

浸透固化処理工法が海産生物に及ぼす影響について

五洋建設(株) 正会員 山本 敦
 同上 正会員 林 健太郎
 (社)日本水産資源保護協会 熊田 弘

1. はじめに

浸透固化処理工法は、液状化が懸念される砂地盤内に浸透注入して地盤を固化する工法であり、注入薬液には水ガラスから劣化の原因となるナトリウムイオンを取り除いた溶液型活性シリカグラウトを使用する。薬液の主成分は自然界に多く存在するシリカであることから、海産生物への直接的な影響は少ないと考えられるが、酸性の薬液を注入することに伴う周辺地下水の pH の一時的な低下による影響が懸念される。

そこで、固化しない濃度まで希釈した薬液を試験液として急性毒性試験を実施し、海産生物に及ぼす影響濃度を確認した。また、土中および海中における拡散シミュレーションを行い、実際の海域での海産生物に及ぼす影響の有無を検討した。

2. 海産生物への影響試験

(1) 試験方法

海産生物に対する化学物質許容濃度の試験は、本来は亜急性毒性、慢性毒性等の長期に亘る生物試験の結果に基づいて慎重に決定されるべきものであるが、これを推定するための一方法として広く行われている急性毒性試験によって求めた半数致死濃度に安全係数を乗じて求める方法（JIS - K0102）にて行った。

試験時間は 96 時間とし、JIS - K0102 に準拠して供試生物の生死で判定する半数致死濃度(LC50)又は呼吸、平衡感覚、成長等の致死に至らない影響で判定する半数影響濃度(EC50)により評価した。

この半数致死濃度、半数影響濃度に対して、安全係数としては 0.1 又は 0.01 を乗じた値が安全濃度として用いられるが、エコシリカの原料は珪素、無機りん、海水中に多量に含まれている無機イオン等であり蓄積の可能性は無いことから、0.1 を用いることとした。

試験に使用した薬液は、エコシリカ、それぞれについて薬液が固化しない限界濃度を予め求め、それぞれ 10 倍希釈溶液（シリカ濃度 0.6%）、5 倍希釈溶液（シリカ濃度 1.2%）を試験原液とした。

(2) 供試生物

供試生物には、内湾に分布し、漁業上あるいは環境保全上重要な種類を選んだ。表-1 に供試生物の一覧と評価方法を示す。

表-1 供試生物と評価法

供試生物		評価法
アサリ	浮遊幼生	96hr LC50(生死)
	稚貝	96hr LC50(生死)
紅藻類	スサビノリ(ノリ芽)	96hr LC50(生死)
	" (葉体)	96hr EC50(生長)
海産顕花植物	アマモ(実生株)	96hr EC50(生長)
植物プランクトン	パブロバ(P.gyrans)	96hr EC50(生長)
	スケルトネマ(S.costatum)	96hr EC50(生長)
動物プランクトン	チグリオバス(ノープリウス幼生)	24hr LC50(生死)
甲殻類	クルマエビ(稚エビ)	96hr LC50(生死)
魚類	ヒラメ(稚魚)	96hr LC50(生死)
	マダイ(稚魚)	96hr LC50(生死)

写真-1 供試生物の一例
(マダイ稚魚)

アサリについては、孵化して約 48 時間後の殻の形成直後の段階である D 状幼生と、平均殻長 8.0mm の状態の稚貝を用いた。また、スサビノリについても芽と葉体の 2 成長段階を用いた。なお、ノープリウス幼生に関しては、絶食条件下では 48 時間以降活性が低下するため、指針に従い試験時間を 24 時間とした。

[キーワード] 浸透固化処理工法、海産生物、急性毒性試験、移流・分散・拡散

連絡先 〒112-8576 東京都文京区後楽 2-2-8 TEL 03 (3817) 7655 FAX 03 (3817) 7805

（3）試験結果

全試験結果の一覧を表-2に示す。供試生物のなかで、アサリ浮遊幼生が最も感受性が高い結果となった。アサリ浮遊幼生以外の生物に関しては、水産用水基準のpH(7.8～8.4)を下回る濃度で影響が現れており、薬液に含まれる酸が影響した可能性がある。

表-2 試験結果一覧

供試生物	エコシリカ			エコシリカ		
	試験液濃度 (%)	pH	安全濃度 (%)	試験液濃度 (%)	pH	安全濃度 (%)
アサリ浮遊幼生	0.13	8.2～8.2	0.00008	0.04	8.2～8.2	0.00005
アサリ稚貝	5.10	7.0～6.4	0.00306	1.30	7.5～6.7	0.00156
スサビノリ芽	3.10	6.8～6.3	0.00186	2.20	6.6～6.4	0.00264
スサビノリ葉体	7.90	6.4～5.7	0.00474	5.60	6.1～4.3	0.00672
アマモ実生株	-	-	-	30.40	3.4～2.7	0.03648
バブロバ	12.00	6.0～6.0	0.00720	5.90	6.1～5.5	0.00708
スケルトネマ	1.40	7.6～7.3	0.00084	0.90	7.5	0.00108
チグリオバス	29.00	5.5～4.5	0.01740	5.10	6.4～4.9	0.00612
クルマエビ	5.50	7.4～6.4	0.00330	1.70	7.5～6.9	0.00204
ヒラメ稚魚	1.40	7.5～7.4	0.00084	0.61	7.7～7.5	0.00073
マダイ稚魚	1.50	7.4～7.3	0.00090	0.65	7.6～7.5	0.00078

3. 実海域における薬液の拡散

実際の工事においては、施工中に使用する薬液を海中に流出させることはないが、地盤中に注入した薬液の一部が固まらずに地下で移流分散し、さらにその一部が海底面から流出し拡散する可能性は考えられる。そこで、土中における薬液の移流分散シミュレーションおよび海中での拡散シミュレーションを行い、実海域における海産生物への影響を検討した。

（1）土中における移流分散シミュレーション

計算には、以下の移流分散方程式を用いた。

$$\frac{\partial c}{\partial t} + \frac{u}{R} \frac{\partial c}{\partial x} = \frac{D_L}{R} \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} + \frac{D_T}{R} \frac{\partial^2 c}{\partial y^2} - \lambda c$$

ここに、 u ：流速、 R ：吸着に関する係数、 λ ：減衰に関する係数、 D_T ： y 方向の分散係数、 D_L ： x 方向の分散係数

これまでの実績から得られた分散係数を使用して上式によるシミュレーションを行い、過去に実施した実海域実証実験で確認された周辺地下水のシリカ増分¹⁾と比較した。その結果、周辺地盤へのシリカの単位負荷量は、0.103kg/1改良体(8m³)程度であることが分かった。

（2）海中における拡散シミュレーション

固まらない薬液が海域に流出した際のシリカ濃度は、以下に示すFick型の拡散方程式²⁾を用いて算定した。シリカの単位負荷量は前項で求めた値を使用し、最も危険な場合を想定してシリカの負荷量全てが海水中に流出するという仮定で計算した。改良体は標準的な施工を考慮し、同時に8体造成するものとした。また、計算地点は流出位置から10m、20m、30mの3地点、計算時間はシリカ流出時から1時間経過後とした。

$$S(r,t) = \frac{M}{4\pi ktH} \exp\left(-\frac{r^2}{4kt}\right)$$

ここに、 M ：シリカ流出量(kg)、 k ：拡散係数(cm²/s)、 H ：水深(m)、 t ：シリカ流出時からの経過時間(sec)、 r ：流出地点からの距離(m)

表-3に、海中に拡散するシリカ濃度の計算結果を示す。

表-3 海中に拡散するシリカ濃度

項目	単位	中心からの距離			
		r = 10m	r = 20m	r = 30m	
シリカ流出量	M	kg	0.824	0.824	0.824
拡散係数	k	cm ² /s	1.0E+04	1.0E+04	1.0E+04
水深	H	m	1.0	1.0	1.0
時間	t	s	3600	3600	3600
シリカ濃度	S	%	0.00000181	0.00000177	0.00000171

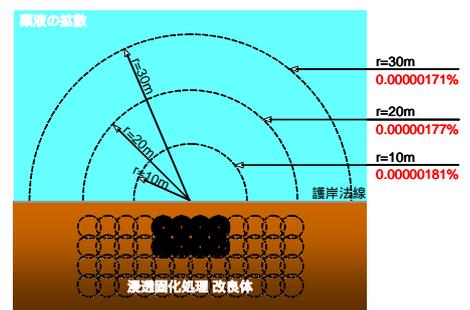


図-1 薬液の拡散

4. まとめ

海産生物に対する影響試験の結果から、各生物に対する薬液の安全濃度が明らかとなった。薬液に対して最も感受性の高い生物はアサリ浮遊幼生であり、その安全濃度は、エコシリカ、それぞれに対して、0.00008%、0.00005%である。ただし、土中部における移流分散、および海中での拡散シミュレーションを安全側の条件の下で行った結果、薬液流出箇所近傍においてもアサリ浮遊幼生に対する安全濃度の1/45～1/30程度の濃度にしかなり得ず、海産生物に対する安全性が確認された。

- <参考文献> 1) 浸透固化処理工法技術マニュアル，(財)沿岸開発技術研究センター，平成15年3月。
 2) 堀江毅：海上工事に伴う濁り予測モデルと濁り監視への適用性について，港湾技術研究所報告，Vol.26，No.2(1)，pp.253-295，1987。