



바이오 복합 식생블록의 수질정화 특성 연구

A Study on the Water-Purification Characteristics of Bio-Composite Planting Blocks

김영익* · 연규석** · 최중대** · 김기성** · 서지연** · 김용성**†

Kim, Young Ik · Yeon, Kyu Seok · Choi, Joong Dae · Kim, Ki Sung · Seo, Ji Yeon · Kim, Yong Seong

ABSTRACT

This study was performed to evaluate the water purification properties of bio-composites planting blocks using oyster shell and effective microorganism that have high absorption ability of heavy metals and organics to develop environmentally friendly river embankment technique contained various factors such as oyster shells, effective microorganism, porous concrete and planting embankment block. To maximize greening effect, the seeds were arbitrarily sown. In addition, in order to analyze the effect of water quality purification after the planting, the samples were collected from each designated zone 1, 7 and 30 days after steeping in water. Then, the samples were analyzed in terms of seven test items such as SS, BOD, COD, T-N, T-P, pH, etc. on the basis of the test method for water pollution. The following conclusions were reached from the test result. As a result of analysis for water quality purification for the concrete block containing the effective microorganism, it was found that the values for SS, BOD, T-N and T-P for the sample taken after 30 days were lower than the initial values, which indicated that the water purification effect had been created. The result of the water quality purification analysis for the concrete block containing oyster shell showed that the values for SS, BOD, COD and T-P for the sample taken after 30 days were lower than the initial values which also indicated that it had been effective in water quality purification.

Keywords: Planting block; Effective microorganism; oyster shell; shore protection

1. 서 론

최근 콘크리트의 양적 증대에 따른 자연생태계의 파괴문제는 하천의 호안구조물에서도 심각한 문제점으로 대두되고 있는 실정으로 콘크리트는 자연환경에 대한 적응력이 낮고 수목이나 수초 등이 생육하지 못하여 미생물이 사라지고 그로 인해 어패류 및 곤충들의 먹이사슬 변화로 하천 등의 정화능력이 상실되어 수질오염을 가중시키는 등 자연생태계의 변화로 환경 파괴의 악순환을 초래하고 있다 (Cho et al., 2002; Kim, 2007).

우리나라 하천은 우기에 집중되는 강우형태와 경사가 급한 지형으로 인하여 연중 며칠을 제외한 대부분의 기간 동안 그 유량이 아주 적은 특징이 있으며, 여기에 도시화와 산업화로 인한 하폐수의 증가로 하천수는 오염에 아주 취약한 실정이다 (Sung

et al., 2003).

지금까지의 하천수질 개선은 오염물을 모아서 처리한 후 하천에 방류하는 방식을 택하였는데 이러한 방법은 하수나 폐수를 완벽하게 처리하지 않고 잔류 오염을 하천에 방류하는 것을 전제로 하고 있다. 농경지에서 발생하는 비점오염원은 처리대책이 없는 상태로 하천에 그대로 유입되어서 사실상 하천의 자정작용에만 의존하는 실정이나 그 능력은 한계가 있으며, 오염부하가 큰 경우에는 그 수질이 나빠질 수밖에 없는 실정이다 (Sung et al., 2003; Lee and Kim, 2005).

하천의 수질을 개선하고 본래의 친수기능을 회복하기 위한 방안의 하나로 제안된 직접 접촉에 의한 자연정화기법은 실제 소하천에 적용되어 소하천 수질정화에 일정 정도 기여해 왔다 (Tanaka et al., 1995; Hwang et al., 2006; Cheong et al., 2009). 이러한 접촉산화법은 설치비용을 많이 소모하지 않으면서 미생물의 대사작용에 의한 유기물 분해가 잘 이루어져 간이 하천에 널리 사용되고 있다. 그러나 기존의 미생물 담체는 단순한 부착성 무기물이므로 특별한 기능을 가지지 않을 뿐 아니라 탈질과정이 호기성에서 이뤄지는 탈질산화 과정과 혐기성에서 잘 이뤄지는 탈질소 과정 두 부분으로 나뉘어져 있으며 탈질산화 과정의 반응속도가 BOD 분해속도 보다 매우 느리게 진

* 충남대학교 농업생명과학대학 지역환경토목학과

** 강원대학교 농업생명과학대학 지역건설공학과

† Corresponding author Tel.: +82-33-250-6463

Fax: +82-33-251-6463

E-mail: yskim2@kangwon.ac.kr

2011년 2월 13일 투고

2011년 3월 17일 심사완료

2011년 3월 18일 게재확정

행되기 때문에 영양염류의 제거 효율이 낮은 단점이 있다 (Oh et al., 2002). 이에 대한 대안으로 저절로 이뤄지는 BOD 제거 과정 외에 탈질, 탈인을 효과적으로 수행할 수 있는 미생물 담체로서 패각 분말을 이용하고자 하는 방안 (Moon et al., 1997) 과 유용미생물 (effective microorganism, EM)을 이용하여 수질을 정화하고자 하는 연구 등이 시도된 바 있다 (Lee, 2005; Seo et al., 2008).

국내·외 하천의 자정능력을 극대화하기 위한 식생호안과 관련한 연구로는, Mohamed et al. (2006)은 코코넛 껍질, 팜 껍질, 사탕수수 껍질 등을 호안블록에 접목 시켜 수리학적 및 환경학적 성능을 검토하였으며, Kim (2007)은 습식교반화토투를 활용하여 식생호안블록을 제작하고 생태적 특성을 규명한 바 있다. Oh et al. (2002)은 다공성 콘크리트의 물리적 특성 및 오염물질 제거 능력에 대해 연구하였으며, Cheong et al. (2009)은 토양 반응조를 이용한 도금폐수 중의 질소 및 인 제거에 관하여 검토하였고, Lee and Kim (2005)은 현장실험을 통해 수생식물의 수질정화 효과에 관해 구명하였다.

지금까지의 연구들은 식생, 굴패각, 유용미생물, 다공성 콘크리트, 호안블록 등 개별적 인자에 주목하여 연구되어 왔으나, 이러한 모든 인자들을 아우르는 연구는 진행된 바 없었다.

본 연구에서는 굴패각, 유용미생물, 다공성 콘크리트, 식생호안블록 등의 여러 인자들의 장점을 살려 친환경적인 하천 호안공법을 모색하고자 중금속과 유기물에 대한 높은 흡착력을 보이는 굴패각과 유용미생물을 이용한 바이오 복합 식생블록을 제작하고 수질 환경에 미치는 영향을 중점 검토하였으며, 추후 이블록이 하천의 호안용 구조물로 적용될 수 있도록 하기 위한 공학적 및 환경학적 기초 자료를 제공하고자 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 사용 재료

본 연구에 사용된 재료는 흙 (골재 포함), 시멘트, EM, 잔디, 배양토, 굴패각 등으로 골재는 강원대학교 인근 현장의 굴착토를 사용하였으며, 시멘트는 비중 3.15의 국내 H사의 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였다.

Fig. 1은 사용된 굴착토의 입도 분포를 나타낸다. Table 1 및 Table 2는 사용된 흙 및 시멘트의 물리·역학적 특성을 나

타내며, Table 3은 사용된 굴패각과 시멘트의 화학적 성분을 나타낸다.

식생 적용을 위한 잔디 품종은 생육지수가 양호하고 초기성장 속도가 빠르며 파종시기의 폭이 넓어 우리나라의 비탈면 녹화용으로 많이 사용되는 외래 도입초종인 한지형 잔디를 적용하였다. 한지형 잔디는 생육 형이 주형 (Bunch type)으로 국내 기후에 적응이 우수하여 녹화에 가장 많이 이용되는 톨 웨스큐 (Tall fescue)와 초기발아율이 높은 페레니얼 레이그라스 (Perennial ryegrass) 및 켄터키 블루그라스 (Kentucky bluegrass)를 선정하였다. 한편, 선정된 각각의 초종들은 초기발아, 생육 및 근계 특성 등이 다르기 때문에 이들의 적절한 혼합 파종으로 녹화 효과를 크게 하기 위하여 톨 웨스큐, 페레니얼 레이그라스, 켄터키 블루그라스 등의 잔디 3종을 혼합 하였다.

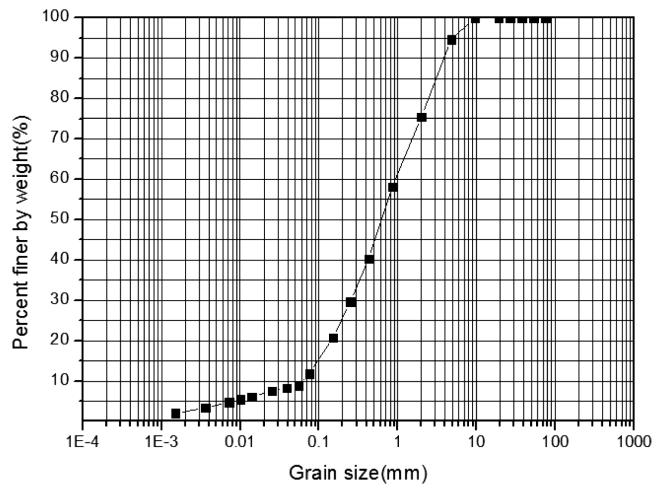


Fig. 1 Grain size distribution curve

Table 1 Physical properties of coarse aggregates

| Type | Size (mm) | Spec gravity | Absorption (%) | F.M | Bulk density (kg/m ³) |
|--------|-----------|--------------|----------------|------|-----------------------------------|
| Coarse | 4.75~40 | 2.73 | 1.36 | 6.77 | 1,592 |
| | 0.15~4.75 | 2.66 | 1.62 | 6.54 | 1,559 |

Table 2 Mechanical properties of normal portland cement

| Specific gravity | Setting time (h-min) | | Compressive strength (MPa) | | |
|------------------|----------------------|-------|----------------------------|--------|---------|
| | Initial | Final | 3 days | 7 days | 28 days |
| 3.15 | 5-7 | 7-20 | 19.4 | 21.6 | 32.3 |

Table 3 Chemical compositions of portland cement and oyster shell (Unit: %)

| Sample | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | CaO | MgO | SO ₃ | K ₂ O | Na ₂ O | Fe ₂ O ₃ | P ₂ O ₅ | Cl | SrO | ZrO ₂ |
|--------------|------------------|--------------------------------|-------|------|-----------------|------------------|-------------------|--------------------------------|-------------------------------|------|------|------------------|
| Cement | 21.09 | 4.84 | 63.85 | 3.32 | 3.09 | 1.13 | 0.29 | 2.39 | - | - | - | - |
| Oyster shell | 2.65 | 0.94 | 93.57 | 0.61 | 0.61 | 0.13 | - | 0.45 | 0.27 | 0.07 | 0.25 | 0.45 |

배양토는 국내 B사의 원예용 제품을 사용하였으며, 식생의 초기 발아를 원활히 하기 위해 사용하였다. 굴괘각은 영흥화력 발전소 인근 식당에서 직접 채집하여 실험실에서 잘게 부수어 사용하였다.

2. 배합설계 및 제작

바이오 복합 식생블록 제작을 위한 재료의 배합은 시멘트의 양을 총 중량의 8 % 배합으로 하였으며, 식생블록 제작을 위한 함수비는 시멘트 혼합토 재료의 다짐 시험 방법 및 시공법에 관한 명확한 기준이 아직까지 제시되어 있지 않기 때문에 최대허용입경을 37.5 mm로 제한하고 있는 E 다짐방법 (KS F 2312)에 의하여 도출된 최적함수비를 사용하였다. 블록의 형상을 고려하여 최대입경은 10 mm 이하로 하였고, 블록의 강도 증진을 위해 다짐에너지가 큰 E 다짐 방법을 채택하였다.

타 식생블록과의 성능 비교를 위해 에코콘크리트를 제작하였는데, 에코콘크리트의 배합은 전체 골재량의 22 %의 시멘트를 사용하였다. Table 4는 에코콘크리트 블록 제작을 위한 재료의 배합설계를 나타내며, Table 5는 바이오 복합 식생블록 제작을 위한 재료의 배합설계를 나타낸다.

바이오 복합 식생블록의 단면은 200×200 mm, 블록의 두께

Table 4 Mix designs of the eco-concrete block with cement contents (Unit: g)

| Coarse aggregate | Cement | Water |
|------------------|--------|-------|
| 3300 | 720 | 216 |

Table 5 Mix designs of the bio-composite planting block (Unit: g)

| Soil | Coarse aggregate | Aggregate | Cement | Water |
|------|------------------|-----------|--------|-------|
| 1900 | 1292 | 711 | 336.5 | 304 |



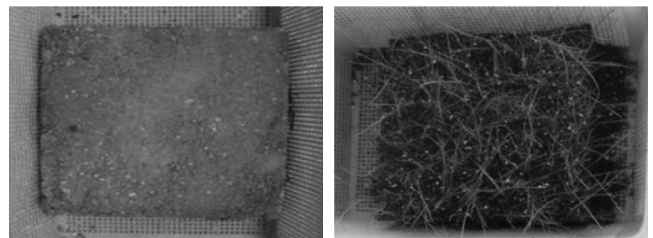
Photo 1 Compaction view

는 50 mm로 하였다. 식생블록의 제작을 위한 재료의 혼합은 가정식 믹서를 사용하여 1분간의 예비혼합을 실시하고 가수한 후 3분간 재혼합하였다. 블록은 혼합된 재료를 블록용 몰드에 투입하여 재료분리가 발생하지 않도록 3층으로 나누어 E 다짐 시험과 동일한 다짐 에너지가 발현될 수 있도록 다짐을 실시하여 제작하였다. Photo 1은 바이오 복합 식생블록 제작을 위한 다짐 광경을 나타낸다.

3. 식생 적용

씨앗의 파종 전 블록 위에 배양토를 10 mm 두께로 포설하여 파종 시 씨앗의 유실을 방지하면서 식물의 뿌리가 고착되어 성장할 수 있는 공간을 확보하고 발아가 원활히 진행될 수 있도록 하였으며, 파종량은 발아율 및 식물의 성장에 따른 피복도를 고려하여 블록 한 개당 1.2 g을 파종하기 위하여 세 가지 종류의 씨앗을 각각 0.4 g씩 파종하였다. Photo 2는 식생이 자라기 전 후의 블록을 보여준다.

Table 6 및 Fig. 2에서 보는 바와 같이 식생의 파종은 상토재의 종류의 따른 정화 특성을 구명하기 위해 ① CSG (Cemented sand & gravel)블록 위에 10 mm 배양토를 포설 후 식생을 적용한 식생블록 (Case 1), ② Case 1에 유용미생물을 적용한 바이오 복합 식생블록 (Case 2), ③ 에코 콘크리트 위에 10 mm 배양토를 포설 후 식생 적용 (Case 3), ④ Case 1에 굴괘각을 적용한 굴괘각 식생블록 (Case 4), ⑤ Case 4에 유용미생물을 적용한 바이오 복합 식생블록 (Case 5) 등으로 구분하



(a) before

(b) 28 days after

Photo 2 A bio-composite planting block

Table 6 A summary of experiment Cases applied in this study

| Case | Specimens | Contents |
|------|-----------|---|
| 1 | C+V | CSG block + Vegetation |
| 2 | C+V+M | CSG block + Vegetation + Microorganism |
| 3 | E+V | Eco concrete block + Vegetation |
| 4 | C+V+O | CSG block + Vegetation + Oyster shell |
| 5 | C+V+O+M | CSG block + Vegetation + Oyster shell + Microorganism |

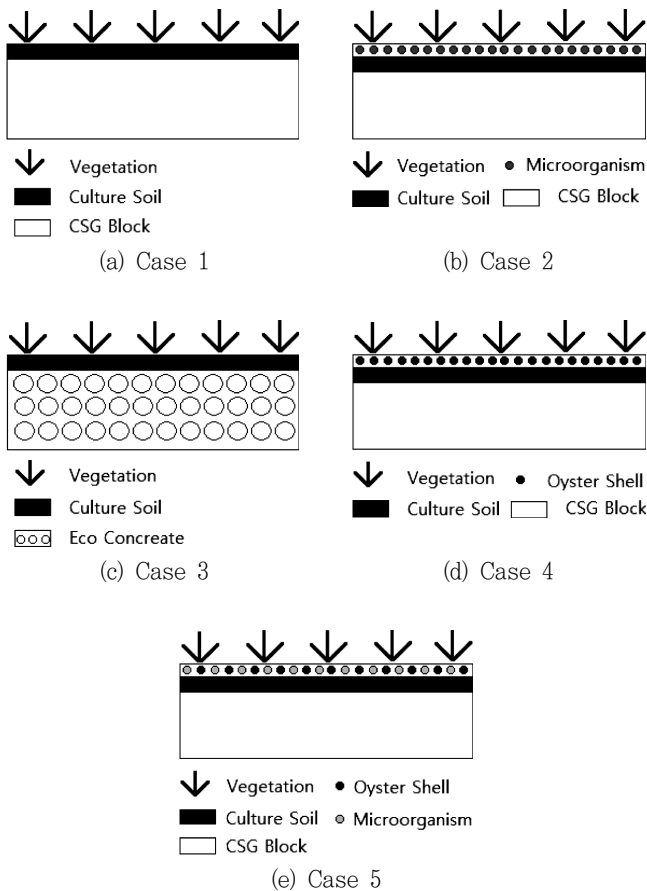


Fig. 2 Experiment Cases applied in this study



Photo 3 Purification test view of revetment blocks

여 수질정화 시험을 실시하였다. Photo 3은 호안블록의 수질정화 실험 전경으로 좌측부터 Case 1~Case 5 시료를 나타낸다.

4. 시험 방법

식생 적용 후 온도 및 외부환경 조절을 위하여 비닐하우스 내에서 생육이 진행될 수 있도록 하였으며, 씨앗의 발아 및 생육을 촉진하기 위하여 충분한 수분을 공급하였다. 파종 후 4주

가 경과한 시점에 동일한 발아 조건으로 5개 Case에 대하여 수질 특성을 수침 후 1일, 7일, 30일에 각각 측정 하였으며, 미생물 개체수 측정은 수침 후 1일, 7일, 30일 및 동결융해 시험 전후에 측정하였다. 동결융해 시험은 식생블록을 $-23\text{ }^{\circ}\text{C}$ 보다 높아지지 않는 동결캐비닛에 24시간의 동결과 온도 $21\text{ }^{\circ}\text{C}$, 상대습도 100 %인 습윤 양생실에서 24시간 동안 융해하기를 7일간 반복하였다.

파종 시점부터 5주가 경과하는 동안의 비닐하우스 내 온도 분포는 $25\sim 32\text{ }^{\circ}\text{C}$, 실외 온도는 $23\sim 35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 의 범위를 보였다. 한지형 잔디의 파종이 4월과 5월의 봄 및 9월과 10월의 가을에 이루어지는 것이 조기발아 및 피복율이 높다 (Shim et al., 2004)는 연구를 고려할 때 다소 높은 온도에서 파종 및 성장이 이루어 졌기 때문에 비닐하우스 내 온도 및 관수에 각별한 주의를 하였다.

가. 수질 분석

식생적용 후 수질정화 효과 분석을 위하여 각 처리구별 수침 후 1일, 7일, 30일 단위로 시료를 채취하였으며, Table 7에 나타난 바와 같이 SS, BOD_5 , COD_{Mn} , T-N, T-P, pH 7개의 항목을 수질오염공정시험법에 준하여 분석하였다.

Table 7 Parameters and methods for water quality analysis used in this study

| Paramete | Method |
|---|--|
| Suspended solids (SS) | Filtration, Gravimet Method, Electric Dry Oven ($103\sim 105\text{ }^{\circ}\text{C}$) |
| Biochemical oxygen demand (BOD_5) | Winkler Method Azide Modification (5day BOD Test) |
| Chemical oxygen demand (COD_{Mn}) | Photometrically Method |
| Total nitrogen (TN) | Ultraviolet Spectrophotometric Method |
| Total phosphorus (TP) | Ultraviolet Spectrophotometric Method |
| Hydrogen ion concentration (pH) | Portable pH Meter |

식생블록의 정확한 성능 검증을 위해서는 1단계로서 수침 후 수질시험, 2단계로서 순환시스템 조건 하 수질시험, 최종단계로서 현장 수질시험 등의 절차가 필요할 것으로 판단되는데, 본 연구는 1단계인 초기 연구에 해당하며, 후후 계속 연구를 통해 2단계 및 최종단계에서의 식생블록의 성능 검증 실시하고자 한다.

나. 미생물 개체수 측정

EM은 1982년 히가 데루오 박사가 개발한 것으로 광합성세균, 유산균, 사상균, 효모, 방선균 등 10속 80여종의 미생물을 포함한다고 알려져 있으며, 통상 혐기성 상태에서 발효가 이루

어지므로 유기산과 아미노산, 당류 및 비타민 C 및 E 등의 항산화 물질의 생성이 가능하고 항산화 물질은 유기물의 부패를 방지해 주고, 생성된 아미노산이나 유기산은 식물에 바로 흡수되어 각각 단백질 및 당으로 신속히 전화되므로 무기질소, 이산화탄소와 같은 무기영양성분이 식물에 흡수, 합성될 때 요구되는 추가에너지가 필요 없게 되므로 식물영양 합성 및 이용의 효율을 크게 향상 시킨다고 알려져 있다 (Lee, 2005).

EM의 미생물 개체수 측정은 강원대학교 토양환경생화학실험실의 협조를 얻어 미생물을 형광염료로 염색한 후 직접 현미경을 통해서 일부 구역의 미생물 수를 파악하는 방법을 사용했으며, 계수판과 현미경을 사용하여 직접 개체수를 측정한 후 전체 구역으로 환산하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 주변 환경에 따른 미생물 개체수 변화 양상

Fig. 3은 Case 2와 Case 5에 대하여 경과일수 30일까지의 식생블록의 오염정화시험에서의 유용미생물 개체수의 변화를 나타낸다.

한편, 우리나라는 하절기에 고온이 지속되기도 하고 동절기에는 영하 이하의 낮은 기온이 계속되는 계절적인 특성이 있어 바이오 복합 식생블록의 계절적 적응성 검토를 위해 Case 2 및 Case 5에 대하여 7일간의 동결융해시험 후 미생물의 개체수 변동 특성을 분석하였다. Fig. 4는 Case 2와 Case 5에 대하여 7일간의 동결융해 시험 후의 유용미생물 개체수의 변화를 나타낸다.

Fig. 4에서 보는 바와 같이 7일간의 동결융해 시험 후 유용미생물은 Case 2 및 Case 5에서 모두 개체수가 약간 감소하

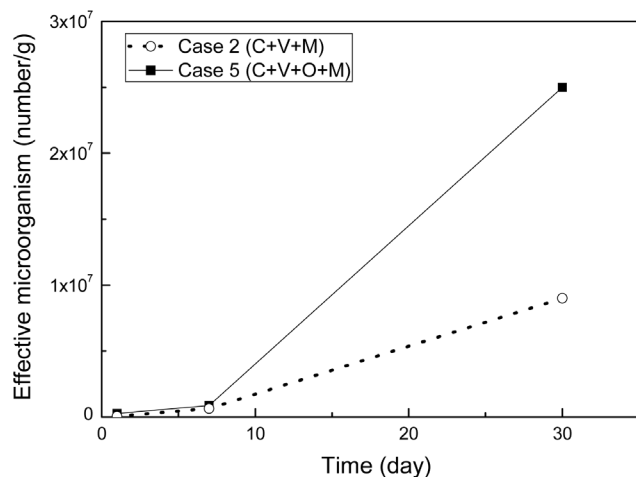


Fig. 3 Variations of the effective microorganism with time

지만 미미한 수준인 것으로 나타났다.

Table 8은 Fig. 3 및 Fig. 4의 결과를 수치로 표현한 것이다. Table 8에서 확인 할 수 있듯이 Case 2와 Case 5에서의 시간변화에 따른 유용미생물 개체 수 분석 결과 식생블록에서 미생물개체수가 상당히 증가되고 있으나, 굴패각이 포함된 식생블록에서 미생물의 증식이 더 활발하고 시간이 경과함에 따라 지속적으로 증가되는 패턴임을 알 수 있다.

다만, 미생물은 하천에서 강물의 흐름, 강우, 일사량 등의 하천 환경에 영향을 받아 감소할 수 있다는 점을 고려해야 하나, 미량의 미생물은 하루 사이에도 급격히 번식할 수 있다는 점을 고려하면 상쇄 효과가 작용한다고 볼 수 있다. 이러한 점은 추후 계속 연구를 통해 면밀한 분석이 필요하다 할 수 있다.

Lee (2005)는 유용미생물을 이용하여 오수의 고도처리와 정수 슬러지의 토양개량제로서의 효과를 검토하였는데, 오수 처리시설에 투입하였을 때 질소와 인 및 CODcr 및 악취 제거 효율이 긍정적이었으며, 회분식 반응조에서의 악취제거 실험에서는 암모니아는 초기 농도의 99 %가 제거되어 높은 제거율을 나타냈고, 정수장 발생 슬러지와 유용미생물을 이용한 토양개량제 실험 결과 높은 성장률을 보여 토양개량제로도 활용 가능성을 보고한 바 있다.

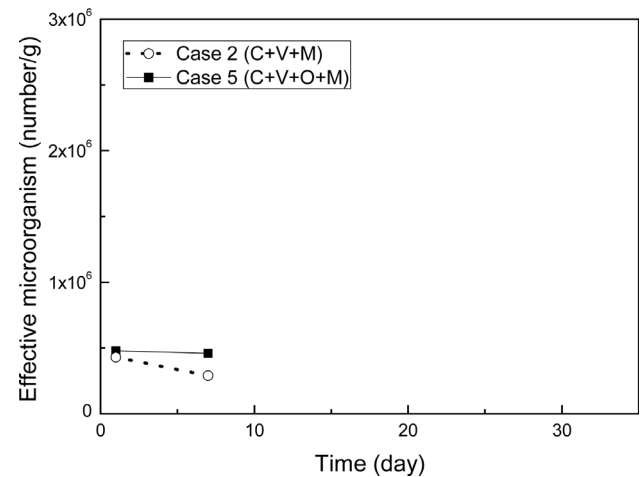


Fig. 4 Variations of the effective microorganism after freeze-thaw test

Table 8 The number of the effective microorganism (unit: number/g)

| Days | General state | | After freeze-thaw test | |
|------|---------------|---------|------------------------|---------|
| | Case 2 | Case 5 | Case 2 | Case 5 |
| 1 | 50,000 | 260,000 | 430,000 | 480,000 |
| 7 | 630,000 | 870,000 | 290,000 | 460,000 |
| 30 | 9.0E+06 | 2.5E+07 | - | - |

상기 연구결과와 같은 유용미생물의 효능을 활용하고자 본 연구에서 유용 미생물을 포함한 식생블록의 계절적 영향 및 시간 경과에 따른 미생물 개체수의 변동을 분석한 결과, 동결융해의 영향은 미미하였으며 시간 경과에 따라 개체수는 급속히 증가하는 것으로 나타나 식생블록에 유용미생물을 주입하여 활용할 수 있는 것으로 판단된다.

2. 시간 경과에 따른 수질 변화 특성

Fig. 5는 각 호안블록의 시간 경과에 따른 수질의 변화 양상을 나타낸 것이다. 각 처리구별 초기 유입수의 농도는 SS 45 mg/L, BOD 15.09 mg/L, COD 5.05 mg/L, T-N 6.17 mg/L, T-P 1.23 mg/L, pH 7.39로 측정되어 수질은 3급수에 해당되었다. 1일, 7일, 30일이 경과된 후 농도범위는 SS: 38~493 mg/L, BOD: 0.15~16.17 mg/L, COD: 2.06~ 33.50 mg/L, T-N: 5.35~9.90 mg/L, T-P: 0.35~6.28 mg/L, pH: 7.39~

10.45의 변화를 나타냈다.

부유물질인 SS (suspended solid)는 수중에 현탁되어 있는 불용해성 물질로 1일차의 모든 처리에서 농도가 증가했으나, 30일 경과 후에는 상토의 영향으로 초기치보다 약간 상승하였으나, 유용 미생물이 함유된 Case 2의 경우 Case 1의 식생블록의 0.76배로 감소하였다. 굴패각이 포함된 Case 4 및 Case 5의 경우에는 패각 속의 분말 입자의 영향으로 초기치보다 1.3배 및 2.3배 증가된 값을 기록하였으며, Case 1의 식생블록 보다는 1.2배 및 2.06배 높은 값을 나타내었다.

BOD의 경우 모든 처리방법에서 평균 87%의 처리효율을 보였으며, 특히 Case 4의 경우 99%의 처리효율을 나타내어 굴패각이 BOD를 저감하는데 일정 정도 효과를 발휘함을 알 수 있었다. Case 2의 경우에도 초기치 15.09에서 30일 경과 후 0.63으로 크게 감소하여 유용미생물의 경우에도 BOD 저감에 기여할 수 있는 것으로 나타났다. 다만, Case 5의 경우에는 30일 경과 후의 BOD가 1.95로서 Case 1의 1.68보다 약간 높게

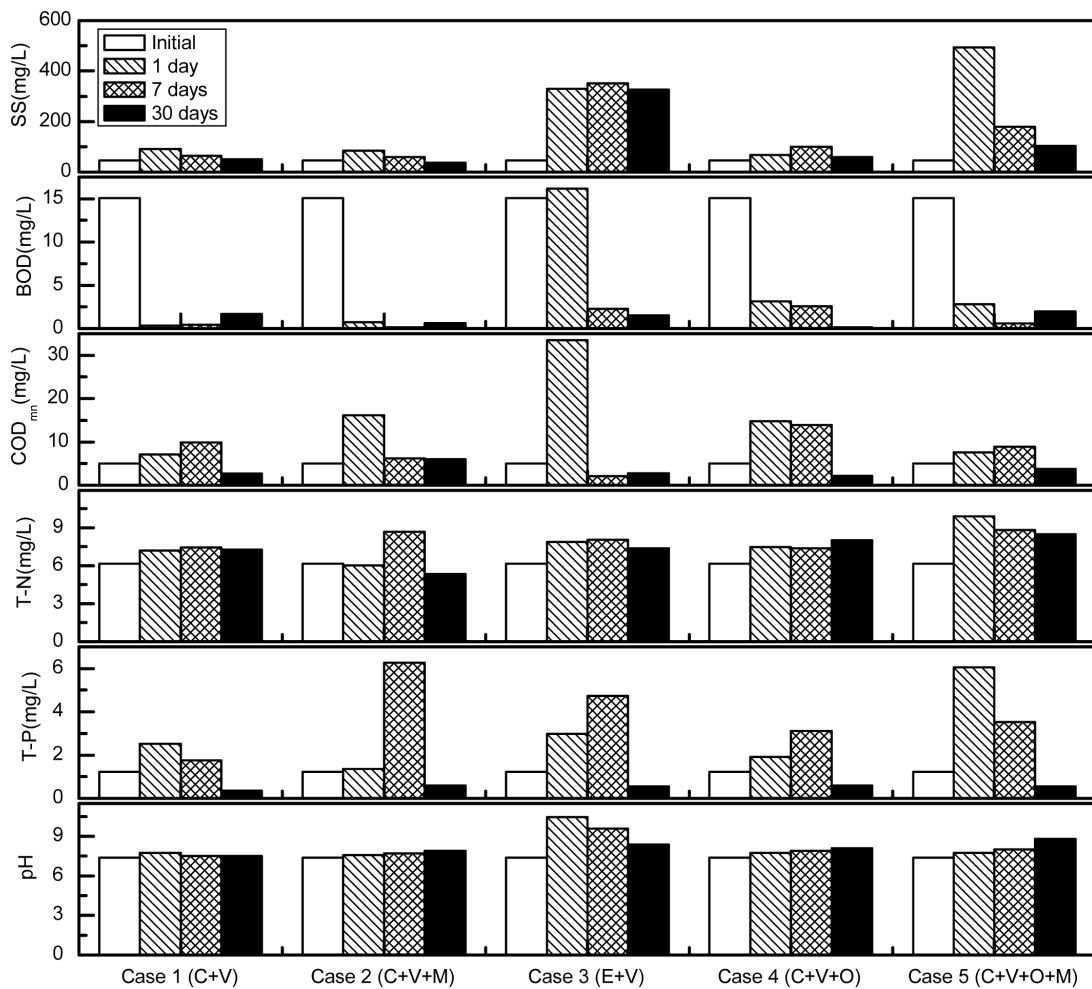


Fig. 5 Variations of concentration rate for 1~30days

나타났다.

COD는 초기에 유기물의 함유량이 많아 농도가 높았지만 시간이 지남에 따라 점차 감소하였으며, Case 4에서 30일 경과 후 2.14로서 최고 57 %의 처리효율을 나타내 굴폐각이 COD 저감에도 일정 부분 기여하는 것으로 조사되었다. Case 1의 경우 30일 경과 후 2.67, Case 5의 경우는 3.72를 나타내어 초기치보다 각각 0.52배, 0.73배 저감되었다. 그러나 유용미생물이 혼합된 Case 2의 경우는 COD가 30일 경과 후 5.97을 나타내어 초기치보다 약간 높아진 결과를 나타내었다.

T-N은 초기에 증가하지만 시간에 따라 점차 감소하여 30일 차에는 초기치에 근접하는 수치를 기록하였는데, 이는 식물이 성장함에 따라 질소가 흡착 및 흡수되어 탈질반응에 의해 제거됐다고 판단된다. 특히 유용미생물이 혼합된 Case 2의 경우 초기치 6.17에서 30일 경과 후 5.35로 낮아져 질소 제거에 일정 부분 효과를 나타내는 것으로 판단된다.

T-P 역시 식물 성장에 따라 유기인의 분해가 이루어진 것으로 판단되며 평균 50 % 이상의 처리효율을 나타냈다. Case 1의 경우 초기치 1.23에서 30일 경과 후 0.35로 크게 낮아졌고, 그 이외의 Case들도 모두 0.6이하의 수치를 기록하여 인 제거에 효과를 나타내는 것으로 판단된다.

대부분의 Case에서 실험 기간 중 초기 유입수의 pH는 7.39로 시간 경과에 따른 pH변화는 크지 않았지만 에코콘크리트에서는 초기 값 이후로는 10.5에서 8가까이로 중성화됨을 확인할 수 있었다.

에코콘크리트인 Case 3의 경우 식생블록인 Case 1에 비해 SS는 6.52배, BOD는 0.91배, COD는 1.03배, T-N은 1.03배, T-P는 1.59배, pH는 1.12배 높았지만 수질정화에는 일정 정도 효과를 나타내는 것으로 판단된다.

IV. 결 론

본 연구에서는 굴폐각, 유용미생물, 다공성 콘크리트, 식생호 안블록 등의 여러 인자들의 장점을 살려 친환경적인 하천 호안 공법을 모색하고자 중금속과 유기물에 대한 높은 흡착력을 보이는 굴폐각과 유용미생물을 이용한 바이오 복합 식생블록을 제작하고 수질 정화 특성을 구명하고자 하였으며, 본 연구를 통해 얻어진 결론은 다음과 같다.

1. 유용 미생물을 포함한 식생블록의 계절적 영향 및 시간 경과에 따른 미생물 개체수의 변동을 분석한 결과, 동결융해의 영향은 미미하였으며 시간 경과에 따라 개체수는 급속히 증가하는 것으로 나타나 식생블록에 유용미생물을 주입하여 활용할 수 있는 것으로 판단된다.

2. 유용 미생물이 함유된 식생블록의 수질정화 분석 결과 30

일 경과 후의 SS, BOD, T-N, T-P 값이 초기치 보다 작게 나타나 수질정화에 효과가 있는 것으로 나타났다.

3. 굴폐각이 포함된 식생블록의 수질정화 분석 결과 30일 경과 후의 SS, BOD, COD, T-P 값이 초기치 보다 작게 나타나 수질정화에 효과가 있는 것으로 나타났다.

4. 유용 미생물과 굴폐각을 동시에 투여한 식생블록의 수질정화 분석 결과 30일 경과 후의 SS, BOD, COD, T-P 값이 초기치 보다 작게 나타나 수질정화에 효과가 있는 것으로 나타났다.

본 연구에서는 다섯 가지의 호안블록을 대상으로 초기 유입수, 1일차, 7일차, 30일차의 시료를 채취하여 수질정화 효과를 분석하였으나 30일간의 실험결과로 그 효능을 일반화하기는 어려운 측면이 있으므로, 향후 순환시스템 적용 실험 및 현장 적용시험을 통하여 바이오 복합 식생블록의 성능을 추가적으로 검증할 계획이다.

이 논문은 강원대학교 석재복합건설신소재연구소의 연구장비 지원과 농업생명과학연구원의 기가재 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

REFERENCES

- Cheong, K. H., H. I. Choi, D. Y. Shin, B. G. Im, and G. S. Jeon, 2009. Nitrogen and phosphorus removal from planting wastewater using the soil reactor. *Journal of the Environmental Sciences* 18(2): 205-213 (in Korean).
- Cho, Y. S., J. H. Kim, H. J. Kwon, and S. B. Park, 2002. An experimental study on water-purification properties of porous concrete using industrial by-products. *Proc. of the Korean Concrete Institute Conference* 717-712 (in Korean).
- Hwang, H. J., I. H. Kim, Y. I. Choi, I. K. Kim, S. H. Lee, J. M. Ha, B. J. Ha, and J. H. Lee, 2006. Effect of porous concrete block on improvement of water quality. *Journal of Korean Society of Water Science and Technology* 14(4): 77-82 (in Korean).
- Kim, J. S., 2007. A study on environment-oriented vegetational revetment block using wet-mixing solidified soil. Thesis for the Degree of Master, Kyungil University (in Korean).

5. Lee, J. S., and K. N. Kim, 2005. A study on the water quality purification effect of aquatic plants in field work. *Journal of the Environmental Sciences* 14(10): 937-944 (in Korean).
6. Lee, Y. H., 2005. Environmental Purification Using Effective Microorganisms. Thesis for the Degree of Master, Kyungung University (in Korean).
7. Mohamed, T. A., N. A. Alias, A. H. Ghazali, and M. S. Jaafar, 2006. Evaluation of environmental and hydraulic performance of bio-composite revetment blocks. *American Journal of Environmental Sciences* 2(4): 129-134.
8. Moon, B. H., T. S. Lee, J. Y. Seo, and H. J. Seo, 1997. The submerged biofilm process using oyster-shell media for wastewater treatment and prediction. *Journal of the Korean Environmental Sciences Society* 6(6): 671-678 (in Korean).
9. Oh, J. M., I. S. Choi, H. M. Lee, and S. H. Jang, 2002. Physical characteristics of porous concrete and evaluation for removal ability of pollutant by applying it. *Proc. of the Korean Society of Civil Engineers* 1414-1418 (in Korean).
10. Seo, D. S., J. Y. Jeon, J. H. Kim, H. J. Kwon, and S. B. Park, 2008. An experimental study on water-purification properties of concrete using effective micro-organisms. *Proc. of the Korean Concrete Institute Conference* 757-760 (in Korean).
11. Shim, K. Y., C. S. Kim, S. H. Lee, and Y. K. Joo, 2004. Effects of sodding and seeding time and rate of seed mixture on the establishment of cool-season Turfgrasses, *Journal of the Korean Turfgrass Society* 18(4): 179-191 (in Korean).
12. Sung, C. D., K. H. Ahn, Y. H. Lee, I. C. Kong, and S. H. Kim, 2003. A study on the water quality improvement through riverbed filtration-model development and parameter determination. *Journal of Korean Society Environmental Engineers* 25(4): 486-494 (in Korean).
13. Tanaka, Y., K. Miyajima, T. Funakosi, and S. Chida, 1995. Filtration of municipal sewage by ring shaped floating plastic net media. *Water Research* 29(5): 1387-1392.
14. Won, C. H., Y. H. Choi, J. Y. Seo, K. C. Kim, M. H. Shin, and J. D. Choi, 2009. Determination of EMC and unit loading of rainfall runoff from forestry-crops field. *Journal of Korean Society on Water Quality* 25(4): 615-623 (in Korean).