

하천의 자연정화

Natural Clean-Up System in River



글 / 奇 文 奉

(Ki, Moon Bong)
수질관리기술사, 공학박사,
경기대학교 겸임교수,
(주)지오엔바이로 대표이사.
E-mail:cleanland@intizen.com

Water quality improvement of water supply sources is very important problem. For improvement of water quality of 4 major river basins, various water purification systems are constructed and operated : natural clean-up systems in river.

1. 서 론

과거에는 하천을 단순한 “물길” 정도로 인식하여 물의 흐름을 원활하게 하기 위하여 직강화하고 콘크리트 호안을 쌓고, 고수부지를 주차장으로 이용하거나 아예 복개하여 도로로 이용하는 반환경적 개념 하에서 하천이 관리되었다. 1960년대 산업화와 도시화가 본격적으로 이루어진 이후로 하천의 관리는 치수기능과 경제성만을 위한 획일적이고 인공적인 하천정비에 초점이 맞추어져 왔다. 현재 전국의 3,600km의 국가하천 및 지방1급 하천의 대부분이 콘크리트로 덮이고, 직강화가 이루어져 인공화(Channelization)되어 있는 상태이며, 그보다 규모가 작은 지방2급 하천, 소하천의 상황도 비슷한 실정이다. 그러나 하천은 단순한 물길이 아니라 생태계가 발원하는 근원이며 국민들의 생활공간의 일부이다. 따라서, 하천환경을 쾌적하게 가꾸어 국민들이 가까운 곳에서 자연을 향유할 수 있도록 하는 것은 맑은 물 공급 못지 않게 중요한 일이다.

환경 보전과 개선이 우리의 삶의 질을 향상시키

는 기본인자로 인식되는 최근에 들어서는 하천의 환경기능은 과거처럼 쉽게 포기하기 어렵다. 1990년대 들어 하천의 환경적 기능에 대한 인식이 확산되어 하천환경의 보전과 복원의 필요성이 대두되어 왔으며, 이러한 하천환경의 보전과 복원을 위한 방법으로 자연형 하천공법을 들 수 있다.

2. 하천의 자연정화

2.1 하천정화의 정의 및 목적

2.1.1 정 의

하천정화란 유역내 사회활동(가정생활을 포함)의 대사산물이 유입되어 하천이 가지고 있는 자정능력을 웃돌아 하천의 기능이 열악하게 된 상태를 원래의 상태로 복원시키기 위한 인위적인 자연보전 행위를 말한다. 그러나, 원래의 상태를 어느 수준으로 할 것인가에 따라 새로운 하천 기능을 부가하는 결과를 낳기도 한다.

2.1.2 목 적

하천수질정화의 목적은 단순히 수질개선의 목

적뿐만 아니라 하천기능을 보전하고 개선하는 것으로 구체적인 내용은 다음과 같다.

- ① 유수중 유기물(BOD, COD 등)의 저감
- ② 유수중 용존산소(DO) 농도의 개선
- ③ 유수의 외관적 성상개선(색도, 탁도)
- ④ 유수의 감각적 성상개선(악취의 저감)
- ⑤ 하상의 개선(부착물, 침전물의 저감 및 제거)
- ⑥ 환경요소로서의 종합적 기능 보전

수질상태를 나타낼 수 있는 지표항목은 각각의 수준에 따라 경중은 다르나, 구체적으로는 pH, DO, BOD, 대장균군 수, 투시도(탁도), 계면활성제, T-N, T-P, 생태계 구조상태 등의 항목을 들 수 있다. 물론 수질적 항목뿐만 아니라 하상구조, 하천형상, 유속, 유량 등의 구조적 요소를 만족시키는 것도 부대 목표가 된다.

2.1.3 자연정화

하천의 자연정화란 오염된 하천을 인위적이 아닌 자연적인 방법으로 정화시킨다는 의미로 하천정비와는 구별된다. 자연형 하천정비는 하천의 이·치수 기능을 증진시키기 위하여 하천을 정비하거나 개발하는 경우 이·치수기능을 저해하지 않는 범위 내에서 하천을 보다 자연스럽고 생태계에 이로운 방향으로 꾸미는 것을 말한다. 즉, 하천의 자연보전기능인 수질자정 및 생태적 서식처, 친수기능인 수상위락, 수변경관 및 정서함양, 공간기능인 공간이용, 피난·방재공간 및 지리분할 등 하천의 환경기능 중에서 특히 하천 동식물의 서식처 기능과 수변경관 기능에 중점을 둔 것이다. 자연형 하천정비 공법은 하천정비, 하천공사, 하천복원시 하천을 자연상태에 가깝게 만들기 위한 공법을 뜻한다. 자연형 하천공법에는 자연 상태의 가까운 하천환경을 이루기 위해서 적선화되고 균일한 단면을 갖는 인공하천을 만곡이 있고 비대칭 단면이 있는 하천형태로 바꾸는 과정이 포함되며 또한 하천 생태계가 자연스럽게 형성될 수 있는 여울과 소의 구조의 적용 또한 포함된다. 자연형 하천공법에서는 콘크리트와 같은 인공적인 재료의 사용을 지양하고 살아있는 통나무, 풀, 야자섬유 등의 생태재료를 사용하는 것을 원칙으로 한다. 적용 대상 구역은 하도 내, 저수로 선형과 저수호안, 고수부지, 고수호안(제방) 그리고, 하천유역 등 기타 구역으로 구분할 수 있다. 하도내에 적용되는 공법으로는 여울과 소 연속 구조, 비대칭 단면의 조성 등이 있을 수 있고, 저수로 선형과 저수 호안이 적용 대상구역이 되는 경우에는 하천 선형의 만곡과 저수 호안의 생태재료 쟈 등을 예로 들 수 있다. 이에 비해 하천의 자연정화는 하천의 수질상태만을 대상으로 하는 것으로, 하천의 수질을 개선함과 아울러 하천의 자정

수를 예로 들 수 있다. 이에 비해 하천의 자연정화는 하천의 수질상태만을 대상으로 하는 것으로, 하천의 수질을 개선함과 아울러 하천의 자정

〈표 1〉 하천 자연정화 공법의 비교

구분	자갈접촉산화법	끈상접촉산화 증진정화법	수생식물식재, 회수법	토양침투법
원리	<ul style="list-style-type: none"> • 하천의 여울은 자갈부분, 소는 양상류의 담수호로 변경하여 효율 10~20배 • 자갈사이의 자갈 표면에서 유속 mm/s 단위의 높은 유속 조건으로 되어 효과적으로 고액분리 • 분리된 슬러지는 시설 하부로 이동, 저류 	<ul style="list-style-type: none"> • 자갈 접촉산화의 문제점을 보완한 방식 • 산화조에 다수의 미생물을 넣어서 산화, 흡착, • 자갈 접촉산화법이 정화할 수 없는 것을 정화하고 정화효율이 높다. • 분리된 슬러지는 시설 하부로 침전·농축 	<ul style="list-style-type: none"> • 주로 식물에 의한 N, P의 흡수와 SS 성분의 침전에 의해 정화 한다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 토양의 통수속도는 0.5m/일 정도이나, 10배 정도인 3~5m/일로 통수 한다. • 토양에 의한 흡착과 여과로 정화한다.
특징	<ul style="list-style-type: none"> • 자갈을 이용 • 물의 정화와 분리 오너의 체적감소 • BOD, SS에 효과가 크나, N, P등은 정화 할 수 없음. • 원수중의 DO 만으로 하기 때 문에 20mg/L 이하에 적합. • 5년마다 자갈교체 • 정화는 BOD 4~6, SS10mg/L 이하 • 시설상부를 공원화 할 수 있음. 	<ul style="list-style-type: none"> • 표면적이, 자갈의 수십배인 끈상 접촉여 재를 이용 • 물의 정화와 생물막의 체적감소 • 오염물의 부하 변동에 강하다. • BOD, DO, N, NH4-N, 곰팡이 냄새 등 대부분 을 정화함. • 포기에 의한 방식이므로 BOD의 제거범위가 넓음. • 반영구적 사용 • 시설상부의 공원화 	<ul style="list-style-type: none"> • 넓은 면적 이 필요 • N, P의 제거 효과를 기대 할 수 있음 	<ul style="list-style-type: none"> • 접촉산화 등에 의한 SS 제거가 필요하다. • 색도와 인체기능 • 폐색의 회복 색도, 인의 재방출, 즉 토양의 회복기술이 중요

능력 회복에 따른 수질개선을 목적으로 하고 있어 하천정비와는 구별되고 있다.

2.2 하천정화계획의 수립

2.2.1 하천정화용량

하천의 정화능력을 표현하는데는 환경용량의 개념이 일반적이다. 이 환경용량은 하수의 방류지점을 평가할 때, 혹은 새로운 개발 계획을 평가할 때 쓰이는 개념이다. 이 환경용량은 현황의 하천 상태에서 정화능력을 구해 자연상태에서 자정작용으로 여유가 있는가를 말하는 것으로, 다시 말하면, 후에 어느 정도의 부하를 주어야 환경용량을 넘지 않는지를 판단하는 것이다.

하천수질정화용량은 자연상태의 정화능력과 인위적인 힘이나 에너지를 하천에 부가하는 것에 따라 하천의 자정작용을 증폭시켜 얻을 수 있는 능력을 합한 총괄정화능력으로 나타낼 수 있다.

$$\text{하천수질 정화용량} = \text{자연의 정화능력} + \text{인위 증대 정화능력}$$

2.2.2 하천정화의 계획

하천정화를 실시하여 시설을 가동하는 것은 맑은 날 뿐으로, 우천 시는 하천의 하상 침전물이 썹겨 내려가는 시기이기 때문에 수질정화시설을 가동하지 않는다. 정화계획을 입안할 때, 가장 중요시되는 것은 다음의 3항목이다.

①수질정화의 목적과 대상 수질항목

수질정화의 목적 및 대상 수질항목에 따라 정화방식이 다르다.

②수질정화 대상의 유량과 수질

수질정화 대상 유량으로서 초기의 시설에서는 저수유량을 대상으로 하고 있는데, 정화시설은 맑은 날만 가동하기 때문에 저수유량이 아니라, 새로운 개념으로 표현할 필요가 있다. 유량은 시설의 크기를 결정하기 때문에 중요하다. 또한, 수질은 설정된 유량시 수질과 청천시의 전 데이터를

사용해 각각 설정하고, 양자의 비교로 종합적 판단을 하는 것이 좋다. 수질은 목적·목표·방식을 정하는데 중요하다.

③정화용지

정화에 사용할 수 있는 용지의 장소, 형상, 고저차에 의해 정화방식, 취수, 방류방식이 좌우된다.

2.2.3 하천정화의 원칙

하천의 정화작용, 상·하수도처리 모두 물을 깨끗이 하기 위해 필요한 것으로 사항을 열거하면 다음과 같다.

①유속이 느린 장소가 필요하다.

②여과를 위해 石, 砂, 土砂 등의 소재가 필요하다.

③생물이 거처할 장소가 필요하다.

④생물이용에는 산소의 존재가 불가결하다.

⑤고액분리 후 고체를 수중에서 제거해야 한다.

2.3 하천수질정화

하천수질정화는 바꾸어 말하면 하천기능을 보존·개선·재편성·복원 등의 개념에 의해 목표 항목에 맞도록 보전하는 것이라 할 수 있다. 또 이러한 방법들은 제내·제외지 혹은 하도 내의 어느 공간에서 실시할 것인가가 문제가 된다. 제외지 정화법을 이용하기에 앞서 여러 가지 예전에 의해 제약을 받을 경우 하천을 대상으로 직접 정화하는 방법을 택할 수 있다.

2.3.1 하천수질정화 기구(Mechanism)

오염된 하천의 물을 정화하는 방식은 하천 자체의 정화작용(하천의 자정작용)의 일부, 또는 전부를 응용하여 인위적으로 그 정화 효과를 증대시키는 것이다. 하천 정화의 기본적인 원리는 다음과 같다.

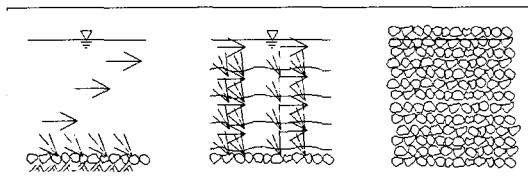
①회석 - 깨끗한 지천수나 지하수를 유입하면 회석된다.

②침전·흡착 - 흐름에 의한 유속 변화, 하상

기술자료

형태의 변화에 따라 수중의 오염물질은 침전하거나, 하상면에 접촉하여 흡착된다.

- ③여과 - 오염수가 침투성이 높은 하상을 통과할 때 오염물질이 여과 작용에 의해 제거된다.
④생물의 유입, 산화 분해 - 유수중이나 하상면에 서식하는 생물의 작용에 의해 오염 물질이 분해된다. 이러한 정화능력의 확대를 나타낸 것이 다음 그림이다. <그림 1>에서 보듯 10장의 생물막을 유수중에 전면에 깔면, 정화능력은 10배가 되고, 필요한 유하거리는 1/10로 축하게 된다. 마찬가지로 생물막 100장을 유수중에 전면에 깔면 100배의 정화능력을 발휘하게 된다.



<그림 1> 정화능력 확대의 개념도

2.3.2 하천수질 정화방법

하천은 오염물질을 받아들이는 대상이지 그 자체에서 오염원을 발생시키는 발생원이 아니기 때문에 수질을 좋게 하기 위해서는 먼저 오염물질이 하천으로 유입하는 것을 차단하여야 한다. 하천으로 오염물질이 유입하는 것을 차단하는 방법으로는 기존의 하수관망의 정비와 하수관망에 의하여 차집된 하수를 처리하여 방류하는 것이다. 이는 일반적으로 가장 확실한 방법이다.

2.4 하천자연정화공법

2.4.1 메디아를 이용한 접촉산화공법

①개요

메디아를 이용한 접촉산화법에 의한 정화원리는 미생물막을 메디아 표면에 부착·형성시키는

<표 2> 하천수질정화방법의 기본원리와 해당방법

기본원리	방법
• 원인물질을 직접 제거하는 것 • 영향·원인물질을 유입시키지 않는 것 • 위생학적 원인물질을 살균·감소하는 것 • 원인물질을 분해·산화·분리하는 것	(1) (3) (14) (5) (15) (4) (6) (7) (8) (9) (10) (11) (12) (13)
방법	1. 준설 3. Screening 5. 보전수로(유로전환) 7. 床上(물리적 침전) 9. 하상구조물(접촉산화, 침전 등) 11. 부착체접촉(접촉생물산화) 13. 산화지(생물체흡착) 15. 살균제 첨가(화학적 제어)
	2. 응집침전처리 4. 도수(정화용수) 6. 대류연(물리적 침전) 8. 박층류(물리적 침전) 10. 자갈접촉(접촉생물산화) 12. 포기 14. Flushing(물리적 소류)

고정생물막의 일종이다. 메디아 표면에 형성된 생물막에 오염된 물을 접촉시켜 유기물을 흡착시키고, 미생물의 산화분해작용에 의해 정화하는 방법으로서, 인위적으로 이 자정작용을 재현하려고 하는 것이다. 메디아를 이용한 접촉산화법에서는 오염수를 여재층에 물을 채워 수평적으로 흘려보내어 메디아 사이에 부착되어 있는 미생물이 오염물질(유기물)을 호기성 상태에서 분해하여 용존산소를 소비하는 공정이다.

②원리 및 특징

메디아 이용 접촉산화법의 정화효과는 아래에 제시하듯이 ①접촉침전효과 ⑤생물흡착효과 ⑥생물 산화분해효과 ⑦슬러지의 분해감량효과의 4가지인데, 이중 가장 특징적인 효과는 ①와 ⑤이다.

①접촉침전효과

자갈과 자갈사이에는 대소의 공극이 존재하는데, 공간은 작고 침전거리가 극히 짧기 때문에 침전이 쉽게 일어나 부유물질을 제거한다.

⑤생물 흡착효과

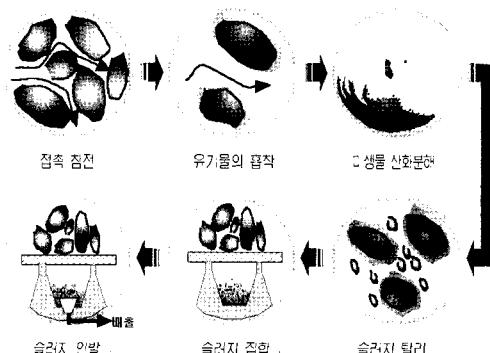
수중의 부유물과 자갈은 미약하면서 상반되는 전기적 성질을 갖기 때문에 흡착현상이 생긴다. 그리고 자갈 표면에 생긴 생물막의 접성에 따라 부유물이 흡착된다.

◎ 생물산화의 분해효과

자갈표면에 발달한 생물막에 따라 수중의 유기물이 흡수되어 미생물의 에너지원이 된다. 이 때 문에 유기물의 일부는 생물체가 되고 일부는 산화분해되어 CO_2 와 H_2O 가 된다.

④ 슬러지의 분해감량효과

침전·흡착에 따라 처리수와 분리되고 생성된 오니(생물막)는 자산화 및 혐기화에 의하여 오니의 부피가 감소되며, 또한 오니의 탈리에 의하여 하부에 정체된 오니의 농축으로 인한 슬러지가 감소한다.



(그림 2) 메디아 이용 접촉산화공법의 정화원리

2.4.2 고효율 습지여상공법

① 개요

고효율 습지여상공법은 오염된 물을 자연정화 방법에 의해 정화하기 위하여 저류시설 내부에 습지 필터층과 접수정을 형성하고 습지 필터층에 모래, 자갈 등을 충진하여, 오·폐수를 습지 필터층에 유입시켜서 인공습지를 조성하고, 인공습지에서 수생식물을 재배하고 수확하여 질소·인 등의 영양물질을 제거하여 일정시간 체류 후, 오·폐수가 필터층을 통과하면서 여과되고 미생물에 의해 분해되어 접수정으로 유입하고 다시 접수정에서 습지로 순환되어 이 과정을 반복하면서 수질을

정화하는 공법이다.

② 원리 및 특징

수생식물재배(공법)은 습지공법과 자갈침지여상공법을 결합한 공법이다.

습지중앙부에 접수시설을 설치하고 접수시설 상단부에서 월류시킴으로써 습지 기질인 모래층과 하부자갈층이 모두 침지되고 습지상부에 일정 수심이 유지된다.

중앙부 접수시설에 펌프를 설치하여 습지로 순환시킴으로서 체류시간이 연장된다.

습지상부 수심의 조정이 용이하고 동절기에 수심을 높여서 운전하게 되므로 동절기에도 처리효율이 유지된다.

3. 결 론

하천의 자연정화공법은 국내에서는 확실하게 확립된 기술이 아니라 개발중인 기술이라고 할 수 있다. 기존에 국내에서 적용된 기술은 외국의 기술을 도입하거나 그와 유사한 공법을 사용한 경우가 대부분이었다. 따라서, 앞으로 하천의 자연정화사업을 추진해 나가는데 있어서 많은 과제가 뒤따를 것으로 사료되며, 인공의 힘을 가하지 않으면서 최대한 자연친화적으로 하천을 정화하기 위해서는 국내의 자연조건에 맞는 하천자연정화공법 기술의 개발이 시급히 해결해야 할 문제라 할 수 있을 것이다.

또한, 하천에 대한 관심이 증대되고 있는 가운데 국민적 이해도를 높임으로서 치수·이수·환경이 조화를 이룬 하천을 종합적으로 관리해 나갈 수 있도록 지역적 의견을 수렴하는 새로운 구조적 제도를 마련해야 할 것이다.

(원고 접수일 2001. 9. 10)