 건조나 처리에 막대한 시간과 비용이 드는 것이 큰 과제로 되어 있다.

여과는 마이크로 스트레인너 등의 막에 의하여 현탁성의 오탁물질은 제거하는 방법이다. 증소하천, 요수로 등에서 검토되어 있다. 막을 쓰는 방법에는 목눈이 막히는 문제가 남아 있다.

활성탄 혹은 목탄 등의 흡착제를 써서 물리, 화학적 성질을 이용한 현탁성 물질을 흡착시키는 방법이 요수로 등에서 실시되고 있다. 효과의 지속성에 대하여는 명확한 결론을 얻지는 못하고 있다.

보통에 의한 담수역은 현탁물질의 침전지로서의 역할을 갖는다. 더욱이 침전 이외에 보의 월류수나 낙차공으로부터 유수에 의한 에어레이션이 기대되는 것과 동시에 출수시의 후렛슈도 기대된다. 퇴적물의 혐기성 분해에 의한 악취의 발생이 문제점이다.

오탁이 진행되는 수역에 대하여 다른 유역으로부터 청정수의 도수에 의하여 희석한다. 도수된 물에 의하여 산소공급의 효과도 크다. 수자원 확보가 문제로 된다.

2.2 생물적인 방법

에어레이션은 수중의 용존산소를 늘리고, 생물적인 분해를 활발하게 시키기 위하여 저수로내에 폭기장치를 설치하는 방법이다. 오탁이 진행되는 하천에서는 국소적인 효과밖에 없고 이것에 의한 효과는 적다.

박충류법, 알개 흐르는 하상, 옥상이나 인공잔디를 하상에 까는 등의 하상개조에 의한 정화대책은 수심을 알개 하거나 흐름을 난류로 함에 의하여 수중의 용존산소를 증가시켜, 자정작용을 촉진하려고 하는 방법이다. 박충류 상태에서 하수를 처리하는 실험에 의하면, 암모니아성 질소 등의 제거는 양호하다. 그러나 하천의 경우, 충류상태가 유지되든가 또는 하천수질에 대하여 어느 정도효과가 있는지 분명하지 않다. 이들 방법은 출수에 대한 하도의 유지의 문제, 출수시의 토사에 의한 폐색 등의 문제가 있다. 또 운용시의 청수에 대하여는 그 방법·빈도 등이 문제로 되는 경우가 많다.

역간접축산화법은 자갈사이에 하천수를 침투시키는 방법이다. 본 방법에서는 하천수중의 오탁물질 가운데 무기적인 모래, 이토, 유기물 등은 침전 등의 물리적 작용에 의하여 제거되고, 작은 유기물질 가운데 비교적 큰 고형분은 물리적 작용에 의하여 자갈 사이에 포착된 후 생물에 의하여 무기화 된다. 접촉산화법 가운데에서는 기술적으로 어느 정도 확립되어 있고, 일반적인 접촉시간은 1시간 반 정도이다. 본 방법의 적용에 있어서는 포착된 무기질을 저류할 수 있는 용량을 확보할 수 있는 것, 유기물을 산화시키는데 충분한 산소를 공급하는 것, 하천수는 많은 토사분을 포함하고 있으므로 토사분의 유입을 막는 것 등에 유의할 필요가 있다.

그밖의 접촉산화법은 목탄, 끈 모양의 접촉재, 플라스틱재 등 여러 종류의 여재 내부에 하천수를 침투시키는 방법이다. 근년 많은 기술이 개발되고, 여재도 단일한 것뿐만 아니라 여러 종류의 여재를 조합시킨 것도 있다. 시스템이나 대항으로 하는 수실에 의한 제거효과는 다르고, 한마디로 어느 접촉재가 좋은지는 말할 수 없는 상황이다. 개념으로서는 역간접축산화법과 동일하다.

3. 자연정화기능을 이용한 하천의 수질정화 기술

본 방법은 생태계를 이용한 오탁물질을 제거하는 방법이다. 오탁물질은 생태계내에 있어서 식물, 동물에 섭취된 것에 의하여 무기화가 행해진다. 단, 생태계에 의한 정화에 대하여는 불명한 점이 많고 금후의 연구가 기대되고 있다.

3.1 안정지

하천에 유입하기 전에 오수를 못에 유도하여 물을 체류시켜 정화하는 수법이다. 못 가운데에 발생하는 조류나 공기중으로부터 공급되는 산소에 의하여 유기물을 생물적으로 분해하며, 침전의 효과도 크다. 깊은 경우에는 저부가 혐기성으로 되어 혐기분해가 일어난다. 근년 호소의 유입지천 대책으로서 기대되고 있다. 표 1은 안정지의 종류와 대표적인 특징을 나타내고 있다.

표 1 안정지의 종류와 특성

방법	처리 목표	대표적인 기준			유기물 부하 (kg/ha.d)	처리수의특성 (mg/L)
		필요한 기후	체류 시간 (d)	깊이 (m)		
산화지	2차	온난	10~40	1~1.5	40~120	BOD 20~40 TSS 80~140
통성혐기성안정지	2차	없음	25~180	1.5~2.5	22~67	BOD 30~40 TSS 40~100
부분혼합폭기식안정지	2차	없음	7~20	2~6	50~200	BOD 30~40 TSS 30~60
저류, 방류제어형 안정지	2차, 저수	없음	100~200	3~5	-	BOD 10~30 TSS 10~40
하이어신스 안정지	2차	온난	30~50	< 1.5	< 30	BOD < 30 TSS < 30
하이어신스 안정지	AWT, 2차처리	온난	> 6	< 1	< 50	BOD < 10 TSS < 10 TP < 5 TN < 5

3.2 습지 정화

습지에 오탁수를 일정 기간동안 저류하고 현탁물질의 침강, 습지내에서의 생태계에 의하여 오탁물질은 퇴적, 저류, 분해하는 수법이다. 본 수법에서 오탁물질은 습지내의 미생물, 조류를 비롯하여 어류에 이르는 생물순환의 가운데서 습지에서의 확산, 이행이 기대된다. 습지를 창조하는 것도 중요하나 유역의 습지역을 종합적으로 보전하는 자세도 중요하다. 넓은 면적이 있는 곳에서는 유효하나 대면적부하를 크게하면 기능이 없어진다. 표2는 습지 정화의 종류와 대표적인 특징을 나타내고 있다.

표 2 습지 정화의 종류와 특성

방 법	처리 목표	대표적인 기준			유기물 부하 (kg/ha.d)	처리수의특성 (mg/L)
		필요한 기후	체류 시간 (d)	깊이 (m)		
자연 습지	AWT, 2차	온난	10	0.2~1	100	BOD 5~10 TSS 5~15 TN 5~10
인공습지	표면류 습지	없음	7~15	0.1~0.6	200	BOD 5~10 TSS 5~15 TN 5~10
	복류 습지	없음	3~14	0.3~0.6	600	BOD 5~40 TSS 5~20 TN 5~10

3.2 토양 정화

토양의 흡착작용, 여과작용, 생물작용을 이용한 정화수법이다. 일반의 수법으로서는 제거가 어려운 인등의 물질도 처리할 수 있는 강력한 정화수법이다. 일본에서는 색을 제거하기 위하여 행해지고 있다. 단점으로는 목초 막힘이 일어남으로 유지관리나 양생기간의 설정 등이 필요하다. 복수계열을 이용한 연속적 운용이 바람직하다. 표3은 토양 정화의 종류와 대표적인 특성을 나타내고 있다.

표 3 토양 정화의 종류와 특성

방법	처리 목표	대표적인 기준				처리수의특성
		필요한 기후	식생	면적 (ha)	수리학적부하	
완속침투	2차처리, 고도처리	온난 계절	있음	23~280	0.5~6	BOD < 2 TSS < 2 FC 0 TN < 2 TP < 0.1
급속침투	2차처리, 고도처리, 지하수함양	없음	없음	3~23	6~125	BOD 5 TSS 2 FC 10 TN 10 TP < 1
표면유하	2차처리, 질소제거	온난계절	있음	6~40	3~20	BOD 10 TN < 10 TSS 10
On-site	2차에서 3차	없음	없음			

3.3 하천의 자연생태를 이용한 방법

본 방법은 부레옥잠, 연, 개구리밥 등 부유식물이나 수중 식물을 보전시키고, 물벼룩류와 같은 수생식물의 양을 증가시킴으로써 오탉물질을 생물순화의 가운데 끌어들이어 하천수질을 개선하는 방법이다. 부레옥잠은 폭기, 산화 침투에 의한 정화를, 연은 침전 작용등을 기대할 수 있다. 효과의 정량화는 아직 되어 있지 않으나 연구가 기대되고 있는 분야이다.

4. 국내의 하천정화 공법

국내의 하천정화 시설은 안산천정화 및 정비사업의 일환으로 역간침축산화법이 최초로 설치되어 운전된 바 있으나 충분한 사전 검증작업을 거치지 않고 설계 및 시공되어 현재 운전이 정지된 상태이며 이후 안양학의천에 1200톤/일 규모의 Demo Plant가 운전되면서 관련 연구가 진행되고 있다. 이후 양재천, 학의천, 가음정천, 토월천 등에 실규모 역간침축산화시설이 건설 및 운영중에 있다. 그러나 보급의 초기단계이기 때문에 설치 이후의 운전 및 효율성 등에 대한 종합적인 평가작업은 이루어지지 못하고 있는 실정이다.

4. 결 언

국내 하천에 적용되고 있는 각종 하천수질개선 방법들의 대부분은 하천의 자연정화기능을 고려하지 않고 무조건적인 하천수질을 개선하기 위한 기술적용이 이루어지고 있으며 적용 후 또 다른 하천문제를 야기하는 등의 폐해가 발생하고 있다. 이를 해결하기 위해서는 하천의 자연정화기능을 이용하는 것이 바람직하나 계절에 따라 유량변동이 크고 하상 계수가 큰 국내하천의 특성 때문에 직접 적용하여 수질을 개선하는 효과를 기대하기는 힘들다.

따라서 국내 하천의 특성에 적합한 수질정화 기법이 요구되며 각 기법들은 서로 다른 특성과 적용을 위해 최적조건이 다르므로 이를 일반화시킬 필요가 있다. 향후에는 국내 하천의 형상, 규모, 등 하천특성 뿐만 아니라 갈수기의 수질이나 유량, 평시 오염 부하량 등에 따른 수질정화 기법이 분류 및 선택되어야 할 것으로 판단된다.

참고 문헌

1. Metcalf & Eddy, Inc : Wastewater Engineering : Treatment, Disposal, Reuse, 3d ed", McGraw Hill, New York
2. Sherwood C. Reed, Ronald W. Crites, E. Jon Middlebrooks.(1995). "Natural Systems for Waste Management and Treatment", McGraw-Hill, Inc
3. U.S. Environmental Protection Agency (1984). "Process Design Manual Supplement on Rapid Infiltration and Overland Flow", EPA 625/1-81-031a, Center for Environmental Research Information, Cincinnati, OH, Oct.