

自在ボーリングを用いた地盤改良工法による海産生物に対する安全性について ーCurveX工法による薬液注入材の試験結果ー

鹿島建設 正会員 ○林文慶，中村華子，鈴木伸康
ケミカルグラウト フェロー会員 三原孝彦，横尾 充
早稲田大学 正会員 赤木寛一
北里大学 小河久朗

1．はじめに

近年，環境汚染化学物質が水生生物の生態系に及ぼす影響に対して社会的関心が高まってきており，古くから地盤改良工法に適用されてきた薬液注入の材料についても，あらためてその安全性を確認する必要がでてきた．薬液の主成分は一般に水ガラスであるが，各工法や企業において使用されている材料や配合は異なる．そこで，本試験では，当社が開発した「CurveX 工法」¹⁾に使用する薬液注入材（中・酸性系水ガラス，商品名：エコリヨン）の海産生物に及ぼす影響を把握し，その安全性について検討した．

2．方法・材料

海産生物に対する本薬液注入材の影響は，毒性などの化学的な要因とゲル化作用などの物理的な要因によるものがあると考えられる．両要因の影響を把握するために，ゲル化して流動性がある濃度（薬液注入材原液の10v/v%）までろ過海水で希釈した薬液注入材希釈液とゲル化して固化した薬液注入材を環境庁告示46号土壤汚染による環境基準溶出処理法に準拠して得た溶出水を試験水として用い，広く行われている急性毒性試験（JIS-K0102）でその影響を評価した．本試験は，全国沿岸域に生息する代表的な海産顕花植物類，貝類，海藻類，魚類，甲殻類などの計10種類の供試生物を用いて実施した．本薬液注入材の組成は主材（20%），硬化剤（2%），pH緩衝剤（1%），固化促進剤（0.2%）と水（76.8%）であり，SiO₂配合濃度5.8%である．ここでは，影響が懸念される海水中的薬液注入材によるpH変化の測定結果，全供試生物の内の6種類における暴露試験結果，並びに沿岸海域における拡散を検討した結果について報告する．

表-1 供試験生物の試験条件および評価法

供試生物*		試験条件	観察項目	評価法
アマモ	草体	10個体/3検体（2L）/ケース** 水温 20±1，照度 10000lux（16L8D）	色相変化 中央葉伸長量	96時間 EC ₅₀ ***（生長阻害）
アサリ	浮遊幼生	約3000個体/3検体（1L）/ケース 水温 20±1，照度 1000lux（16L8D）	遊泳阻害 へい死	96時間 LC ₅₀ ***（生死）
	稚貝	10個体/3検体（2L）/ケース 水温 20±1，照度 1000lux（16L8D）	閉殻，潜砂 へい死	96時間 LC ₅₀ （生死）
スサビノリ	幼芽	1個体/4検体（20mL）/ケース 水温 15±1，照度 4500lux（10L14D）	細胞変色 へい死	96時間 LC ₅₀ （生死）
	葉体	4個体/1検体（1L）/ケース 水温 15±1，照度 4500lux（10L14D）	細胞変色 へい死	96時間 LC ₅₀ （生死）
動物プランクトン	チグリオパス幼生	5個体/4検体（10mL）/ケース 水温 20±1，照度 1200lux（16L8D）	遊泳阻害 へい死	24時間 EC ₅₀ （遊泳阻害）
植物プランクトン	スケルトネマ	10個体/3検体（100mL）/ケース 水温 20±1，照度 10000lux（14L10D）	増殖細胞数 クロロフィルa量	96時間 EC ₅₀ （増殖阻害）
バフンウニ	卵	約1000個体/3検体（100mL）/ケース 水温 20±1，照度 800lux（12L12D）	受精，卵割 囊胚形成	24時間 EC ₅₀ （受精阻害）
*：暴露試験実施予定供試生物：マダイ稚魚，ヒラメ稚魚，クルマエビ稚エビと植物プランクトンパプロバ **：ケース：本薬液注入材の溶出試験水，希釈試験水（1～10%）と被試験材を含まない海水（対照） ***：LC ₅₀ ：半数致死濃度，EC ₅₀ ：半数影響濃度				

キーワード：薬液注入材，海産生物，溶出試験水，希釈試験水，急性毒性，拡散

連絡先 〒240-0111 神奈川県三浦郡葉山町一色 葉山水域環境研究室 TEL 046-876-1018

3. 結果・考察

薬液希釈試験水の pH 変化は、図-1 に示すように濃度が高いほど投入初期の pH 低下も大きくなったが、中性域へ戻りも速かった。また、薬液溶出試験水の pH も同様な傾向が見られ、作成 24 時間後 7.3 から 8.0 まで上昇する。すなわち、本薬液注入材の希釈水および溶出水の pH 値は作成後の時間経過と共に海水の pH 値に近づく変化を示す。

生物暴露試験の結果を表-2 に示す。溶出試験水の暴露試験では、全供試生物に対して悪影響を及ぼすことがなく、 EC_{50} または LC_{50} 値を算出することができなかった。希釈試験水の暴露試験では、アマモ草体とスサビノリが試験に設定した濃度の範囲内において悪影響がなく、 EC_{50} または LC_{50} 値はそれ以上の濃度である。アサリ稚貝は薬液濃度が 1.2% 以上になるとへい死個体が観察され、2.0% 以上になるとへい死率が 100% となった。1.59% (LC_{50} 濃度) の希釈水の pH は 6.4 ~ 7.6 で水産用水基準値より低かったが、稚貝のへい死は pH のみによるものではないことを pH 影響試験で確認した。試験期間中の生物行動観察から、薬液注入材のゲル化した微粒子がアサリの鰓に詰ることによる呼吸障害が死因の一つである。アサリ D 型幼生およびチグリオパス幼生が薬液注入材のゲル化した微粒子に引っ掛かったと観察されたため、両生物の遊泳阻害影響要因の一つであると考えられる。植物プランクトンのスケルトネマは、薬液濃度が 0.1% では対照ケースより増殖量が多かったが、0.5% になると藻類細胞が薬液のゲル化した微粒子に凝集されたため、増殖の阻害となったと思われる。ウニ卵の受精、卵割および囊胚形成において、比較的影響を受けやすいのは受精であった（写真-1）。その一因は精子の遊泳がゲル化した微粒子によって阻害され、受精率を低下したためと思われる。

以上の結果から、薬液希釈試験水に最も影響を受けやすいのはウニ卵で、山本ら²⁾が提唱した安全係数(0.1 を乗じた値)を用いて計算するとその安全濃度は 0.025%、 SiO_2 濃度に換算すると 0.00145% である。したがって、山本らの薬液の海水中での拡散シミュレーションの計算結果²⁾と比較すると、沿岸海域への拡散濃度はウニ卵受精の安全濃度(シリカ濃度の換算)の 1/800 程度となり、実海域の海産生物への影響はないと考えられる。

4. おわりに

現在、魚類とエビ類の薬液暴露試験を計画しており、また、薬液暴露試験結果を再度確認するために、財団法人食品分析センターに同様の暴露試験内容による第三者評価を依頼している。今後、海産生物影響濃度を求め、当工法の薬液注入材(中酸性系水ガラス)の安全性を詳細に把握し、並びに施工中の周辺環境モニタリング(SiO_2 濃度測定)を行い、安全管理を強化した体制を整えていきたいと考えている。

参考文献

- 1) 山崎 浩之, 向井 雅志, 山田 岳峰, 三原 孝彦, 横尾 充(2004): 曲がりボーリングを用いた薬液注入による液状化対策の実証試験, 土木学会論文集 No. 756/VI-62, 89-99.
- 2) 山本 敦, 林 健太郎, 熊田 弘(2004): 浸透固化処理工法が海産生物に及ぼす影響について, 土木学大会第 59 回年次学術講演会, pp. 609-610.

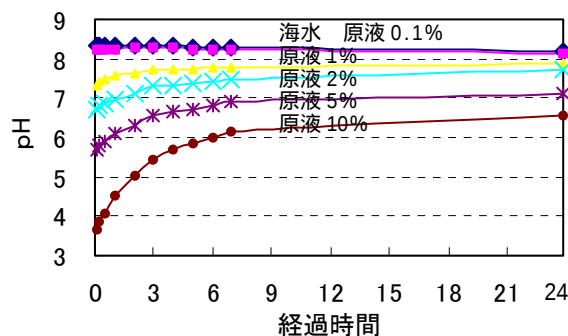


図-1 薬液希釈試験水の pH 変化

表-2 各生物試験結果の一覧

供試生物		薬液注入材原液 EC_{50} ・ LC_{50} 値		希釈試験水 EC_{50} ・ LC_{50} の SiO_2 濃度
		溶出試験水	希釈試験水	
アマモ	草体	影響なく 算出不可	10% 以上	0.58% 以上
アサリ	幼生	影響なく 算出不可	0.34%	0.0197%
	稚貝	影響なく 算出不可	1.59%	0.0928%
スサビノリ	幼芽	影響なく 算出不可	5% 以上	0.29% 以上
	葉体	影響なく 算出不可	5% 以上	0.29% 以上
動物 プランクトン	チグリオパス幼生	影響なく 算出不可	0.74%	0.0429%
植物 プランクトン	スケルトネマ	影響なく 算出不可	0.33%	0.0191%
ハリアケ	卵	影響なく 算出不可	0.25%	0.0145%



写真-1 ウニの受精卵と未受精卵