

無公害無機系懸濁型瞬結硬化剤

サンコ-ホール 10-L

技術資料



”ケミカルクリエイター”

三興コロイド化学株式会社

〒481-0045 愛知県北名古屋市中之郷北109

TEL(0568)21-0012 FAX(0568)23-3553

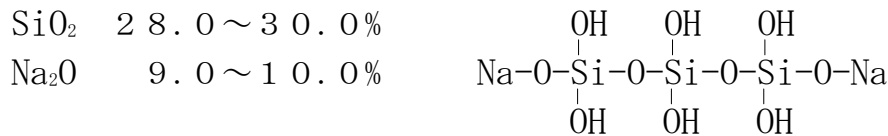
内容

1. J I S - 3号ケイ酸ナトリウムについて
2. サンコーポール10-Lによるケイ酸ナトリウムのゲル化
3. 注入の目的
4. 海水を含む地盤への注入または空洞充填
5. 原材料及び反応生成物の安全性
6. サンコーポール10-L及びセメント使用量別物性データ

1. J I S - 3号ケイ酸ナトリウムについて

ケイ酸ナトリウムは成分SiO₂、Na₂Oのそれぞれの濃度及びモル比により J I S 市販品があります。地盤注入には一般に J I S - 3号が用いられ、そのSiO₂、Na₂Oの成分濃度は次のように J I S 規格に定められています。モル比が約3のコロイド溶液でありNa₂O・3SiO₂のように記載できます。

J I S - 3号ケイ酸ナトリウムの組成



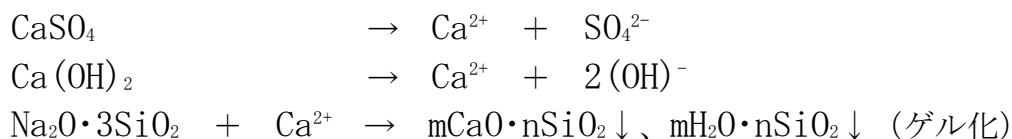
水溶液中ではこれらがファンデルワールスカや水素結合などにより結びついてケイ酸コロイド粒子として存在しています。ケイ酸コロイド粒子表面は（-）に帯電しておりその外側は（+）に帯電した電気2重層を形成しています。pHが高いほど大きな電気反発力によりコロイド粒子は安定化されます。ケイ酸ナトリウムのゲル化はコロイド粒子が更に集合し脱水重合して網目状構造となって不溶性ゲルを生成すると考えられています。ゲル化はアルカリ水溶液中のケイ酸コロイド粒子がつぎの作用を受ける場合に起こると考えられます。

- (1) 酸による中和。
- (2) 塩類イオンによる電気2重層の破壊。
- (3) 帯電微粒子による電気2重層の破壊。
- (4) 2価以上の金属イオンによる不溶性塩の生成。

これらの反応は単独で起こるものではなく組合わさって起こると考えられます。

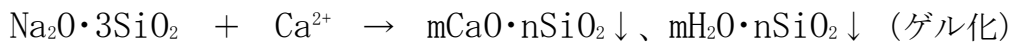
2. サンコーポール10-Lによるケイ酸ナトリウムのゲル化

地盤注入剤サンコーポール10-Lを使用する場合、B液にはセメントも存在しています。セメントはケイ酸カルシウムを主成分とし、ケイ酸ナトリウムのゲル化剤として周知の物質です。この場合の反応を考えると1)セメント粒子による電気2重層の破壊が起こりケイ酸コロイド粒子の不安定化が進行します。2)同時にセメントの水和反応が急速に起こりCa(OH)₂が生成溶出しケイ酸ナトリウムと反応し不安定化が進行します。3)また同時にセメント中に含まれるCaSO₄が水に溶解してCa²⁺、SO₄²⁻イオンを生成し、更にケイ酸コロイドイオンと反応して不安定化が進行します。これらの総合的な作用によりついに3次元網目状構造結合を形成しゲル化します。



ケイ酸コロイド粒子の脱水重合を模式化するとFig. 1のようになります。

以上の1) セメント粒子、2) 水和反応生成物、及び3) セメント含有物によるケイ酸コロイド粒子の不安定化からゲル化に至るまでの時間、即ちゲルタイムはサンコーポール10-Lの存在しない状態（いわゆるLW）では1～3分を要します。これを更に短縮したのがサンコーポール10-Lでありゲルタイム約15秒が得られます。この場合はサンコーポール10-L中のカルシウム化合物によるケイ酸コロイド粒子との反応で、不安定化の進行が非常に早くゲル化が速やかに起きて短いゲルタイムが得られます。反応に寄与する物質はセメントの場合と同じですが、その進行が速やかなのが特徴です。反応式もセメントの場合と同じですが簡略化すると次のようになります。



化学反応のみでなく同時にセメント水和反応生成物、セメントやサンコーポール10-L粒子による電気2重層の破壊のような物理的な反応も寄与してこれらの総合的な結果として速やかなゲル化が起こっています。

反応生成物質としては次の物質が考えられその性質は、

「ケイ酸カルシウム」：JIS-3号ケイ酸ナトリウムとセメント及びサンコーポール10-Lに由来するカルシウム化合物との反応により生成するケイ酸カルシウムは、セメント中の成分であるケイ酸カルシウムと同じ成分でありセメントと同様安全な物質です。

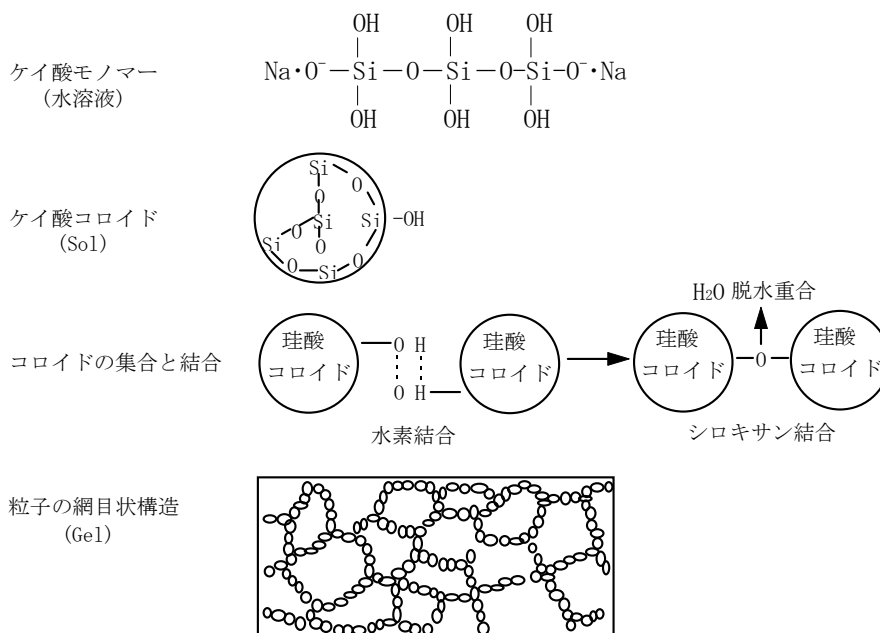


Fig. 1 ケイ酸ナトリウムのゲル化

3. 注入の目的

注入の目的は大別して 1) 止水、2) 地盤強化 となります。

(1) 止水

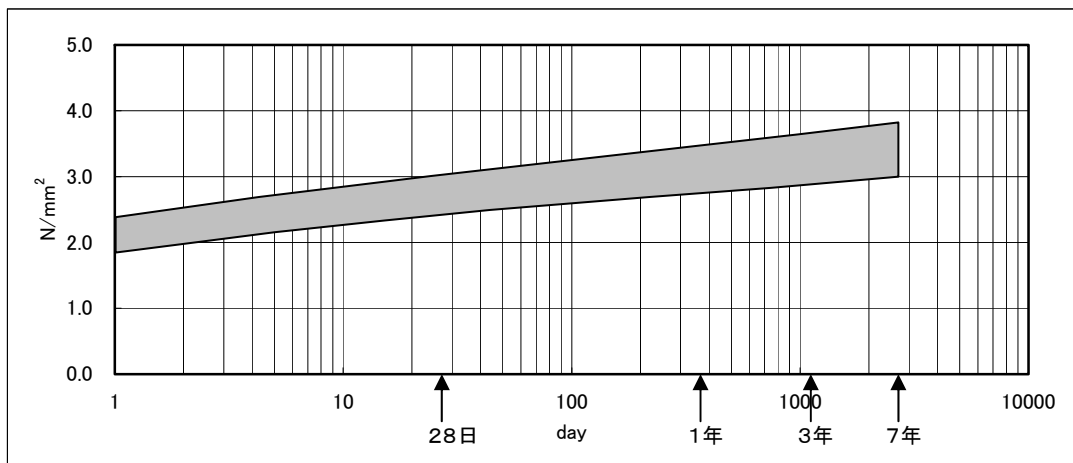
水みちとなる地盤内の亀裂や土粒子の間隙を充填して遮水帯を形成し、地盤の透水性を低下させ止水や減水をはかり、湧水に伴い生ずる土砂流動、湛水不能を防止します。

サンコーポール 10-L の透水係数は $10^{-7} \sim 10^{-8}$ (cm/s) ですのでほぼ不透水性の遮水帯が形成されます。

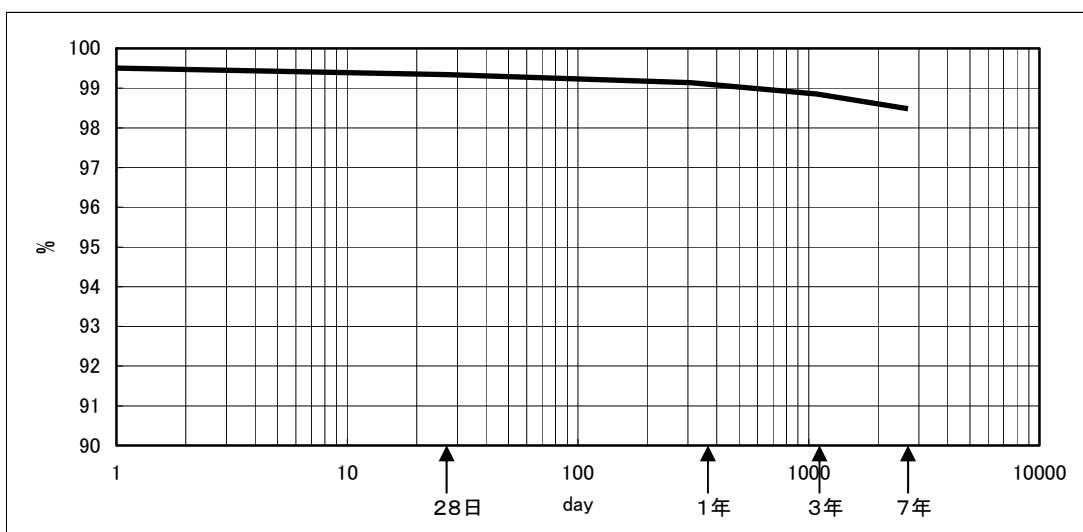
(2) 地盤強化

土粒子間の粘着力の増加(砂質土の場合)や脈状注入による固結体自身のもつ大きな強度による脈状固結体全体に対するプラス効果により地盤の強化をはかり地盤変状を防止します。グラフに示すように7年後までの一軸圧縮強度は維持しており、これ以降も急激な強度低下はないと考えられますので長期的な耐久性も期待できます。

ホモゲル一軸圧縮強度



ホモゲル収縮率



4. 海水を含む地盤への注入または空洞充填

(1) 海水の組成

海水には各種の物質が溶解していてその組成は海域、河川、雨水、各種人工排水等の影響により一定してはいませんが外洋ではほぼ一定です。次表(Fig. 2)に標準海水中に溶解して含まれる主要な物質組成を示します。

溶解物質	含有率%	溶解物質	含有率%
NaCl	2.721	K ₂ SO ₄	0.086
MgCl ₂	0.381	CaCO ₃	0.012
MgSO ₄	0.166	MgBr ₂	0.008
CaSO ₄	0.126		

Fig. 2 海水の組成 (化学大事典より)

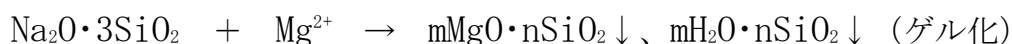
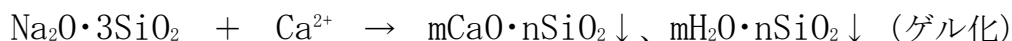
(2) 海水成分の塩類とケイ酸ナトリウム水溶液との反応

海水そのものは地盤注入剤A液中のJ I S 3号ケイ酸ナトリウムと反応してゲル化します。例えばA液を海水を用いて調整するとシャーベット状のゲルを生成するのは海水成分の内、主にMgCl₂、MgSO₄、CaSO₄の作用によるものです。最も多量に含まれるNaClもケイ酸ナトリウム水溶液を不安定化して上記塩類の反応を促進します。このように海水を用水として地盤注入剤サンコーポール10-L及びその他の水ガラス系の地盤注入剤を調整することはケイ酸ナトリウムの消耗による注入効果の低下をもたらすばかりかA液のゲル化を招いて注入不能を引き起こしA液を廃棄するに至ります。このため用水は必ず清水をご使用下さい。

(3) 海水を含む地盤へのサンコーポール10-Lの注入

清水で調整したA、B両液混合後からのゲル化時間、いわゆるゲルタイムは非常に短く約15秒を示します。真水の地下水を含む一般の地盤に注入した場合、注入剤の先端と水とがゲル化する直前までの数秒～10数秒の間に若干混ざり合いその部分は本来のゲルより少し希釈されたものとなりますがそれより内側の注入剤は完全に正常なゲルが生成して地盤が改良されます。

海水を含む地下水の場合には注入剤の先端と海水とがゲル化する直前までの間に少し海水と混じり合いますが、その際海水中の塩類の作用により注入剤はゲル化されてそれ以上海水と混じり合いません。即ち、注入剤先端の接触部は真水よりも早く反応してゲル化するので注入剤が真水の場合よりも有効に働きます。式で示しますと海水中に存在するイオンMg²⁺、Ca²⁺がケイ酸ナトリウムと反応して下式のようになります。



言葉で示しますと「海水中に含まれる塩類の主成分であるMgCl₂、MgSO₄、CaSO₄、等の解離した主なイオンであるMg²⁺、Ca²⁺がJ I S-3号ケイ酸ナトリウムと反応してゲル化する」となりCa²⁺はセメントの水和反応生成物、サンコーポール10-Lの成分からくるものと全く同じものです。海水からのMg²⁺もCa²⁺と同様にケイ酸ナトリウムと反応してサンコーポール10-Lのゲル化を助ける役目をいたします。

5. 原材料及び反応生成物の安全性

原材料、反応生成物として次の物質が考えられその安全性を考察しますと、

(1) J I S - 3号ケイ酸ナトリウム (水ガラス)

過去のアクリルアミド系薬液の逸出公害問題から昭和49年建設省より「薬液注入工法による建設工事に関する暫定指針」が関係省庁に通達され「使用できる薬液としては水ガラス系の薬液（主剤が珪酸ナトリウムである薬液を言う）で且つ劇物又はフッ素化合物を含まないものに限る。」とされています。

J I S - 3号珪酸ナトリウムは毒物、劇物ではありませんが強アルカリ性ですので直接触れたりすると皮膚障害、肌荒れを起こすことがありますので取り扱いには十分な注意が必要です。地盤に注入された地盤注入剤中のケイ酸ナトリウムは硬化剤、促進剤など即ちセメント及びセメントから溶出する物質や、サンコーポール10-Lと反応してセメントの成分でもあるケイ酸カルシウムを生成し、使用したセメントもケイ酸カルシウム水和物生成反応が進行します。大量のセメント、サンコーポール10-Lによりケイ酸ナトリウムは殆ど反応してしましますが僅小の未反応ケイ酸ナトリウム、セメント、セメントに配合されている硫酸カルシウム、セメント水和過程で生成する水酸化カルシウムなどは地盤中の粘土鉱物であるモンモリロナイト、アロフェン、ハロイサイトに吸着され中和や置換反応が起こり軟弱地盤を長期間かけて改良します。セメントや石灰による地盤改良もこの性質を応用したものです。微量のケイ酸ナトリウムは自然の河川水に溶解されて存在しており溶解、析出、吸着などの複雑な輪廻を繰り返しています。ケイ酸ナトリウムは又上水道の浄化用薬剤としても使用されている安全な物質です。

(2) セメント

建設工事には不可欠な物質で多量に使用されています。J I S - 3号ケイ酸ナトリウムと同じく強アルカリ性であり肌荒れ等を起こすことがあるので取り扱いには注意が必要には違いありませんが安全な物質です。セメント中に配合されている硫酸カルシウム及びセメント水和反応により生成する水酸化カルシウムはサンコーポール10-Lの成分でもあり以下これらについて述べます。

(3) 硫酸カルシウム

前述のようにセメント中には硫酸カルシウムが配合されてセメントの水和反応を調整しています。食品添加物として認められている安全な物質であり食品としての「豆腐」の製造に用いられているのは有名です。建設材料としてはセメントに数%添加されているほか地盤改良材、流し延べ床材、石膏ボードなどに用いられています。

(4) 水酸化カルシウム

セメントの水和反応により生成します。漆喰その他の建築材料、地盤改良材、肥料等に用いられる他、食品として「こんにゃく」の製造に用いられるのが有名です。

6. サンコーポール10-L及びセメント使用量別物性データ

サンコーポール10-L 0.5袋

1. 配合

A液(200ℓ)		B液(200ℓ)		
JIS3号ケイ酸ナトリウム(ℓ)	水(ℓ)	普通ポルトランドセメント (kg)	10-L(kg)	水(ℓ)
80	120	50	10	180.0
		75		172.0
		100		164.1

2. 液温とゲルタイムの関係

普通ポルトランドセメント (kg)	液温(°C)					
	1	5	10	20	30	35
50	70	57	48	30	21	16
75	55	45	36	22	14	11
100	45	38	29	17	11	8

(単位:sec.)

3. 一軸圧縮強度(20°C飽和湿気中養生)

普通ポルトランドセメント (kg)	材令(day)			
	1	3	7	28
50	0.33	0.89	1.81	1.89
75	2.40	3.25	3.38	3.77
100	3.66	4.28	4.52	4.13

(単位:N/mm²)

サンコーポール10-L 1袋

1. 配合

A液(200 ℓ)		B液(200 ℓ)		
JIS3号ケイ酸ナトリウム(ℓ)	水(ℓ)	普通ポルトランドセメント (kg)	10-L(kg)	水(ℓ)
80	120	25	20	183.7
		50(標準配合)		175.8
		75		167.9
		100		159.9

2. 液温とゲルタイムの関係

普通ポルトランドセメント (kg)	液温(°C)					
	1	5	10	20	30	35
25	50	40	30	20	13	12
50	38	30	24	15	10	8
75	33	28	21	13	8	6
100	29	25	19	11	7	5

(単位:sec.)

3. 一軸圧縮強度(20°C飽和湿気中養生)

普通ポルトランドセメント (kg)	材令(day)			
	1	3	7	28
25	0.09	0.40	0.84	1.42
50	2.32	2.88	2.91	3.44
75	3.59	4.72	5.07	7.44
100	4.58	4.96	7.99	9.97

(単位:N/mm²)

サンドゲル (JIS R 5201 セメント強さ試験用標準砂使用 注入率 40%)

普通ポルトランドセメント (kg)	材令(day)			
	1	3	7	28
50	2.72	3.11	3.52	3.57

(単位:N/mm²)

サンコーポール10-L 1.5袋

1. 配合

A液(200 ℓ)		B液(200 ℓ)		
JIS3号ケイ酸ナトリウム(ℓ)	水(ℓ)	普通ポルトランドセメント (kg)	10-L(kg)	水(ℓ)
80	120	50	30	171.6
		75		163.7
		100		155.8

2. 液温とゲルタイムの関係

普通ポルトランドセメント (kg)	液温(°C)					
	1	5	10	20	30	35
50	24	22	18	10	6	5
75	22	20	16	10	5	4
100	20	18	14	9	5	4

(単位:sec.)

3. 一軸圧縮強度(20°C飽和湿気中養生)

普通ポルトランドセメント (kg)	材令(day)			
	1	3	7	28
50	2.90	3.44	3.98	4.62
75	3.56	4.41	4.76	6.21
100	4.00	4.52	5.47	5.83

(単位:N/mm²)

サンコーポール10-L 2袋

1. 配合

A液(200 ℓ)		B液(200 ℓ)		
JIS3号ケイ酸ナトリウム(ℓ)	水(ℓ)	普通ポルトランドセメント (kg)	10-L(kg)	水(ℓ)
80	120	50	40	167.5
		75		159.5
		100		151.6

2. 液温とゲルタイムの関係

普通ポルトランドセメント (kg)	液温(°C)					
	1	5	10	20	30	35
50	19	17	13	7	5	4
75	18	16	12	7	4	3
100	17	15	11	7	3	3

(単位:sec.)

3. 一軸圧縮強度(20°C飽和湿気中養生)

普通ポルトランドセメント (kg)	材令(day)			
	1	3	7	28
50	2.83	3.18	3.76	4.43
75	3.48	3.88	4.26	4.77
100	4.24	4.29	4.98	5.74

(単位:N/mm²)