

다공성 세라믹과 제올라이트를 활용한 수질정화미디어블록의 효과 연구

전성률¹⁾ · 구분학²⁾

¹⁾ 상명대학교 대학원 · ²⁾ 상명대학교

A Study on Water Purification Effect of Media Block Using Porous Ceramics and Zeolite

Jeon, Sung-yool¹⁾ and Koo, Bon-hak²⁾

¹⁾ Graduate School of SangMyung University,

²⁾ SangMyung University.

ABSTRACT

Preeminent water treatment plans are essential to preserve the water quality of aquatic biotopes. Previous studies have not been sufficient to provide cost-effective maintenance method since they focused only on the purification of deteriorated water that requires a continuous supply of clean water. This study proposes an economical method of water quality maintenance using water treatment media block constructed vertically using porous ceramics, zeolite, and river pebble. The water treatment media block does not require a separate purification area because it functions as a purifier within the ecological pond which can maximize the biotope area. To evaluate the performance of the water treatment media block, we longitudinally tracked the change of water quality indicators (pH, TDS, COND, DO, T-P, T-N, COD) suggested by Water Environment Standards, Ministry of Environment, Republic of Korea. We compared the water quality of one control (A: general ecological pond composition method of the laminated structure) and two experimental groups (B: a combination of aquatic plants and a water treatment media block, C: a water treatment media block only). As a result, we confirmed that the water treatment media block is an efficient and economical method to maintaining the water quality of the ecological pond for a long time. The water treatment media block will be a great help in providing a better aquatic biotope space for aquatic insects and fishes living in clear water.

First Author : Jeon, Sung-yool, Graduate School of SangMyung University,
Jokyunara Ecology Laboratory, Tel : +82-2-998-7100, E-mail : emax@naver.com

Corresponding Author : Koo, Bon-hak, SangMyung University,
Tel : +82-41-563-1241, E-mail : ecoculture@smu.ac.kr

Received : 21 September, 2017. **Revised** : 22 October, 2017. **Accepted** : 18 October, 2017.

Key Words : Wetlands. Water pollution process test method. Environment water quality standard. Aquatic biotop. Ecological pond.

I. 서 론

급속한 산업화와 도시 확장으로 인해 자연생태계의 훼손과 오염문제가 대두되고 있다. 이와 같은 문제는 국내에 국한된 주제보다는 범 지구적인 과제로 인식되고 있다. 국가적으로 또는 국제적으로 대응전략이 대두되고 있다. 국내에서는 환경부와 각 지자체에서 실시하고 있는 자연마당 및 생태계보전협력금사업 등이 대표적이며, 이 제도의 시행을 통해 생태공원을 비롯하여 옥상정원 등의 증가로 인해 생물다양성을 함양하고 점오염원 및 비점오염원 등 환경적인 측면에서 수질정화 등을 목적으로 하는 생태연못 조성이 증가하고 있는 추세이다.

생태연못은 ‘인공적으로 조성된 습지’의 한 유형으로서, 특히 ‘생태적 목적에 의해 인공적으로 조성된 습지’로서(Koo, 2011) 도시생태환경의 개선을 위해서 대부분 인공습지를 중심으로 도시환경의 복원·창출계획이 지속적으로 수립되고 있다.

중앙정부와 지방정부에서 도시의 생태환경개선을 위하여 인공습지 조성의 수요가 증대될 것으로 예측된다. 생태연못의 가치를 재인식하고 여가 공간 혹은 환경체험의 장소로 활용하기 위해 친환경적인 보존 및 개발을 통해 생태적·교육적 그리고 미적인 면에서 동시에 개선할 필요성이 있다.

또한 습지는 단위면적당 서식하는 종의 밀도가 높으며 다양한 종들이 서식할 수 있는 곳이므로, 공간적인 제약이 많은 도시지역에 인공습지를 도입하여 생물서식처를 조성하는 것은 가장 효율적인 생물서식처 조성방법중의 하나이다. 생태연못은 생물서식처로서 뿐만 아니라 우수저류시설로서의 기능도 갖추며 도시에서 부족한 환경 및 생태교육의 장소를 제공한다(Kim, 2001).

생태연못의 지속적인 증가와는 별개로 원래 목적에 부합되지 못하거나 관리의 소홀로 인해 효율적인 역할을 수행하지 못하고 있는 실정이다.

수질정화에 관한 연구에는 송근예와 강호정(2011), 고상모와 송민정(2013), 김봉균과 서대석(2014), 김에훈과 최종민(2012), 이현두와 안재영(2015), 연영익과 최규석(2011), 박운석과 김봉균(2014) 등이 있다.

기존의 연구들은 생태연못 조성을 위한 가이드라인 및 기준은 환경부(2001), 최송훈(2011), 장재훈(2013), 김춘수(2014)이며, 모니터링에 관한 연구는 김춘송 등(2007), 환경부(2010), 임명희 등(2015), 등에 집중되어 효율적인 관리를 위한 방안이나 수질정화능력을 개선하기 위한 구조 및 기법 등에 대한 연구가 필수적으로 요구되고 있다.

본 연구에서는 서울시와 같은 대도시의 생태공간에서 가장 일반적인 공법인 적층식 정화연못과 본 연구에서 제시하는 다공질 세라믹과 제올라이트, 강자갈의 재료를 활용한 수질정화미디어블럭의 정화유지능력을 검증하고자 한다.

II. 실험 및 방법

1. 연구범위

본 연구의 수질정화 실험은 충남 천안시 상명대학교 온실에 실험구를 설치하여 진행하였으며, 실험용수는 천안시 동남구 안서동에 위치한 천호저수지에 유입되는 공장 정화수를 채수하였다(Figure 1).

천호지는 주변으로 상명대학교 천안캠퍼스, 단국대 천안캠퍼스, 호서대학교, 백석대학교, 천안 종합터미널 등이 인접하고 있으며, 향후 시민의 휴식과 경관을 겸비하게 될 도시 내 호수공원으로 변환될 가능성이 높은 저수지이다. 이 연구



Figure 1. Location of Cheonho Reservoir in Cheonan City

는 실험 설계, 기존 사례 연구, 비교 실험 기간을 포함하여 2015년에서 2017년까지 진행되었다.

2. 연구 방법

1) 문헌연구

생태연못을 포함한 수 공간에 대한 전반적인 연구사례를 분석하기 위해 수질정화에 대한 모니터링은 연구논문 및 국, 공립연구원의 보고서를 활용하였다. 또한, 수질정화를 위한 생태연못 조성 모델 제시를 위해서 기존 수공간 조성 기법 및 구성, 재료 등의 특성과 관련된 사례 및 보고서 등을 고찰하였다.

2) 실험 재료

실험장치의 대조구(A)는 자연친화적 생태연못 조성공법으로 사용하는 자갈, 제올라이트, 양질토를 적층한 구조를 설치하였다. 실험구는 정

화연못 설치 면적을 생태연못 면적으로 확대가 가능하고, 정화재의 반복 사용 및 유지관리가 용이한 강자갈블럭, 세라믹블럭, 제올라이트블럭으로 제작된 수질정화미디어블럭을 설치하고 수생식물을 식재한 실험구를 (B), 수생식물을 식재하지 않은 실험구는 (C)로 구분하였다(Table 1).

실험구는 200리터 원형용기를 실험의 정확도를 높이기 위해 3개 실험구의 3반복인 9 SET와 물 순환을 위한 수중펌프(단상 10W × 9 SET). 실험에 사용되는 수질정화미디어는 제올라이트(Ø 3~5mm), 세라믹(Ø10~15mm), 강자갈(Ø20~30mm), 양질토(마사토)를 사용하였다(Figure 2). 제올라이트, 세라믹, 강자갈은 사전 세척하여 오염원 유입 최소화하였다. 수중펌프는 최초 측정부터 3일까지 24시간 작동하였으며, 이후 펌프를 정지하고 수질환경을 측정하였다.

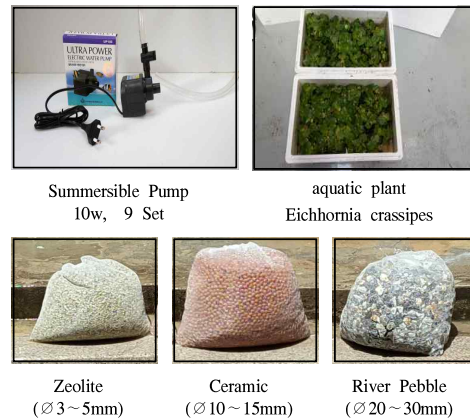


Figure 2. Materials of water purification media

Table 1. Experiment device Configuration

Category	Control Group	Experiment Group	
	Type A*	Type B**	Type C***
Materials	Loamy Sand	River Pebble	River Pebble
	River Pebble	Zeolite	Zeolite
	Zeolite	Ceramic	Ceramic
	<i>Eichhornia crassipes</i>	<i>Eichhornia crassipes</i>	-
Water volume	Cylindrical water tank 200 l		

* Existing ecological pond structure & Aquatic plant *Eichhornia crassipes* 부레옥잠

** Water purification media block & Aquatic plant *Eichhornia crassipes* 부레옥잠

*** Water purification media block

3) 수질측정 항목 및 측정시기

수질측정 항목 및 측정시기는 환경부 호소 수질환경기준에 의거 pH, COD, TDS, DO, T-P, T-N 등을 측정하였다. 측정방법은 환경부 수질오염공정시험법에 의거하여 실시하며, 측정 시기는 가장 평균 기온인 오전 10시에 매일 1회를 기준으로 하였다.

Table 2. Analytical Items and methods

Analytical item	Methods
pH	PCD 650 Multifunctional water quality indicator.
DO	
TDS	
COND	Spectrometer Optizen 1412v Chemical analyzer using the visible rays, from 340nm to 1100nm.
T-N	
T-P	
COD	

4) 수생식물 선정 및 식재

수생식물은 영양염류(인, 질소 등)의 제거 및 수질정화능이 검증된 추수식물(정수식물)을 대상으로 선정하였다.

Yang(2012) 및 조경설계기준(2013)에 의거하여 정수식물은 줄, 부들 등, 부유식물은 부레옥잠, 생이가래, 침수식물은 가래, 물수세미, 붕어마름이 제시되었으며, 이 중 수공간에 일반적으로 적용되고 COD, T-N, T-P의 수질정화능이 뛰어난(Son, 2010) 부유식물인 부레옥잠을 식재하였다. 수생식물의 안정적인 활착

을 위해 포트에서 성장한 2년생 부레옥잠을 활용하였다. 개방수면과 식생의 비율은 강남구, 동작구, 남양주시의 개방수면대비 수생식물면적이 평균 35%로서 동일한 개방수면환경을 조성하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 수질정화미디아블럭의 물성

기존 수질정화를 위한 생태연못 구성과 본 연구에서 제시한 모델에 대한 비교 실험을 통해 도출된 결과를 토대로 적합한 도심내의 수 공간에 포괄적으로 적용할 수 있는 모델을 제안하였다.

생태연못은 생태연못과 정화연못으로 구성된다. 생태연못의 조성 면적비를 분석하면 강남구 A아파트의 생태연못과 정화연못의 면적은 170㎡와 60㎡로서 정화연못의 면적비율은 35%이며 동작구 아파트는 149㎡, 54㎡에 36.2%이며 남양주시 생태연못은 147㎡, 29.3㎡로 20%의 비율을 조성되었다.

정화연못의 구조는 수질정화를 위해 양질토, 강자갈(Ø5~100), 제올라이트(Ø1~35mm)를 적층되며 오염수를 정화재 사이로 여과되어 정화기능을 발휘한다.

서울시 공원연못바닥이 토사로 조성되어 수질관리의 문제점을 제시하였다(서울시, 2001). 서울시 공원연못 24개소 중 연못바닥면이 점토는 용산가족공원, 길동생태공원 등 9개소이며 토사는 보라매공원 연못, 서울대공원 반도지, 서

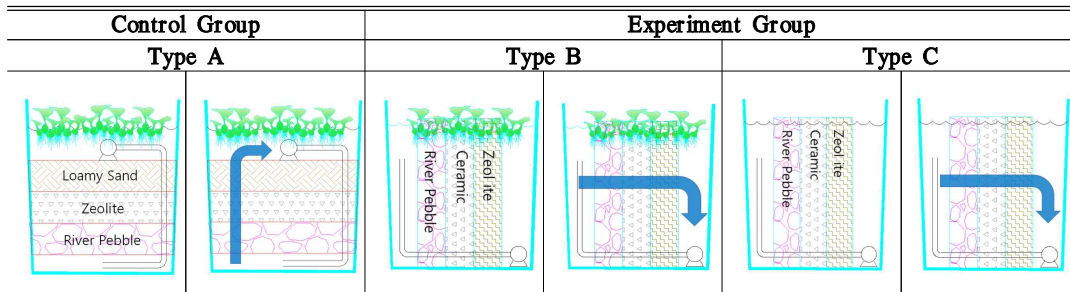


Figure 3. Structural section of water purification media and flow of purified water (blue arrows)

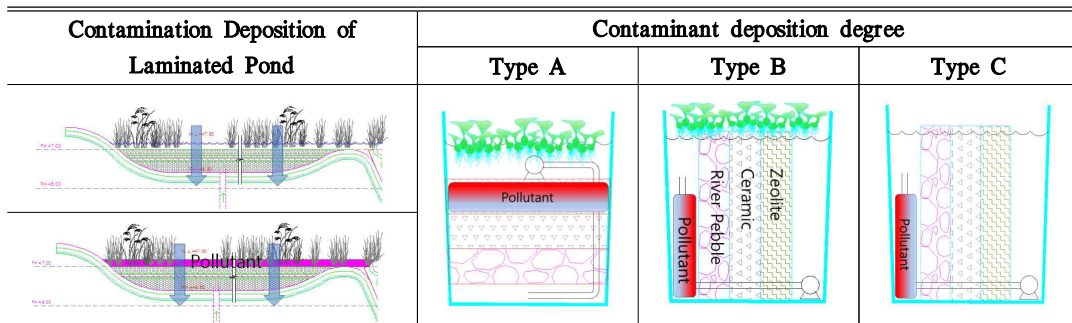


Figure 4. Contamination Deposition of Laminated Pond and Water Purification Media Block

울대공원 조절지이며 석촌호수는 토사와 자갈로 이루어져있다. 서울시 공원연못 23개소 중 연못바닥이 점토, 토사로 구성비는 14개소(60.8%)이다.

강자갈은 접촉산화공법의 정화방법으로 오염물질이 접촉재 표면에 부착됨으로서 미생물막을 형성하는 고정생물막공법에 이용된다. 자갈을 이용한 정화공법은 접촉·침전효과 생물흡착효과 생물분해효과 슬러지 감량 효과 등의 4가지 효과를 기대할 수 있으며 접촉침전과정이 가장 효과적인 정화공법이다(ME, 2014)

세라믹은 미생물 고정화 담체의 세라믹은 수처리만 아니라 악취 및 휘발성 유기 화합물(VOC) 제거를 위한 각종 바이오필터로 그 응용범위는 매우 넓으며 미생물과의 부착성이 우수하다(Park 2000).

Min(2011)은 모듈형 접촉담체 및 천연항토 세라믹 담체와 수생식물을 적용한 고효율 접촉 인공습지의 오염물질 처리에 대한 적용성을 실험하였다. 그 결과 다양한 토양 미생물과 수중 미생물의 접촉, 수생식물 식재량의 증가를 통해 생분해성 및 무기물질의 제거율이 증가 한 것으로 나타났다.

Ko(2005)는 제강슬래그와 제올라이트 이용하여 채움재의 공극률에 따른 실험으로 수질개선 효과를 분석하였다. 그 결과 정체수역에서의 유입되는 오염물질의 농도를 크게 저감시킬 수 있는 것으로 나타났다.

제올라이트는 동해안에 비교적 흔한 지질성분인 천연 제올라이트를 탁수가 심한 물에 교반한 결과 20분경과 후 탁수 콜로이드 입자를 바닥으로 가라 앉혀 371 NTU의 원수를 1 NTU 이하의 처리수로 만들어 호소 수질을 1급수 수준으로 탁도 제거에 우수한 효과를 나타냈으며, 질소 및 인의 양을 충분히 감소시키는 결과를 제시하였다(Park, 2005).

2. 수질정화미디어블록의 배치 효과분석

생태연못 정화제의 배치가 정화효과의 효율을 결정하는 중요한 요소이다. 적층식 정화방법은 오염물이 수면과 수평으로 퇴적되어 순환수의 흐름을 억제하는 눈막힘 현상이 가속되어 정화효율이 저하된다.

수질정화미디어블록은 수면과 수직으로 배열되어 오염수의 유속을 감속시켜 침전지효과를 발생한다. 침전지효과는 오염물을 블럭의 전면 하단부에 퇴적시켜 정화재 눈막힘현상의 감소하여 적층식보다 정화효율이 높다(Fig 4).

3. 수질유지효과

1) 실험구 별 측정결과

대조구(A)와 실험구(B), 실험구(C)의 pH, TDS, COND, DO, T-N, T-P, COD 분석 결과 전체적으로 실험시작 8일 이후로 초기 수질상태에서 변화를 보였다. 실험최초 측정 1일 이후 8일까지 수질 상태를 유지하는 경향을 보였으며, 8일 이

Table 3. Water quality index at the beginning and end of the experiment.

Type	Item	pH		TDS		DO(mg/L)		TN(mg/L)		TP(mg/L)		COD(ppm)	
		Initial	final	Initia	final	Initia	final	Initia	final	Initia	final	Initia	final
A	A-1	7.62	6.80	1.16	1.34	5.64	1.67	1.25	2.80	0.09	0.64	2.74	6.42
	A-2	7.76	6.73	1.18	1.37	6.14	1.24	1.17	2.82	0.08	0.64	2.79	7.31
	A-3	7.81	6.76	1.17	1.43	6.04	1.49	0.98	2.13	0.06	0.57	2.81	6.95
B	B-1	7.83	7.23	1.17	1.29	5.73	2.77	1.24	1.59	0.07	0.38	2.82	5.78
	B-2	7.91	7.10	1.16	1.31	5.84	2.37	1.31	1.89	0.08	0.39	2.84	6.21
	B-3	7.76	6.93	1.13	1.30	5.70	2.63	1.40	1.84	0.06	0.39	2.79	7.07
C	C-1	7.78	7.49	1.15	1.26	5.74	4.72	1.42	2.07	0.08	0.22	2.80	3.28
	C-2	7.63	7.45	1.14	1.25	5.64	5.35	1.33	1.98	0.07	0.27	2.75	3.11
	C-3	7.62	7.48	1.15	1.26	5.90	4.88	1.36	1.70	0.06	0.20	2.74	3.79

후 21일까지 급격한 변화량을 보였다.

pH, DO는 최초 측정에서 감소하는 변화량을 보였으며, TDS, COND, T-N, T-P, COD는 최초 측정에서 상승하는 변화량을 보였다.

세 실험구의 측정항목을 비교해 본 결과 최초 측정부터 21일 최종 측정까지 변화량은 A>B>C 순으로 나타났다.

pH 측정에서는 A-type 대조구는 최초 7.62 구간에서 최종 6.76~6.8로 감소하는 경향을 보였다. 일별 변화량을 보면 최초 측정 8일 이후 7.2~7.4로 나타났으며, 21일 이후 6.73~6.80으로 감소하였다. B-type 실험구에서는 최초 7.62~7.81에서 최종 6.76~6.8로 감소하는 경향을 보였다. C-type 실험구에서는 최초 7.62~7.78에서 최종 7.45~7.49로 세 실험구 중 가장 낮은 변화량을 보였다.

DO 측정에서는 A-type, B-type에서 8일 까지 일부 실험구에서 상승하는 그래프를 나타냈으며, A-type은 8일 이후, B-type은 12일 이후 급격하게 감소하는 경향을 보였다.

TDS, COND 측정에서는 pH, DO와 반비례적으로 상승하는 경향을 보였으며, 변화량 또한 A>B>C 순으로 나타났다.

T-N 측정에서는 세 실험구 중 A-type에서 상승하는 변화량이 높게 나타났으며, B, C-type에서는 최초 측정치에서 0.12대로 낮은 변화량을

보였다.

T-P 측정에서는 세 실험구 모두 상승하는 경향을 보였으며, 특히, 10일 이후 A, B-type이 급격하게 상승하는 그래프를 나타냈다. C-type 또한 상승하였지만, 그 변화값은 낮게 나타났다.

COD 측정에서는 최초 측정부터 5일까지 A, B-type 모두 낮아지는 경향을 보였으며, 8일 이후 동일하게 상승하는 변화량을 보였다. C-type은 T-N, T-P 실험결과와 같이 상승하였지만, 매우 낮은 변화값을 보였다.

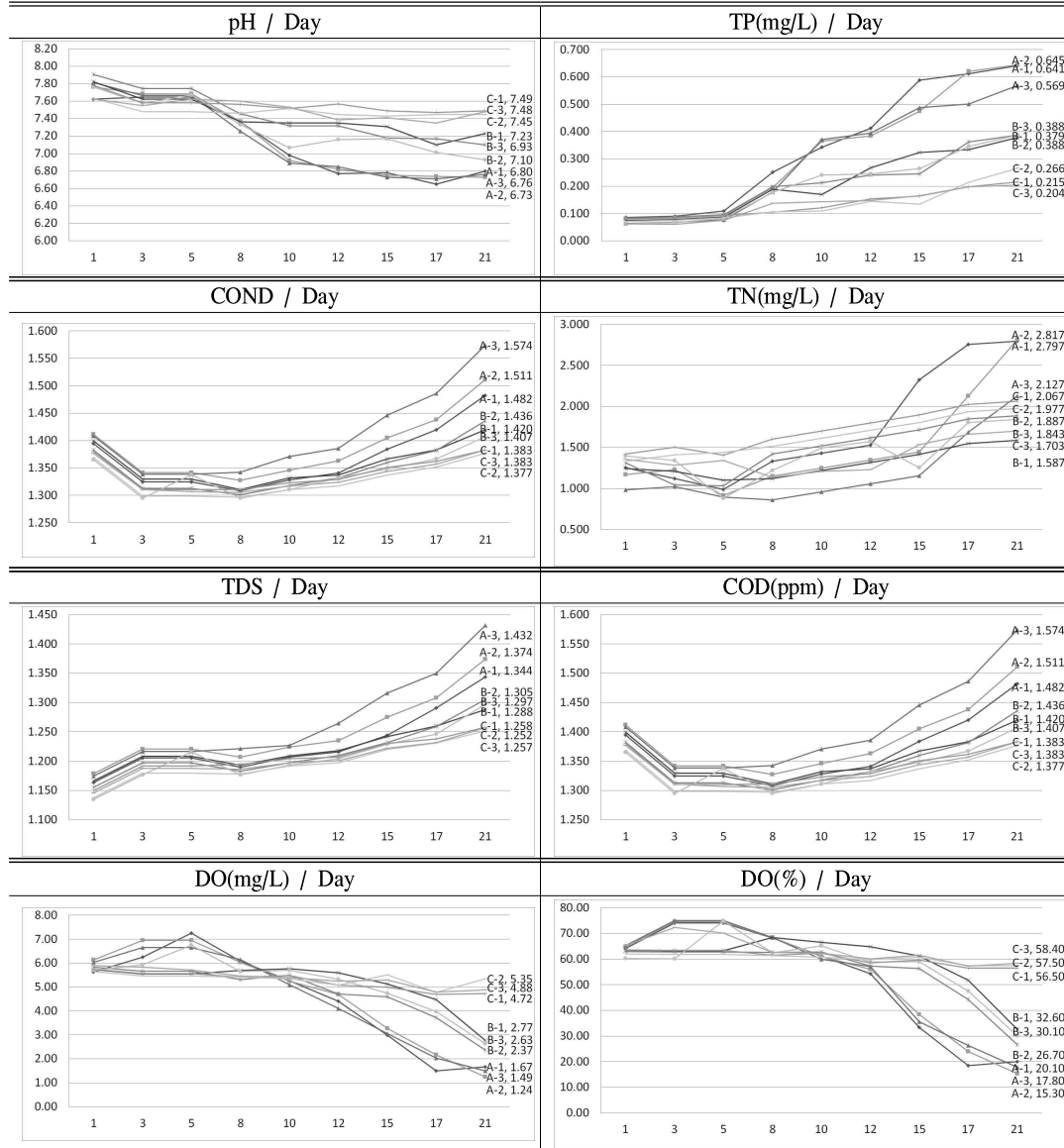
2) 기존 조성공법 비교 분석

본 연구에서 측정결과를 실험구별 비교 분석한 결과 A-type에서 최초 수질에서 부레옥잠의 부패와 토양, 수질에서 성장하는 생물에 의해 수질환경이 저하되는 경향을 보였다. B-type에서는 부레옥잠의 부패시 수질환경이 저하되었지만, A-type 보다 작은 변화결과를 보였으며, 이는 양질의 유무가 오염원의 퇴적으로 영향을 줄 수 있는 것으로 판단되었다.

C-type은 측정전체에서 낮은 변화량을 보였으며, 이는 수질오염원의 영향인 부레옥잠의 부패와 오염원의 퇴적이 없어 일정한 수질환경을 보인 것으로 판단되었다.

결과적으로 기존 적층식 생태연못 조성공법보다 미디어블럭 수질정화장치가 양질의 수질

Table 4. Longitudinal change of the water quality index (pH, TDS, COND, DO, T-N, T-P, COD)



환경을 유지할 수 있음을 확인할 수 있었다.

IV. 결론 및 제언

양질수의 생태연못은 맑은물에 사는 수서곤충과 물고기의 수생비오류 환경을 제공하는 중요한 생물서식공간이다.

제올라이트, 강자갈, 양질토로 적층된 기존 생

태연못 조성공법은 오염물질이 정화연못에 수평으로 적층되기 때문에 정화구역 전체의 오염원 축적으로 인하여 시간에 따라 수질정화능력이 급격하게 감소하였다.

본 연구에서 제안하는 수질정화미디어블록은 수면과 수직으로 배열하여 블록 전면부 유속을 감소시켜 침전지효과를 발생시킨다. 이를 통해 블록에 퇴적되는 오염물질을 획기적으로 줄일

수 있어 장기적으로 수질정화기능을 지속적으로 유지할 수 있으리라 판단한다.

수질정화미디어블럭은 유지보수가 매우 편리하고 경제적이다. 장기간 사용으로 인한 성능 감소시 육상으로 인출하여 세척 및 건조로 수질정화능력을 복원할 수 있기 때문에 장기적인 재활용이 가능하다.

본 실험은 기존 또는 신설 생태연못에 현장 적용으로 장기적인 연구가 필요하며 저류지, 빗물 저류조 등의 수질개선도 가능성을 알 수 있었다.

References

- Admiraal, A. N. · M. J. Morris · T. C. Brooks · J. W. Olson and M. V. Miller. 1997. Illinois Wetland Restoration & Creation Guide. Natural History Survey Special Publication.
- Brinson, M.M. 1993. Hydrogeomorphic Classification for Wetlands. 'Importance of the Convention on Wetlands (3rd. ed.). Ramsar Convention.
- Jeon SY, 2009. Study on city's ecological pond composition University of Seoul City Science Graduate Master's thesis.
- Ko SM · Song MS and Hong SJ. 2003. A Study of the Utilization of Feldspathic Sand as a Fortified Functional Filtering Material for Water Purification.
- Kim AH and Song JM. 2012. Application of Dissolved Air Flotation Technique to Improve Reservoir Water Quality
- Kim BG · Seo DS and Pak JS. 2014. Experimental Study on Water-Purification Properties according to Concentration in Ecology Revetment Block using EM
- Kim KG. 1997. A Study on the Eco-city Planning Guidance.
- Ko JS and Yeou YG. 2005. Water Quality Improvement of Riparian Wetland by Mattress/FilterSystem
- Koo BH · Jung JY and Park MO. 2011. The ecology of wetlands through Marsh replaces the standard analysis in the development of performance criteria. Korean Journal of environmental restoration technology 14 (1): 11-22.
- Lee HT · Ahn JH and Kim, W S. 2015. A Study on Water Purification Characteristics of Zeolite Mortar.
- Park US · Kim BK and Kim WJ. 2014. Investigation on Water Purification Effect Through Long-Term Continuous Flow Test of Porous Concrete Using Effective Microorganisms
- Smith, R. D · A. Ammann. · C. Bartoldus and M. M. Brinson. 1995. An approach for Assessing Wetland Functions Using Hydrogeomorphic Classification, Reference Wetlands, and Functional Indices. Technical Report WRP-DE-9. Waterways Experiment Station, U.S. Army Corps of Engineers, Vicksburg, MS. p.7-25.
- Song, GY and Kang HJ. 2011. Examination of Water-Purification Properties in Cement Bricks Using Bacillus Amyloliquefaciens, Lysinibacillus Fusuiformis and Zeolite
- The ministry of the environment. 2001. Recalling the nature of ecological pond for composition in the city guide
- The Ministry of transport, Ministry of the Christian Council of Korea landscape Institute. 2013. landscape design standards.
- USEPA. 1996. Biological Criteria : Technical Guidance for Stream sand Small Rivers, EPA 822-B-96-001. U.S. Environmental Protection Agency. Office of Water. Washington, D.C. p.17-38.