

어독성 실험에 따른 방근재 친환경 특성 분석

우지근¹⁾ · 김성균²⁾

¹⁾ 서울대학교 대학원 · ²⁾ 서울대학교 조경 · 지역시스템공학부

Analyses on Environment-friendliness of Root Barrier Materials based on Fish Toxicity Test

Woo, Ji-Keun¹⁾ and Kim, Sung-Kyun²⁾

¹⁾ Graduate School, Seoul National University,

²⁾ Dept, of Landscape Architecture & Rural System Engineering, Seoul National University.

ABSTRACT

The purpose of this study is to analyze the characteristics of environment-friendliness of Root Barrier materials based on comprehensive experiments on harmfulness of Root Barrier materials and fish toxicity of *Oryzias latipes* mortality to verify eco-toxicity of each method of construction and Root Barrier material, which are to be applied by taking eco-toxicity into account when building ecological flows in upper areas on natural and artificial grounds. As a result, the following conclusions have been reached in this study :

1. In regard of the harmfulness analyzed, each material showed a different result of analytical value in each lab tank. Compared to lab tank, pH (1a), DO (1b), T-N (VI) and T-*coli* (1a) were in the same grade, but COD, SS, T-P and F-*coli* were less than that of control, respectively increased or decreased by material were analyzed.

2. In the experiment of fish toxicity, Barrier sheet was found to have 66.7% of fish mortality, indicating strong fish toxicity. Synthetic rubber system root barrier sheet (20.0%) was analyzed to have medium fish toxicity, while Synthetic resin system root barrier-waterproof sheet (3.3%), Synthetic rubber system membrane root barrier sheet (3.3%) and Synthetic resin system root barrier sheet (0.0%)

Corresponding author : Woo, Ji-Keun, Graduate School, Seoul National University,
Tel : +82-55-542-8903, E-mail : woogette@paran.com

Received : 3 May, 2010. **Revised** : 19 July, 2010. **Accepted** : 2 August, 2010.

showed relatively lower mortality and fish toxicity.

To sum up such results as found in the experiment mentioned so far, the values of harmfulness and root penetration resistance analyzed were different in each lab tank, but there was absolutely little correlation with the mortality gained from the experiment on fish toxicity. In the experiment of fish toxicity, environment-friendly root barrier materials were analyzed, and it was found that Synthetic resin system root barrier sheet, Synthetic resin system root barrier · waterproof sheet and Synthetic rubber system membrane root barrier sheet are highly environment-friendly. In contrast, Synthetic rubber system root barrier sheet was found to have medium-level environment-friendliness. Also, Barrier sheet was analyzed to have low environment-friendliness.

Key Words : *Fish Toxicity Test, Root Barrier, Environment-friendly, Root Penetration Resistance.*

I. 서 론

현재까지 국내에서 생태독성시험은 대체로 경제협력개발기구(Organization for Economic Cooperation and Development : OECD), 미국환경보호청(U.S.Environmental Protection Agency : U.S. EPA) 등의 표준 시험법에 의해서 다양한 시험종을 대상으로 환경 및 생태 분야에서 수행되어지고 있다(남선화 등, 2007).

또한 환경부의 ‘물환경관리 기본계획’에 따르면 우수계의 위해성 관리체계 강화를 위해 생태독성통합관리제도 도입을 추진하고 있고, 2011년부터 “생태독성 배출 허용기준”을 마련하여 폐수의 수생태계에 대한 독성을 통합 평가 및 수용체 중심의 수질관리를 위해 “생태독성 관리제도”를 도입하는 등 수질 및 수생태계 분야에서 생태독성 기준마련이 활발하게 진행되고 있는 실정이다(환경미디어, 2008).

하지만, 그 동안 국내에서 이루어진 방근 공법 및 재료별 특성에 관한 연구는 건축물 및 토목 구조물의 누수 안정성의 확보를 위하여 모든 방근 재료에 대한 최소 성능기준의 설정과 시험방법, 평가방법, 유지관리지침 및 시공의 표준화 작업 등에 관한 연구가 중점적으로 진행되어(오상근 · 권시원, 2006), 방근 재료별 및 공법별 생태독성에 관한 연구는 미비한 실정이다.

조경 분야 또한, 옥상 및 인공지반녹화 중심의 방근성 시험 방법 및 방근기술 개발에서 정도기반 구축, 제도적 활성화, 성능인증제도, 방근기술 인프라 네트워킹 구축 등에 관한 연구가 중점적으로 진행되어 안정성 및 평가기준으로서의 활용성이 크다는 것이 검증된바 있으나(권시원 등, 2007; 오상근 등, 2007; 오상근 등, 2009; 이준호 등, 2009), 최근 다양한 형태와 재료로 생산 및 적용되고 있는 방근 재료의 생태독성을 고려한 생물다양성 효과를 분석하고 예측하기 위한 자료로는 한계가 있는 실정이다.

또한, 현재 조경분야에서 조경재료 및 공법의 친환경성 및 생태독성에 대한 명확한 적용 기준도 마련되어 있지 않은 실정이며, 기성제품의 적용에 따른 구체적 효과의 객관적 검증작업이 부족한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 현재 국내에서 생산되고 있는 대표적 방근 재료 및 공법을 대상으로 생태독성 측면에서 시험하고자 방근 재료 및 공법별 생태독성을 검증하는 작업을 수행하고자 한다. 따라서 방근재에서 발생하는 유해성 분석, 송사리 치사율에 따른 어독성 분석 등을 종합적으로 고려한 친환경 특성 분석을 통하여 향후 객관적 검증을 통하여 친환경적 생태독성에 대한 특성을 정량화하여 조경재료의 개발 및 공법 적용 시 사전에 환경적 악영향을 최소화하고 저

감방안을 마련하는데 효과적인 조사를 수행하고자 한다.

II. 연구방법

조사된 기존 연구 결과를 중심으로 방근 재료와 공법 등을 검토 후 생태계류 및 인공지반 상부에 적합한 방근재를 선정하였고, 선정된 재료별 공시체 및 어독성 분석을 위한 실험 수조를 조성하여 일정기간 동안 모니터링을 실시하였다. 일정기간 모니터링 후 환경정책기본법 호소 및 수생태계 수질기준에 따라 유해성 분석을 1차로 실시하였고, 2차로 수질분석 결과와 상호 비교·분석 및 검정하기 위해 송사리(*Oryzias latipes*)를 실험수조에 수용하여 어독성 시험을 실시하였다. 이러한 부분별 연구 결과를 종합적으로 고려하여 친환경 방근재 특성을 분석하였다.

1. 방근재 선정

기존 연구 및 문헌조사를 통하여 현재 조정시공 현장에서 자연지반과 인공지반 조성 시 적용되고 있는 방근재 중 불투수계와 투수계로 구분하여 합성수지계 방근시트, 합성수지계 방근·방수시트, 합성고무계 방근시트, 합성고무계 도막 방근시트, 베리어시트 5가지 방근재를 선정하였다(Table 1, Figure 1).

2. 방근 공시체 조성

방근재의 공시체는 연구실에 각각 가로 1.8m 세로 1.5m의 실험기반을 설치하여 선정된 방수 재료를 각각 가로 40cm 세로 25cm 높이 30cm 실험수조에 공법별 표준시방서(한국토지공사, 2003)를 기준으로 방근 재료별 단면을 조성하여 시험수조를 설치하였고, 재료별 표면적은 동일하게 조성하였다(Figure 2).

불투수계 방근재는 합성수지계 방근시트(a),

Table 1. Root barrier material type and material selection.

Classification	Type	Material selection
Imperviousness system	• Synthetic resin system sheet	a. Synthetic resin system root barrier sheet b. Synthetic resin system root barrier · waterproof sheet
	• Synthetic rubber system sheet	c. Synthetic rubber system root barrier sheet d. Synthetic rubber system membrane root barrier sheet
Perviousness system	• Perviousness root barrier sheet	-
	• Barrier sheet	e. Barrier sheet

자료 : 오상근 등. 2009. 건축물 옥상 녹화 시공에 의한 방수 및 방근층 안전성 확보를 위한 제도적 대책 마련에 관한 연구. p.120과 대한전문건설협회. 1997. 방수공사 핸드북의 내용을 참조로 저자 재구성)



Figure 1. Selected materials (SRRS; synthetic resin system root barrier sheet, SRWS; synthetic resin system root barrier · waterproof sheet, SRS; synthetic rubber system root barrier sheet, SRMS; synthetic rubber system membrane root barrier sheet, BS; barrier sheet).

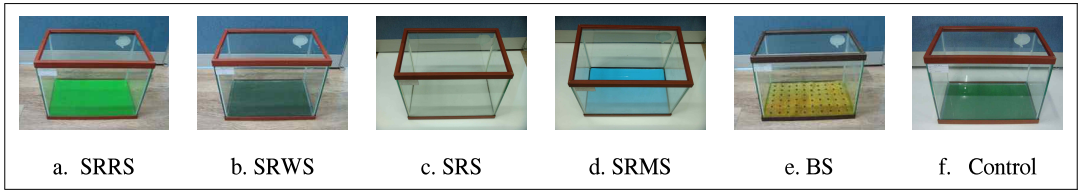


Figure 2. The Specimen photo of root barrier material types (SRRS; synthetic resin system root barrier sheet, SRWS; synthetic resin system root barrier · waterproof sheet, SRS; synthetic rubber system root barrier sheet, SRMS; synthetic rubber system membrane root barrier sheet, BS; barrier sheet, C; control).

합성수지계 방근·방수시트(b), 합성고무계 방근시트(c), 합성고무계 도막 방근시트(d), 투수계 방근재는 베리어시트(e)를 기성 제품의 규격 및 표준시방서 기준에 준하여 설치하였으며, 실험 수조와 별도로 일정기간 동안 방근재의 용해 및 용탈 물질의 유해성과 어독성 분석을 비교 할 수 있도록 대조구를 조성하였다.

3. 유해성 실험수조 조성 및 분석

방근 공시체 조성 후 각각의 방근 재료별 유해성 및 어독성 분석을 위하여 실험 수조를 조성하여 일정한 수온 유지를 위한 전기히터, 산소공급 및 여과를 위한 소형여과기, 어류의 관찰을 위한 조명등, 수온 측정을 위한 온도계를 설치하여 동일한 실험 조건으로 조성하였다(Figure 3).

유해성 분석을 위해 실험 수조에 각각 17ℓ의 실험수를 투입하였고, 실험 수조별 수온을 20℃로 유지하였으며, 2009년 4월 25일 부터 2009년 8월 24일 까지 약 4개월간 모니터링을 수행한 후 방근 재료별 유해성 분석을 위해 환경정책기본법 호소 및 수생태계 수질기준(환경부, 2009)에 따라 분석하였다.

4. 어독성 실험수조 조성 및 분석

유해성 분석 후 어독성을 분석하기 위해 수질오염의 생물학적 지표종(Hriaoka and Okuda, 1983) 일 뿐만 아니라, 생물 검정용 시험생물(Shima and Shimada, 1994)로 널리 활용되고 있는 송사리를 시험종으로 선정하였다.

본 연구에 사용된 송사리는 체장이 2cm ~ 3cm인 치어로 어류 공급업체에서 구입하여 일주일간 실험실에서 순치 후 외관상 질병의 증세가 나타나지 않는 개체를 선별하여 실험을 수행하였다.

어류에 대한 독성시험은 노출기간에 따라서 급성독성시험(Acute toxicity test)과 만성독성시험(Chronic toxicity test)로 크게 분류하고 있다(최현일, 2007). 본 연구에서는 여러 농도의 시험물질에 단기간 동안 어류를 노출시켜 시험물질에 대한 독성을 평가하는 것으로 영향에 대한 주요한 판단기준이 치사율(Mortality)인 급성독성 시험 방법을 이용하여 송사리의 생육 수온 12 ~ 25℃ 및 표준시험 생물로서의 송사리 급독성 실험의 평균 수온 20 ~ 26℃(박경수 등, 2005)를 고려하여 수온을 20℃로 유지하면서 각각 실험

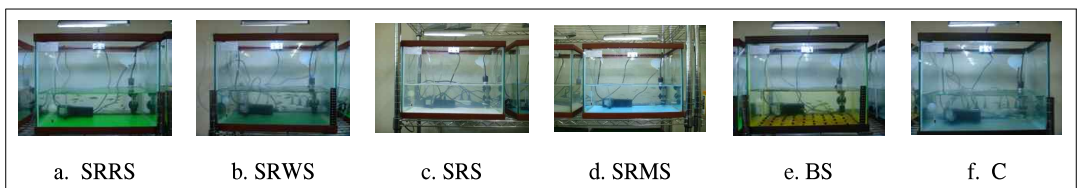


Figure 3. The Photo of Harmfulness and Fish toxicity test (SRRS; synthetic resin system root barrier sheet, SRWS; synthetic resin system root barrier · waterproof sheet, SRS; synthetic rubber system root barrier sheet, SRMS; synthetic rubber system membrane root barrier sheet, BS; barrier sheet, C; control).

Table 2. Harmfulness analysis results of test types.

Classification	pH	COD (mg/L)	SS (mg/L)	DO (mg/L)	T-P (mg/L)	T-N (mg/L)	Chl-a (mg/m ³)	E. coli (MPN/100mℓ)	
								T-coli	F-coli
a. Synthetic resin system root barrier sheet	8.3	5.0	0.4	6.64	0.014	3.84	-	<1.8	<1.8
b. Synthetic resin system root barrier · waterproof sheet	8.1	7.3	1.9	6.52	0.029	4.24	-	<1.8	<1.8
c. Synthetic rubber system root barrier sheet	8.1	7.5	1.3	6.43	0.027	3.91	-	<1.8	<1.8
d. Synthetic rubber system membrane root barrier sheet	8.2	10.3	3.7	6.17	0.038	4.86	-	<1.8	<1.8
e. Barrier sheet	8.3	5.9	0.7	6.59	0.010	4.73	-	<1.8	<1.8
f. Control	8.3	5.1	0.4	6.54	0.010	4.20	-	23	23

참고 : (주)동진분석기술연구소에서 분석함.

수조에 30마리씩 1회 수용하여 2009년 9월 1부터 9월 7일까지 시간당 송사리의 치사율을 분석하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 유해성 분석 및 특성

환경정책기본법 호소 및 수생태계 수질기준 성분인 수소이온농도(pH), 화학적 산소요구량(COD), 부유물질(SS), 용존산소량(DO), 총인(T-P), 총질소(T-N), 클로로필-a(Chl-a), 대장균군

(*E. coli*), 총대장균군(T-*coli*), 분원성 대장균군(F-*coli*)에 대하여 각각의 실험 수조에 용해된 방근 재료의 유해성을 분석하기 위해 국가공인 수질 검사기관에 의뢰하여 분석한 결과는 Table 2와 같으며, 환경정책기본법 호소 및 수생태계 수질기준 등급과 비교·분석한 결과는 Table 3과 같다.

환경정책기본법 호소 및 수생태계 수질기준의 분석 항목을 대상으로 유해성 특성을 분석한 결과, 실험 수조별 값이 각각 상이한 값을 나타내었지만, 수질 등급은 대조구와 비교해 pH 매우 좋음

Table 3. The comparison of pond and fresh water ecosystem about water quality grade standard.

Classification	pH	COD (mg/L)	SS (mg/L)	DO (mg/L)	T-P (mg/L)	T-N (mg/L)	Chl-a (mg/m ³)	E. coli (MPN/100mℓ)	
								T- <i>coli</i>	F- <i>coli</i>
a. Synthetic resin system root barrier sheet	la	III	la	lb	III	VI	-	la	la
b. Synthetic resin system root barrier · waterproof sheet	la	IV	lb	lb	II	VI	-	la	la
c. Synthetic rubber system root barrier sheet	la	IV	lb	lb	II	VI	-	la	la
d. Synthetic rubber system membrane root barrier sheet	la	VI	II	lb	III	VI	-	la	la
e. Barrier sheet	la	IV	la	lb	la	VI	-	la	la
f. Control	la	IV	la	lb	la	VI	-	la	lb

- (1) pH의 경우는 6개 실험수조가 8.1 ~ 8.3으로 비슷한 값을 가지는 것으로 분석되었으며, 환경정책기본법 호소 및 수생태계 수질기준의 매우 좋음(la) 등급으로 분석되었다.
- (2) COD는 합성고무계 도막 방근시트 10.3mg/L, 합성고무계 방근시트 7.5mg/L, 합성수지계 방근·방수시트 7.3mg/L, 베리어시트 5.9mg/L, 대조구 5.1mg/L 순으로 분석되었고, 합성수지계 방근시트 5.0mg/L로 최저 값을 나타내었다.
- (3) SS는 합성고무계 도막 방근시트 3.7mg/L로 가장 높은 값으로 분석되었고, 합성수지계 방근·방수시트 1.9mg/L, 합성 고무계 방근시트 1.3mg/L, 베리어시트 0.7mg/L, 합성수지계 방근시트, 대조구 0.4mg/L 순으로 분석되었다.

Table 3. Continued.

- (4) DO는 합성수지계 방근시트 6.64mg/L로 최고 값을 나타내었으며, 베리어시트 6.59mg/L, 대조구 6.54mg/L, 합성수지계 방근·방수시트 6.52mg/L, 합성고무계 방근시트 6.43mg/L, 순으로 분석되었고, 합성고무계 도막 방근시트가 6.17mg/L로 최저 값을 가지는 것으로 분석되었다.
- (5) T-P는 합성고무계 도막 방근시트가 0.039mg/L로 최대 값을 가지는 것으로 분석되었고, 환경정책기본법 호소 및 수생태계 수질기준에 따라 합성수지계 방근시트, 합성수지계 방근·방수시트, 합성고무계 방근시트는 좋음(Ⅱ), 베리어시트 및 대조구는 매우 좋음(Ⅰa) 등급으로 나타났으며, 대조구 수질과 비교해 T-P가 다소 증가한 값으로 분석되었다.
- (6) T-N은 합성고무계 도막 방근시트가 4.86mg/L로 최대 값을 가지는 것으로 분석되었고, 베리어시트 4.73mg/L, 합성수지계 방근·방수시트 4.24mg/L, 합성고무계 방근시트 3.91mg/L, 대조구 4.20mg/L, 합성수지계 방근시트 3.84mg/L 순으로 분석되었으며, 대조구와 비교해 합성수지계 방근시트 및 합성고무계 방근시트의 값이 다소 감소한 반면, 합성수지계 방근·방수시트, 합성고무계 도막 방근시트, 베리어시트는 T-N가 다소 증가한 값으로 분석되었다.
- (7) 클로로필-a는 모든 실험 수조에서 검출되지 않았다
- (8) 6개 실험수조에서 검출된 T-coli와 F-coli의 경우 대조구를 제외한 실험수조에서는 환경정책기본법 호소 및 수생태계 수질기준과 비교해 매우 좋음(Ⅰa) 등급으로 분석되었다.

(Ⅰa), DO 좋음(Ⅰb), T-N 매우나쁨(VI), T-coli 매우 좋음(Ⅰa)으로 각각의 분석항목 상호간 같은 등급을 나타내었으며, COD, SS, T-P, F-coli 값은 대조구에 비해 재료별로 각각 다소 증가하거나 감소한 것으로 분석되었다.

어독성 분석결과, 베리어시트 66.7%의 치사율로 분석되었고, 합성고무계 방근시트 20.0%, 합성수지계 방근·방수시트, 합성고무계 도막 방근시트 3.3%, 합성수지계 방근시트 및 대조구의 경우 치사율이 0.0%로 분석되었다(Figure 4).

2. 어독성 분석 및 특성

어독성 분석은 유해성 분석 후 송사리를 실험 수조별로 각각 30마리를 수용하여 수온 20℃를 유지하면서 2009년 9월 1일부터 9월 7일까지 일주일 동안 시간당 송사리의 치사율 기준으로 분석하였고, 각각의 실험 수조별 결과는 Table 4와 같았다.

시간별 어독성 분석결과, 합성수지계방수·방근시트 치사율이 2일(3.3%) 나타낸 이후 치사율이 0.0%를 나타내었으며, 합성고무계 시트는 3일(6.7%), 4일(6.7%), 5일(3.3%), 7일(3.3%)를 나타내었다. 합성고무계 도막 방근시트는 초기 1일(3.3%)의 치사율을 나타낸 이 후 나머지 분석기간 동안 0.0%로 나타났고, 베리어시트의 경

Table 4. Analysis of fish toxicity and the significance level.

Classification	Oryzias latipes ^x (ea)	1day (24t)		2day (48t)		3day (72t)		4day (96t)		5day (120t)		6day (144t)		7day (168t)		total	p-value ^y	
		ea	%	ea	%	ea	%	ea	%	ea	%	ea	%	ea	%			
		a. Synthetic resin system root barrier sheet	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			-
b. Synthetic resin system root barrier · waterproof sheet	30	-	-	1	3.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	3.3	0.319
c. Synthetic rubber system root barrier sheet	30	-	-	-	-	2	6.7	2	6.7	1	3.3	-	-	1	3.3	6	20.0	0.058
d. Synthetic rubber system membrane root barrier sheet	30	1	3.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	3.3	0.319
e. Barrier sheet	30	-	-	1	3.3	2	6.7	-	-	11	36.7	6	20.0	-	-	20	66.7	0.031
f. Control	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

^xThe length of *Oryzias latipes* : 2-3cm.

^y : p<0.05

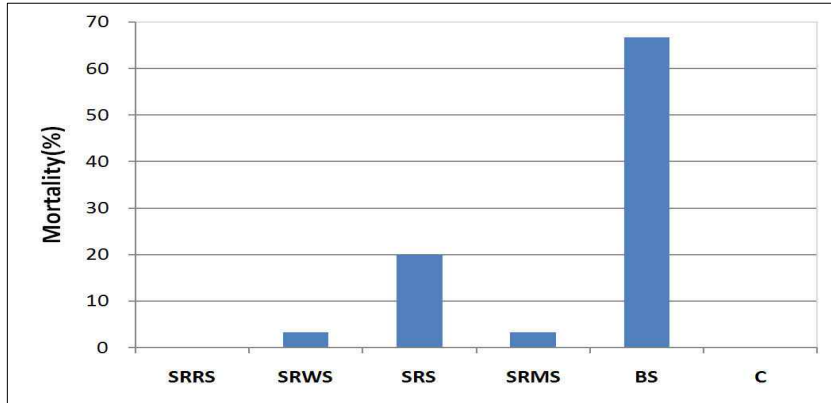


Figure 4. The Comparison of fish toxicity mortality of test types (SRRS; synthetic resin system root barrier sheet, SRWS; synthetic resin system root barrier · waterproof sheet, SRS; synthetic rubber system root barrier sheet, SRMS; synthetic rubber system membrane root barrier sheet, BS; barrier sheet, C; control).

우 2일(3.3%), 3일(6.7%), 5일(6.7%), 6일(20.0%)의 치사율을 보여 초기 보다 후기에 치사율이 높게 나타났다. 마지막으로 합성수지계 방근시트 및 대조구의 경우 치사율이 0.0%로 분석되었다(Figure 5).

누적시간별 어독성 분석결과, 합성수지계 방수·방근시트 치사율이 2일(3.3%)를 나타낸 이후 치사율이 0.0%를 나타냈으며, 합성고무계 시트는 3일(6.7%), 4일(13.3%), 5일(16.7%), 7일(20.0%)로 치사율이 시간경과에 따라 증가하였다. 합성고무계 도막 방근시트는 초기 1일(3.3%)의 치사

율을 나타낸 이후 나머지 분석기간 동안 0.0%로 나타났고, 베리어시트의 경우 2일(3.3%), 3일(10.0%), 5일(46.7%), 6일(66.7%)의 치사율을 보여 초기부터 치사율이 점차 증가하는 것으로 나타났다(Figure 6).

어독성 분석기간 중 베리어시트의 치사율이 66.7%로 나타났지만, 분석 과정 중 송사리가 외형적으로 등이 휘는 기형화 현상을 보였으며, 치사율 분석기간이 경과한 후 치사율이 100%를 나타내었다. 또한 합성고무계 방근시트의 경우 치사율이 20%로 나타났지만 분석 과정 중 다른 실

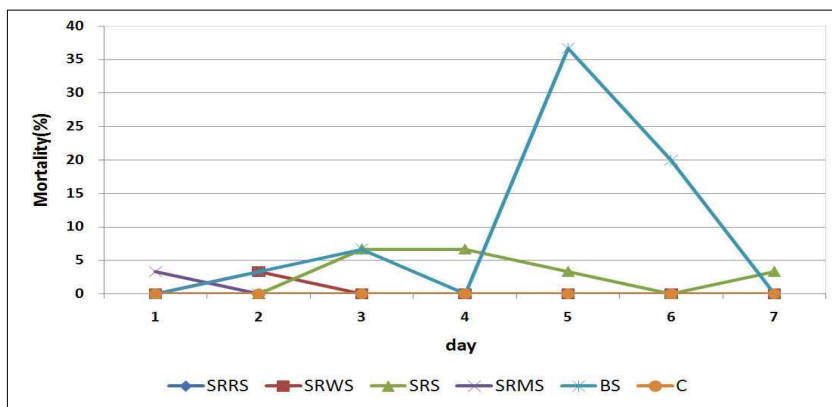


Figure 5. Mortality due to the elapsed time hourly fish toxicity (SRRS; synthetic resin system root barrier sheet, SRWS; synthetic resin system root barrier · waterproof sheet, SRS; synthetic rubber system root barrier sheet, SRMS; synthetic rubber system membrane root barrier sheet, BS; barrier sheet, C; control).

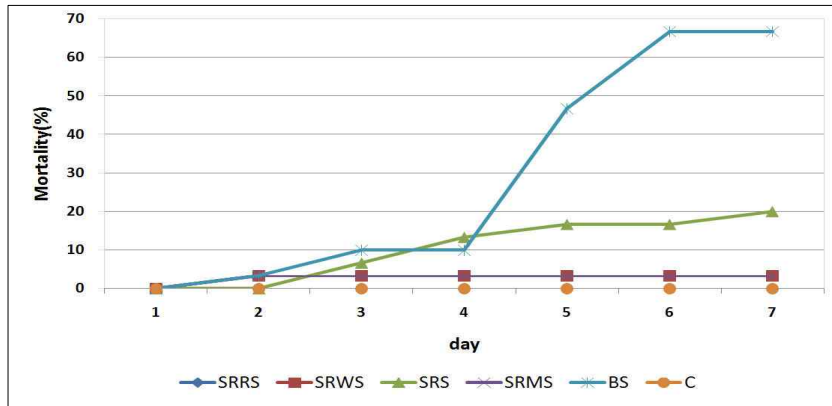


Figure 6. Hourly based on elapsed time, cumulative mortality fish toxicity (SRRS; synthetic resin system root barrier sheet, SRWS; synthetic resin system root barrier · waterproof sheet, SRS; synthetic rubber system root barrier sheet, SRMS; synthetic rubber system membrane root barrier sheet, BS; barrier sheet, C; control).

험 수조의 송사리의 활동성에 비해 다소 비활동적이었으며, 산소 공급 시 수면에 기포현상이 일어나는 특성을 보였다.

각 실험 수조별 대조구의 영향관계를 파악하기 위해서 SPSS WIN 12.0K 통계패키지를 이용하여 대응표본 T-test를 실시하였다. 그 결과 합성고무계 방근시트와 베리어시트를 제외한 나머지 재료들은 대조구와의 유의성 검정 결과 차이가 없는 것으로 분석되었다. 하지만 합성고무계 시트와 대조구의 평균차이 검정결과 p-value 값이 0.058, 베리어시트와 대조구의 평균차이 검정결과 p-value 값이 0.031로 유의수준 0.05에서 유의한 차이가 나타났다.

이를 종합하면, 합성수지계 방근시트가 0.0%

의 치사율을 보여 대조구와 같은 값을 나타내었으며, 합성수지계 방근 · 방수시트 3.3%, 합성고무계 도막 방근시트 3.3%의 치사율을 보여 LC₅₀(반수 치사농도)이하의 치사율을 보여서 어독성은 거의 없는 것으로 보였고, 합성고무계 방근시트 20.0%로 대조구보다 다소 낮고, LC₅₀을 초과하지는 않았지만 약간 높은 어독성을 보였으며, 베리어시트는 66.7%의 치사율을 나타내어 강한 어독성으로 보였다.

4. 친환경 특성 비교 및 종합분석

친환경 방근재 특성을 종합적으로 분석하기 위해 방근 재료별 유해성 및 어독성을 상호 비교 · 분석하였다(Table 5).

Table 5. The comparison of harmfulness and fish toxicity.

Classification	Harmfulness										Fish toxicity rating	Environment-friendliness
	pH	COD (mg/L)	SS (mg/L)	DO (mg/L)	T-P (mg/L)	T-N (mg/L)	Chl-a (mg/m ³)	E. coli (MPN/100mℓ)				
								T-coli	F-coli			
a. Synthetic resin system root barrier sheet	la	III	la	lb	III	VI	-	la	la	4	Strong	
b. Synthetic resin system root barrier · waterproof sheet	la	IV	lb	lb	II	VI	-	la	la	3	Strong	
c. Synthetic rubber system root barrier sheet	la	IV	lb	lb	II	VI	-	la	la	2	Middle	
d. Synthetic rubber system membrane root barrier sheet	la	VI	II	lb	III	VI	-	la	la	3	Strong	
e. Barrier sheet	la	IV	la	lb	la	VI	-	la	la	1	Weak	

방근 재료별 유해성 및 어독성을 비교·분석한 결과, 유해성의 값이 실험 수조별로 pH, COD, SS, DO, T-P, T-N 등 각각 상이한 값을 가지는 것으로 분석되었지만, 어독성의 치사율과는 상대적으로 영향이 적은 것으로 사료되었다.

따라서, 어독성 실험을 중심으로 친환경 방근재 특성을 분석한 결과, 합성수지계 방근시트, 합성수지계 방근·방수시트, 합성고무계 도막 방근시트가 친환경성이 강한 방근재로 분석되어지며, 합성고무계 방근시트가 친환경성이 중간 정도의 특징을 보였고, 베리어시트가 친환경성이 약한 것으로 분석되었다.

IV. 결 론

본 연구는 방근 재료의 유해성 분석 및 송사리의 치사율에 따른 어독성을 종합적으로 고려한 친환경 특성을 분석함으로써, 조경재료 및 공법의 친환경성과 생태독성에 대한 객관적 검증방법 제공 및 평가기준 마련을 위한 기초자료로 활용코자 수행한 연구로 주요 결과를 정리하면 다음과 같다.

1. 환경정책기본법 호소 및 수생태계 수질기준의 분석 항목을 대상으로 유해성 특성을 분석한 결과, 실험 수조별 값이 각각 상이한 값을 나타내었지만, 수질 등급은 대조구와 비교해 pH 매우 좋음(1a), DO 좋음(1b), T-N 매우나쁨(VI), T-coli 매우 좋음(1a)으로 각각의 분석항목 상호간 같은 등급을 나타내었으며, COD, SS, T-P, F-coli 값은 대조구에 비해 재료별로 각각 다소 증가하거나 감소한 것으로 분석되었다.

2. 어독성 실험의 경우는 베리어시트가 66.7%의 치사율로 어독성이 강한 것으로 분석되었고, 합성고무계 방근시트가 20.0%로 LC₅₀을 초과하지는 않았지만 어독성이 중간정도로 분석되었으며, 합성수지계 방근·방수시트, 합성고무계 도막 방근시트 3.3%, 합성수지계 방근시트의 경우 치사율이 0.0%로 분석되어 대조구보다 낮은 치

사율을 보였고, LC₅₀에도 현저히 미치지 못하고 있어서 어독성은 거의 없는 것으로 확인되었다.

3. 유해성과 어독성을 비교·분석한 결과, 유해성 분석 값이 실험 수조별로 각각 상이하게 나타났지만, 어독성 실험에 따른 치사율 결과와는 절대적으로 상호 관련성이 적은 것으로 분석되었다. 따라서 어독성 실험을 중심으로 친환경 방근재 특성을 분석한 결과, 합성수지계 방근시트, 합성수지계 방근·방수시트, 합성고무계 도막 방근시트가 친환경성이 강한 방근재로 분석되어지며, 합성고무계 방근시트가 친환경성이 중, 베리어시트가 친환경성이 약한 특성을 가지는 것으로 분석되었다.

이러한 연구결과를 종합할 때, 각 실험수조별 유해성 분석을 통한 친환경성 검토 보다는 치사율에 따른 어독성 분석을 통한 방법이 생태독성 및 친환경성을 규명하는 직접적 평가방법이라 판단되어지며, 이러한 객관적 검증을 통한 평가방법은 조경재료의 친환경성 평가기준 마련 및 생태독성을 고려한 생물다양성 효과를 분석하고 예측하기 위한 기초자료로 활용하는데 효과적일 것으로 판단된다.

하지만, 장기간이 아닌 단기간 및 1회 실험에 국한된 실험이었다는 점, 다양한 방근재를 적용하지 못한 점, 실험 방근재를 특정 규격으로 단순화 시켜 용해 및 용탈된 물질의 유해성을 분석한 점, 어류의 치사율과 관련된 직접적 물질을 규명하지 못한 점, 선정된 친환경 방근재에 대한 검증 등이 본 연구의 한계점이며, 아울러 향후 개선하고 연구해야 할 과제이다. 이러한 점들은 조경재료의 생태독성 및 친환경성 평가기준에 대한 연구 등과 병행하여 종합적 특성을 분석함으로써 해소 할 계획이다.

인 용 문 헌

권시원 · 배기선 · 오상권. 2007. 국내외 옥상녹화 기술현황 분석을 통한 국내 방수·방근기

- 술의 개선방향 연구. 한국건축시공학회 춘계학술논문집 28 : 13-17.
- 남선화 · 양창용 · 안윤주 · 이재관. 2007. 국내 생물종을 이용한 생태독성평가 기반연구 : (I) 어류. 한국육수학회지 40(2) : 173-183.
- 대한전문건설협회. 1997. 방수공사 핸드북. 서울 : 대한전문건설협회.
- 박경수 · 윤성진 · 이승민 · 김애향 · 박승윤 · 강덕영. 2005. 해양생태독성평가를 위한 표준 시험생물로서의 송사리(*Oryzias latipes*)에 관한 연구. 국립수산과학원 연구논문집 23(3) : 293-303.
- 오상근 · 권시원. 2006. 조경공사 방수를 위한 국내의 방수기술 현황. 조경시공 20(4) : 34-39.
- 오상근 · 박규성 · 선윤순 · 권시원. 2007. 옥상 및 인공지반녹화용 방근재의 성능기준 설정을 위한 방근성 시험방법에 관한 연구. 한국건축시공학회지 7(1) : 79-84.
- 오상근 · 송제영 · 권시원. 2009. 건축물 옥상녹화 시공에 의한 방수 및 방근층 안전성 확보를 위한 제도적 대책 마련에 관한 연구. 대한건축학회논문집 25(2) : 115-122.
- 이준호 · 표순주 · 신진학 · 오상근. 2009. 조경 녹화용 방수 · 방근층의 방근 성능평가 시험방법에 관한 연구. 한국건축시공학회 춘계학술논문집 23 : 89-97.
- 최현일. 2007. 생태독성 시험법을 이용한 중금속 평가. 충주대학교 산업대학원 석사학위논문. 한국토지공사. 2003. 한국토지공사 표준시방서-51000 방수 및 방습공사. 한국토지공사.
- 환경미디어. 2008. 11년 생태독성 배출허용기준 도입. 환경미디어 229(1) : 70-71.
- 환경부. 2009. 환경정책기본법 시행령 별표 1.
- Hriaoka, Y., and H. Okuda. 1983. Characteristics of vertebral abnormalities of medaka as a water pollution indicator. Hiroshima journal of medical sciences, 32(3) : 261-266.
- Shima, A., and A. Shimada. 1994. The Japanese Medaka, *Oryzias latipes*, as a new model organism for studying environmental germ-cell mutagenesis. Environ Health Perspect, 102(12) : 33-35.