

土 木 研 究 所 資 料

高分子吸水剤による 土石流流動阻止効果に関する研究

平成元年 5 月

建設省土木研究所
砂防部砂防研究室

Copyright ©(1989) by P.W.R.I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P.W.R.I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、土木研究所長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

高分子吸水剤による 土石流流動阻止効果に関する研究

砂防研究室 室長 水山高久
研究員 栗原淳一
鈴木浩之

要 旨

土石流流動阻止工法は、近年開発の著しい高分子吸水剤を流動中の土石流に投入し水分を吸水することで土石流の流れの減勢あるいは停止を目的とする全く新しい工法である。本研究はまずアンケート調査と試験により高分子吸水剤の性能を調査した。次に、土石流流動阻止効果について水路実験により検討し、現地への適用に当たり解決すべき課題を整理した。

キーワード：土石流，高分子吸水剤，新材料

Control of Debris Flow with Superabsorbent Polymers

Sabo Division Head of Division : Takahisa MIZUYAMA

Researcher : Junichi KURIHARA

Hiroyuki SUZUKI

Synopsis

New measure works are considered to reduce the energy of debris flow by absorbing water in it with superabsorbent polymers which is recently developed remarkably.

The characteristics of superabsorbent polymers was investigated by questionnaires and tests. The effect of superabsorbent polymers against debris flow was examined through experiments. The problems were shown to be resolved in order to put this works to practical use.

KEY WORD : Debris flow, Superabsorbent Polymers, New materials.

ま え が き

砂防事業を含め土木分野全体において、最近開発の著しい新素材、新材料を利用した新工法が検討されている。建設省では、技術研究会の指定課題「建設分野における新材料の活用に関する研究」(昭和62年度～平成3年度)や総合技術開発プロジェクト「建設事業への新素材、新材料の利用技術の開発」(昭和63年度～平成4年度)において利用技術の開発とそれに対する試験法・評価法の検討が行なわれている。

本研究で扱う高分子吸水剤も最近の開発により、種類によっては1000倍近い吸水倍率の性能を有する新材料の一種で、当初は紙おむつに使用されていたものである。この吸水剤を流下中の土石流に投与する事で土石流中の水分を吸水し、土石流の動きを減勢あるいは停止させることができないかというのが本工法の狙いである。本研究は上述の総プロの一環として行なわれているもので既存吸水剤の基本的性質や安全性、環境に与える影響、水路実験による吸水剤の土石流流動阻止効果の評価、実用化に向けての問題点の整理等を取りまとめたものである。

平成元年5月

目 次

まえがき

1. 高分子吸水剤の性能	1
1.1 アンケート調査	1
1.2 他の土木分野への吸水剤の応用	8
1.3 性能試験	10
1.4 試験結果の考察および試験方法の提案	14
2. 流動阻止効果に関する試験	35
2.1 実験方法	35
2.2 実験結果	36
2.3 必要吸水剤量の検討	44
2.4 今後の課題	45

おわりに

1. 高分子吸水剤の性能

1.1 アンケート調査

高分子吸水剤は、1974年米国農務省北部研究所において澱粉のアクリロニトリルグラフト混合物の加水分解によって初めて合成されて以来、世界各国で相次いで開発されている。特に日本においては、各種の高吸水性ポリマーが企画され、紙おむつを主軸に生理用品、農園芸用材、土木建築用材等に利用されている¹⁾。

ここでは、検討の第一段階として吸水剤の性質に関する調査をアンケート方式で吸水剤製造メーカー13社の研究開発部門に対し行った。このうち11社から計22銘柄の吸水剤に関し回答があった。主な調査項目は次のとおりである。

- ①主な用途
- ②主成分
- ③単価
- ④荷姿および販売最小数量
- ⑤乾燥時と吸水時の吸水剤の形状と性状
- ⑥吸水倍率、吸水速度と単位体積重量
- ⑦吸水剤の安定性（品質の耐久性）試験
- ⑧耐腐敗性
- ⑨安全性
- ⑩河川環境への影響
- ⑪製品の規格（基準）

なお、調査票を巻末資料-1に示す。表-1に、アンケート調査の回答を一覧表として示す。この調査で明らかとなった主な事項は以下のとおりである。

(1) 主成分

ポリアクリル酸系が22銘柄中14銘柄と最も多く、変性物やグラフト系を加えると18銘柄と圧倒的に多い。

(2) 主な用途

主な用途としては、おむつ、生理用品、土壌改良が挙げられる。調査依頼者側を意識して、土木分野に関する回答が多かったようだが、実際には、国内需要の90%以上をおむつ、生理用品が占めている²⁾。アンケート調査結果によるとこの他に、ジェット燃料や電池用ゲル化剤に用いられているものもあった。

(3) 単価

単価は600~2,000円/kgである。以前に比べ安価にはなっているようだが、仮に本工法で用いるとし、後述する現地での必要吸水剤量が約49tとすると（p.44参照）、吸水剤量だけで約49百万円になる（価格を1000円/kgとした場合）。このように吸水剤自体の経済的問題も解決していく必要がある。

表-1) アンケート調査結果

記号 番号	主 な 組 成	主 な 用 途			価 格 (円/kg)	最小販売量 (kg)
		1	2	3		
A-1	ポリアクリル酸系	おむつ	土 壌 改 良		600~700	20
2	〃	〃	〃		〃	〃
3	〃	〃	生 理 用 品		〃	〃
B	〃	〃	〃	土 壌 改 良	約1200	140
C	イソブチレン・マレイン酸共重合体	土 壌 改 良	止 水	カ イ ロ	1500 (1200:大量のとき)	20
D-1	澱粉-ポリアクリル酸 ソーダグラフト系	おむつ	生 理 用 品	吸水シート		〃
2	〃	〃	保 冷 材	カ イ ロ		17
3	ポリアクリル酸系	〃	止 水	土木用吸水剤		20
E-1	〃	〃	生 理 用 品		1200 (800)	〃
2	アクリル酸メチル-酢酸 ビニル共重合体ケン化物	土 壌 改 良	止 水	工業用一般	1800 (1200)	〃
F-1	ポリアクリル酸系	〃	〃	蓄 冷 材	1500	〃
2	〃	〃	〃	〃	1500	〃
G	カルボキシルメチルセルロース	ジェット燃料			800	25
H-1	ポリアクリル酸系	おむつ	生 理 用 品	土壌改良止水	800 (600)	20
2	PVA 重合体	土 壌 改 良	除 湿 剤		1500	〃
I-1	ポリアクリル酸系	おむつ	生 理 用 品	保 冷 剤	800	〃
2	〃	〃	〃	止 水	〃	〃
3	〃	〃	止 水	保 冷 剤	〃	〃
4	ポリアクリル酸塩変性物	土 壌 改 良	〃		2000	〃
5	ポリアクリル酸系	〃			2200	10
J	澱粉系	生 理 用 品	止 水	電池用ゲル化剤	800	20
K	ポリアクリル酸系	〃	土 壌 改 良		600 (500)	〃

表-1(2) アンケート調査結果

記号 番号	状 態		物 性				
	乾 燥	吸 水	飽水時間 (分)	2 分後吸水 倍率(純水)	飽水時吸水 倍率(純水)	純水への溶解 度(ppm)	単位体積重量 (g/ℓ)
A-1	か 粒 状	ゼ リ ー 状	30以上	200	400~500	—	750
2	〃	〃	2 ~ 5	350	300~400	1000以上	約500
3	〃	〃	2 ~ 5	450	500以上	〃	500
B	微 粉 末 状	ビ ー ズ 状	30以上	200	400~500	—	800~1000
C	か 粒 状	の り 状	2 末満	200	100~200	1000以上	約600
D-1	粒 状	〃	5 ~ 10	800	500以上	〃 (25℃)	600
2	か 粒 状	ビ ー ズ 状	2 ~ 5	300	300~400	1000以上	550
3	粒 状	〃	2 ~ 5	350	400~500	〃	600
E-1	か 粒 状	の り 状	2 ~ 5	800	500以上	〃	500
2	粒 状	ビ ー ズ 状	5 ~ 10	200	450~600	〃	900
F-1	粉 末 状	の り 状	2 末満	300	300~400	〃	400
2	〃	〃	〃	500	500以上	〃	400
G	微 粉 末 状 か 粒 状	の り 状	—	30	200~300	100~1000	500
H-1	か 粒 状	小ブロック状	2 ~ 5	50	300~400	1000以上	800
2	〃	〃	30以上	20	200~300	〃	600
I-1	か 粒 状	小ブロック状	10~20	140	300~400	不溶	630~730
2	〃	〃	〃	250	500以上	〃	500~700
3	粒 状	〃	〃	70	100~200	〃	650~850
4	〃	〃	〃	100	100~200	〃	650~750
5	〃	〃	〃	70	100~200	〃	650~850
J	微 粉 末 状	の り 状	2 ~ 5	約600	500以上	1000以上	850
K	粒 状	ビ ー ズ 状	2 ~ 5	150	200~300	1 末満 (25℃)	900

表-1(3) アンケート調査結果

記号 番号	安定性 (試験前後の吸水倍率(%))			
	高 温 条 件		低 温 条 件	
	乾 燥 状 態	吸 収 状 態	乾 燥 状 態	吸 水 状 態
A-1	100以上 (150℃×24h)	—	100以上 (−20℃×24h)	80~90 (凍結融解5回)
2	〃 (〃)	70~80 (105℃×24h)	〃 (〃)	90~100 (〃)
3	〃 (〃)	〃 (〃)	〃 (〃)	〃 (〃)
B	90~100 (50℃×7日)	90~100 (50℃×7日)	90~100 (−30℃×7日)	90~100 (−30℃×7日)
C	90~100 (140℃×2日)	90~100 (100℃×12日)	90~100 (0℃×6日)	—
D-1	90~100 (60℃×3月)	90~100 (40℃×20日)	90~100 (−30℃×3月)	90~100 (2℃×2月)
2	〃 (〃)	〃 (〃)	〃 (〃)	〃 (〃)
3	〃 (〃)	〃 (〃)	〃 (〃)	〃 (〃)
E-1	90~100 (100℃×5h)	50未満 (90℃×1日)	90~100 (−10℃×10日)	100以上 (凍結融解5回)
2	〃 (〃)	70~80 (〃)	〃 (〃)	〃 (〃)
F-1	100以上 (60℃×1月)	90~100 (吸水~乾燥5回50℃)	100以上 (0℃×1年)	—
2	〃 (〃)	〃 (〃)	〃 (〃)	—
G	—	—	—	—
H-1	90~100 (105℃×3h)	50未満 (膨潤30倍 40℃×3日)	90~100 (−20℃×1年)	50未満 (膨潤300倍 −20℃×20日)
2	100以上 (60℃×5日)	80~90 (60℃×5日)	90~100 (−5℃×30日)	90~100 (凍結融解10回)
I-1	90~100 (180℃×4h)	100以上 (飽和吸水 100℃×100h)	90~100 (−18℃×100h)	100以上 (−18℃凍結融解5回)
2	〃 (〃)	100以上 (〃)	〃 (〃)	100以上 (〃)
3	〃 (〃)	〃 (〃)	〃 (〃)	〃 (〃)
4	〃 (〃)	〃 (〃)	〃 (〃)	〃 (〃)
5	〃 (〃)	〃 (〃)	〃 (〃)	〃 (〃)
J	90~100 (90℃×24h)	50未満 (60℃×5日)	—	60~70 (凍結融解10回)
K	100以上 (100℃×5日)	—	100以上 (0℃×10日)	—

表-1(4) アンケート調査

記号 番号	耐 腐 敗 性		腐敗データ の有無	安 定 性 対 策		安 全 性	
	乾 燥 状 態	吸 水 状 態		心 要 性	対 策	LD ₅₀	データ
A-1	全く腐敗せず	全く腐敗せず	有	必 要 確立している	添加剤	5000以上	有
2	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃
3	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃
B	全く腐敗せず	わずかに腐敗	無	必 要 未着手	—	5000以上	有
C	全く腐敗せず	わずかに腐敗	無	必 要 検討中	—	5000以上	有
D-1	全く腐敗せず	全く腐敗せず	有	—	—	5000以上	有
2	〃	〃	〃	—	—	〃	〃
3	〃	〃	〃	—	—	〃	〃
E-1	全く腐敗せず	全く腐敗せず	無	不 要	—	5000以上	有
2	〃	〃	〃	〃	—	〃	〃
F-1	全く腐敗せず	全く腐敗せず	無	不 要	—	300~500	有
2	〃	〃	〃	〃	—	〃	〃
G	全く腐敗せず	少し腐敗する	無	不 要	—	5000以上	無
H-1	全く腐敗せず	全く腐敗せず	有 (カビテスト)	必 要 検討中	添加剤 (吸水時)	2500以上	有
2	〃	わずかに腐敗	無	〃	—	5000以上	〃
I-1	全く腐敗せず	全く腐敗せず	有	必要, 検討中 (吸水状態耐光性)	添加剤 (吸水時)	3000以上	有
2	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃
3	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃
4	〃	〃	〃	〃	〃	2500以上	無
5	〃	〃	〃	〃	〃	3000以上	有
J	全く腐敗せず	わずかに腐敗	無	必 要 未着手	—	5000以上	有
K	全く腐敗せず	全く腐敗せず	無	不 要	—	1500以上	有

表-1(5) アンケート調査結果

記号 番号	河川等水質汚濁への影響			製 品 の 規 格			
	PH	BOD	重金属 (ppm)	安全基準	規 格	規 格 項 目	試験 法
A-1	6.7~7.5	—	5 以下	有	社内規格	吸水速度, 吸水倍率, 残存モノマー (安全性)	確立
2	〃	—	〃	〃	〃	粒度分布, 含水率, ゲル強度, 嵩密度	〃
3	〃	—	—	〃	〃		〃
B	—	—	Zn 0.7以外 不 検 出	検討中	社内規格	吸水倍率 (生理食塩水) 性状 pH, 嵩 密度, 乾燥減量	確立
C	—	—	検出限界以下	検討中	社内規格	吸水速度, 吸水倍率, 安全性	確立
D-1	6.7~7.5	水産用水基 準不合格	飲料水基準 合格	有	公的規格 社内規格	吸水速度, 吸水倍率, pH, 残存モノ マー, 粒度分布, 蛍光嵩密度, 重金属, 乾燥減量,	
2	〃	〃	〃	〃	〃	吸水ゲル強度, pH, 残存モノマー, 粒度分布, 嵩密度, 压力下吸水量	〃
3	〃	〃	〃	〃	〃		〃
E-1	6.5~8.5	殆んど影響 ない	飲料水基準 不合格	有	公的規格 社内規格	吸水倍率	確立
2	〃	〃	〃	〃	〃	吸水倍率	〃
F-1	殆んど変化 しない	殆んど影響 ない	飲料水基準 合格	無	社内規格	吸水速度, 吸水倍率	確立
2	〃	〃	〃	〃	〃	〃 〃	〃
G	水産環境水 質基準合格	—	飲料水基準 合格	有	社内規格	CMC 規格適用	確立
H-1	殆んど変化 しない	—	飲料水基準 合格	無	社内規格	吸水速度, 吸水倍率, 嵩密度, 保水率 (0.9%NaCl)	確立
2	6.7~7.5	飲料水基準 合格 (0.03%)	〃	—	〃	吸水倍率, 嵩密度	〃
I-1	6.7~7.5	—	検出限界以下	医薬部外品 原料規格	公的規格 社内規格	吸水速度, 吸水倍率, 粒度, pH, 乾 燥減量, 安全性 (重金属等)	確立
2	〃	—	〃	〃	〃	上記項目および嵩密度	確立
3	6.5~8.5	—	〃	不要 (1, 2類似品)	社内規格	吸水速度, 粒度, 嵩密度, pH	確立
4	〃	—	〃	無	〃	吸水倍率, pH, 粒度, 揮発分	〃
5	〃	—	〃	不要 (1, 2類似品)	〃	吸水倍率, 粒度, pH, 嵩密度	〃
J	6.5~8.5	—	飲料水基準 不合格	無	社内規格	吸水倍率 (10%NaCl)	確立
K	殆んど変化 しない	—	含まれてい ない	有	公的規格 社内規格	吸水倍率 (純水:ふるい法)	確立

(4) 形状と性状

乾燥状態では、顆粒状、粉状、粉末状の順で、顆粒状が最も多い。吸水状態では、小ブロック状と、のり状が共に7銘柄で最も多く、次いでビーズ状、ゼリー状の順になっている。河床に吸水状態で堆積している吸水剤を除去するには、ビーズ状のものが比較的容易と思われる。ただし、この項目に関しては明確な定義はなく主観的な判断に基づいている点に注意する必要がある。

(5) 吸水倍率と吸水速度

飽水時間が2分未満でかつ吸水速度が純水に対して500倍以上のものもあったが全体としては飽水時間は2～5分が多い。一方、吸水開始2分後の吸水倍率は200～500倍というものが多い。本工法に利用する際の吸水剤に要求される性能としては第一に初期段階における吸水速度が速く、倍率が大きい事が望まれる。現在の吸水剤は主に紙おむつに利用されているが、紙おむつの場合全面を有効に利用できる吸水剤が望ましく初期吸収が速すぎると紙おむつの一部しか利用されないの最近では吸水倍率を抑えて水の拡散を重視した吸水剤が使用される傾向がある³⁾。一方、土石流対策として利用する場合、土石流の流速を5 m/s とすると2分間に600 m も流下してしまうことになる。この点を考えると、本工法の実用化に向けて、吸水速度、倍率が現在以上の性能を有する吸水剤の開発が必要と思われる。

(6) 吸水剤の安定性

安定性はある条件で一定期間放置した後に、吸水倍率を測定し、処置前の吸水倍率に対する比で表す。試験条件が各メーカーにより異なるので、一律に比較することはできないが、一般的に高湿状態でも吸水剤が乾燥している場合は、全てが処置前の90%以上の吸水倍率を有しているのに対し、吸水している場合には、50%未満に低下するものもあり、製品により程度に差がある。一方低温条件では高温条件に比べ吸水能力がさほど低下せず、大部分が90%以上を保持している。

これらの現状に対し安定性の対策を講じる必要があると回答したのが、6メーカー、13銘柄で約半数にのぼる。しかし対策を既に確立していると回答したのは、わずか1メーカーにすぎず、残りは検討中あるいは未着手であった。また、具体的な対策として「添加剤」を挙げたのが3メーカーあった。

(7) 耐腐敗性

耐腐敗性についても(6)同様、試験条件が各メーカーにより異なるので比較するのは困難だが、程度は不明ながら腐敗すると回答したものが、5銘柄(22%)あった。土石流投入後多量の水を吸った吸水剤は人為的に搬出しない限り、長時間河床に堆積し、放置したままになるので腐敗する吸水剤をそのまま使用するのは無理である。

(8) 安全性

安全性に関する試験方法にはいろいろあるが、ここではLD₅₀(マウス、経口)について質問した。LD₅₀は試験動物群に一回投与してその半数(50%)を死亡させるのに必要な量で体重1 kg 当りの必要mg数で表される。回答によると最低でも1500mg/kg以上で、最高では5000mg/kg以上のものが13銘柄あった。食塩のLD₅₀は3000mg/kgであり、安全性は一般に高いといえる。

(9) 河川環境への影響

河川に投与した場合の水質に与える影響について、pH、BOD、重金属の3種類について質問した。

pH に与える影響は、20銘柄中殆ど不変というものが4銘柄、6.7~7.5が9銘柄、6.5~8.5が6銘柄と影響は少ない。BODに関する回答は少なく、試験を実施しているメーカーが少い。

試験を実施しているもののうちほとんど影響が無いと回答したのが4銘柄（2メーカー）。水産用水基準に不合格なものが3銘柄（1メーカー）あり、その主成分は2銘柄が澱粉、ポリアクリル酸ソーダグラフト系、1銘柄がポリアクリル酸系であった。

一方、重金属については、21銘柄中5銘柄が飲料水基準に不合格になっていた。BOD、重金属に関し基準に不合格になっているものがあり、水質汚濁への影響については更に幅広く検討する必要がある。

(10) 製品の安全基準と規格

安全基準については21銘柄中、約半数の12銘柄が有しており、検討中が2、不要2、無し5となっている。一方、製品の規格は、全てが有しており、このうち社内規格が14銘柄、公的規格も社内規格も有しているのが8銘柄である。規格が設定されている項目としては、吸水倍率、吸水速度を挙げたものが最も多く、次いで嵩密度、粒度、pH等の物理的特性がほとんどで、安全性や、河川環境については、非常に少いことが分かった。

1.2 他の土木分野への吸水剤の応用

吸水剤の基本的性質や他の分野への応用に関する資料をJICST検索で収集した。キーワードは、「高吸水性樹脂」「高分子吸水剤」等である。検索の対象期間は昭和58年末~昭和63年末の5年間に発表されたもので、土木分野あるいは本研究に関係すると判断された17編について、そのリストを表-2に示す。このうち、砂防以外の土木分野に関しては次のものが挙げられる。

(1) 軟弱性泥土への利用⁴⁾

含水比が高い泥土は軟弱であり、例えば残土の運搬中に振動等の影響を受けて流動化する可能性があり、吸水剤を軟弱性泥土に混合して、流動化を抑え、運搬しやすくする処置がしばしば行なわれている。ここでは、CMC（カルボキシルメチルセルロース）とMC（メチルセルロース）を用い、実験により軟弱性泥土に対する改良効果を比較検討したもので、その結果、著しく重合度の低いCMCでは、改良効果はあまりなく、重合度が高くなるほど効果が認められた。

(2) コンクリート水平打継部への利用⁵⁾

コンクリート打設において、セメント、砂、砂利の沈降に伴って、余剰水の一部がブリージング水として上部に浮上がり、コンクリート上層部の水セメント比が大きくなり、その部分は強度的に弱く、不活性レイタンス層を形成する。それにより後打ちコンクリートとの付着性が著しく損なわれる問題が生じる。このため、先打ちコンクリートの仕上がり直後の表面に吸水剤を使用したマットを敷いてコンクリート中の余剰水を吸引、脱水することで、前述の問題を解決しようとするものである。実験の結果、先打ちコンクリートの表面部組織が密実になり、後打ちコンクリートとの接着強度も向上するという効果が得られた。また吸水マットは養生マットとしての機能もあり、コンクリートの初期養生にも効果的であることが認められた。

表-2 高分子吸水剤に関する文献

番号	著者名	論文名	雑誌名
1	渡辺 直敬	高吸水性ポリマーエマルジョン (ACCOGEL) について	紙パルプ技術タイムス 昭和63年7月
2	三浦 重義ほか	二三の繊維素誘導体による軟弱泥土の改良効果	土木学会関西支部年次学術講演会講演概要 Vol. 1988
3	川西 順次	吸水性樹脂を加えて改良した軟弱泥土の強度試験	〃
4	増田 薫ほか	高吸水性樹脂を用いた粘土等の脱水試験	日本鉱業会研究業績発表講演会講演要旨集 Vol. 1988
5	木村 忠	合成樹脂系高分子保水剤によるコモン, バミューダグラスの発芽, 成長に対する効果について	芝草研究 Vol. 16, No. 2, 1987
6	増田 薫ほか	高吸水性樹脂の粉状体脱水への適用	合成樹脂 Vol. 33, No. 12, 1987
7	小林 隆俊	高吸水性ポリマーの構造と物性	高分子 Vol. 36, No. 8, 1987
8	池田 弘ほか	超吸水性繊維を利用したコンクリート水平打継部の改善	熊谷技報 No. 42, 1987
9	小林 隆俊	高吸収性ポリマーと衛生機材への応用	コンバーテック, 1987
10	迫原 修治ほか	ポリアクリル酸塩系高吸水性樹脂の膨潤・収縮過程におけるイオン交換の影響	化学工学協会年会研究発表講演要旨集 Vol.52, 1987
11	黄 霞ほか	感温吸水性ヒドロゲル (ポリビニルメチルエーテルゲル) の汚泥脱水操作への応用の可能性について	化学工学論文集 Vol. 13, No. 4, 1987
12	本橋 忠一	高吸水性高分子ゲルの特性と応用開発	化学工業 Vol. 38, No. 7, 1987
13		高吸水性樹脂	化学技術誌 MOL Vol. 25, NO. 5
14	村田 道春ほか	高吸水性樹脂による選択吸水性に関する研究	愛媛県工業技術センター研究報告 NO.24
15	増田 薫ほか	高吸水樹脂の脱水操作への適用	合成樹脂工業技術発表講演会講演要録
16	増田 薫	粉粒状の脱水にも有効な高吸水性樹脂	化学装置 Vol. 29, No. 2
17		土木への繊維利用	化学技術雑誌 MOL, Vol. 25, No. 1

(3) 汚泥脱水操作への利用⁶⁾

汚泥の濃縮、脱水に関する研究は、これまで多数行なわれているが、対象とする汚泥の性状が多様化し、難脱水性汚泥が多くなったため、新たな脱水方法が要求されている。低温で膨潤吸水し、高温で収縮離水するポリビニルメチルエーテルゲル（PVMEG）を媒体とする新しい脱水操作について実験を行い検討している。その結果、イオン性ゲルに比べ、非イオン性の感温吸水性高分子ゲル（PVMEG）による各種汚泥の脱水が可能で、ゲルを繰り返して使用できることが分った。今後の課題としては、汚泥とゲルとの混合方法や吸水したゲルの分離方法および装置についての検討等である。

この他に吸水剤の膨潤、不透過機能を利用したシールド工法等で用いられる防水工事のシーリング材あるいは、保水機能を利用した土壌の保水、緑化等での利用が検討されている。

1.3 性能試験

アンケート調査結果を基に、10種類の吸水剤を選定し、吸水剤の性能に関する試験を行った。試験内容は以下の3点に分けられる。

- ①吸水剤の物理特性に関する試験
- ②河川等の環境に与える影響に関する試験
- ③品質の安定性に関する試験

使用した吸水剤の主成分を表－3に示す。

(1) 試験方法

試験方法の概要を表－4に示す。

表－3 使用吸水剤の主成分

試料 No.	主 成 分
1	ポリ ア ク リ ル 酸 系
2	〃
3	イ ソ プ チ レ ン ・ マ レ イ ン 酸 共 重 合 体
4	澱 粉 ・ ポ リ ア ク リ ル 酸 ソ ー ダ グ ラ フ ト 系
5	ポリ ア ク リ ル 酸 系
6	〃
7	カ ル ボ キ シ ル メ チ ル セ ル ロ ー ス
8	ポ リ ビ ニ ー ル 系
9	ポリ ア ク リ ル 酸 系
10	澱 粉

表-4 試験方法の概要

試験名	目的	方法
(1)吸水速度	吸水剤の物理的性質の把握	3000mlの蒸留水の入った容器にふるい目が0.25mmのふるいを浸す。そこに1gの試料を投入し1, 2, 4, 10, 20, 30分後に水をきり、重量を測定した。これを3回繰り返す。更に塩濃度2.3 me/lの水溶液についても同様に行う。
(2)吸水倍率	〃	1000mlの蒸留水の入ったビーカーに1gの吸水剤を投入し、60分後にふるいに移し水をきり計測した。これを3回繰り返す。更に塩濃度2.3 me/lの水溶液についても同様に行う。
(3)粘性係数	〃	蒸留水200mlに吸水剤1.0gを投入し2, 5, 10分後にBL型粘度計で測定した。この他に、これに豊浦標準砂9gを加えたものについても測定した。
(4)体積膨張率	吸水膨張による河積減少の影響	メスシリンダーに1000mlの水と1gの吸水剤を入れ攪拌し30分後に体積を読み取り膨張率を計算した。
(5)透水係数	河床に堆積した場合の地下水等への影響	簡易透水試験機を用いた。試料は十分吸水した吸水剤を使用した。
(6)河川環境への影響	河川に長期間堆積放置した場合の環境への影響	水1000 cc, 吸水剤1g, 土9gの試料をバットに入れ解放状態と密封状態のものに分け、30℃, 湿度70%の恒温槽に10日間入れpH, 臭気, 色等を観察した。
(7)凍結融解の影響	凍結融解の吸水剤の品質に与える影響	吸水剤の凍結融解を5回繰り返し、その後吸水速度, 吸水倍率の試験を(1), (2)の方法で行う。凍結融解は恒温槽を使用し-10℃で8日間, +30℃で16時間を1サイクルとする。
(8)温度の影響	高温状態が吸水剤の品質に与える影響	吸水剤を60℃の恒温槽に1週間放置しその後吸水速度, 吸水倍率の試験を(1), (2)の方法で行う。

① 吸水速度

吸水速度の試験方法は「保水剤物性試験報告 ; 財団法人造園修景協会, 昭和61年6月」⁷⁾に準じて行った。

まず、3,000mlの蒸留水が入っている容器に、ふるい網目が0.25mmの標準ふるいを計量した後に浸す。吸水剤試料を1.00g計量して、蒸留水に浸っているふるいに良く拡散するように投入する。投入した時点より時間を計り、1, 2, 4, 10, 20, 30分の計6回の計量を行い、吸水速度を求めた。(計量時点の約5秒前にふるいを蒸留水から引き揚げふるって水を切り計量する。)これを3回行い平均値を求めた。

また、一般に電解質溶液中における吸水能力は純水に比べ著しく低下する事が知られている²⁾ので、同じ方法で塩濃度2.3me/lでの試験を行い、蒸留水の値と比較する。水溶液の塩濃度 (me/l) の組成を表-5に示す。

表-5 水溶液の塩濃度 (me/l)

	Total	NaCl	Ca(NO ₃) ₄ H ₂ O	KCl	KNO ₃	NH ₄ NO ₃	MgSO ₄ ·7H ₂ O
Na	1	1					
Mg	8						8
Ca	8		8				
K	5			2	3		
NH ₄	1					1	
NO ₃	12		8		3	1	
SO ₄	8						8
Cl	3	1		2			
Total	23	1	8	2	3	1	8

② 吸水倍率

1,000ml の蒸留水が入っているビーカーに1.00g の吸水剤を攪拌しながら投入し、60分後にふるいに移して、水をよく切り計量し、これを3回繰り返し平均値を求め吸水倍率とした。①同様、蒸留水の他に、2.3me/l水溶液に対しても同じ試験を行った。

③ 粘性係数

測定には BL 型粘度計を使用した (写真-1)

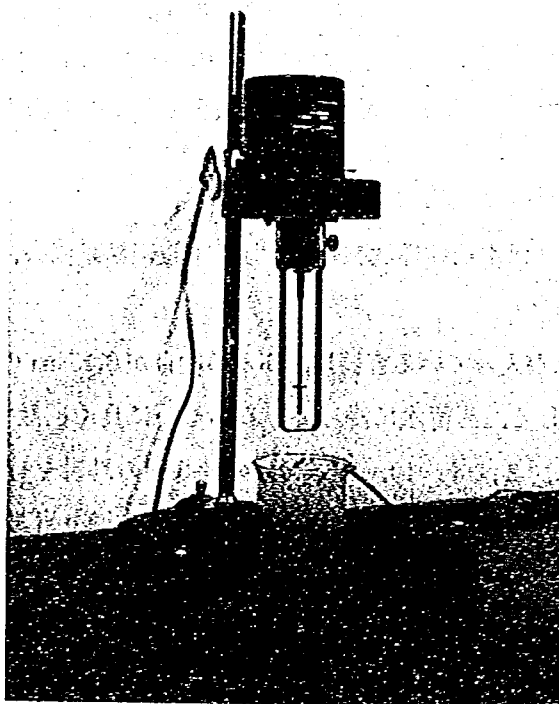


写真-1 BL 型粘度計

試験は「蒸留水+吸水剤」と「蒸留水+吸水剤+砂(豊浦標準砂)」の2種類である。「蒸留水+吸水剤」の配合は、蒸留水200mlに、吸水剤1.00gで、「蒸留水+吸水剤+砂」の割合は蒸留水200mlに吸水剤1.00g、砂9gで、試料を投入し、よく攪拌して投入時点から2分、5分、10分後に各々測定を行う。粘度計の測定条件は、ローターはNo.4、回転数は6RPMとした。吸水剤と標準砂の混合割合は、吸水剤10%の重量混合率となる。

しかし、吸水倍率が少ないNo.7、No.8の2試料は、この条件では粘性が小さすぎるために測定出来ないで、混合割合を蒸留水200ml、吸水剤4.00g、砂36gにして試験を行った。また、吸水倍率が大きく粘度計がスケールオーバーするNo.6の試料は蒸留水200ml、吸水剤0.50g、砂4.5gの混合割合で試験を行った。

④ 体積膨張率

1,000mlのメスシリンダーに1,000ml水を計量し、吸水剤1.00gを投入攪拌して温度が一定になるように所定温度の水槽に入れて静置し30分後に体積を読み取り膨張率を計算した。このときの水槽の温度は19℃とした。

⑤ 透水係数

砂防研究室所有の簡易透水試験機で透水試験を行った。試料は砂(豊浦標準砂)と吸水剤を、吸水剤10%の重量混合率として作製し、十分吸水させた後よく水をきり、透水試験機のカラムに詰めて測定した。

⑥ 河川環境への影響

「水+吸水剤+砂」の試料をバットにいれたもの(開放状態)「水+吸水剤+砂」の試料をびんに入れて密栓したもの(密封状態)の2種類の試料を、30℃ 湿度70%の恒温槽に10日間放置した後、PH、色、状態、臭気等の観察を行い、写真を撮った。この場合、開放状態とは、河床堆積物の表面を、密封状態とは河床堆積物の内部を想定した実験条件である。試料の混合割合は水1,000g、吸水剤1.00g、標準砂9gとしたが、No.7とNo.8の試料は吸水倍率が少ないので吸水剤、標準砂とも4倍の混合割合とした。

⑦ 凍結融解の影響

吸水剤のみの凍結融解を5サイクル行い、その試料で吸水倍率、吸水速度の試験を①の方法で行った。凍結融解は恒温乾燥機を使用し-10℃で8時間、+30℃で16時間を1サイクルとして5回繰り返した。

⑧ 温度(高温)の影響

吸水剤のみ60℃の恒温室に1週間放置した後、吸水倍率、吸水速度の試験を①の方法で行った。
(写真-2)

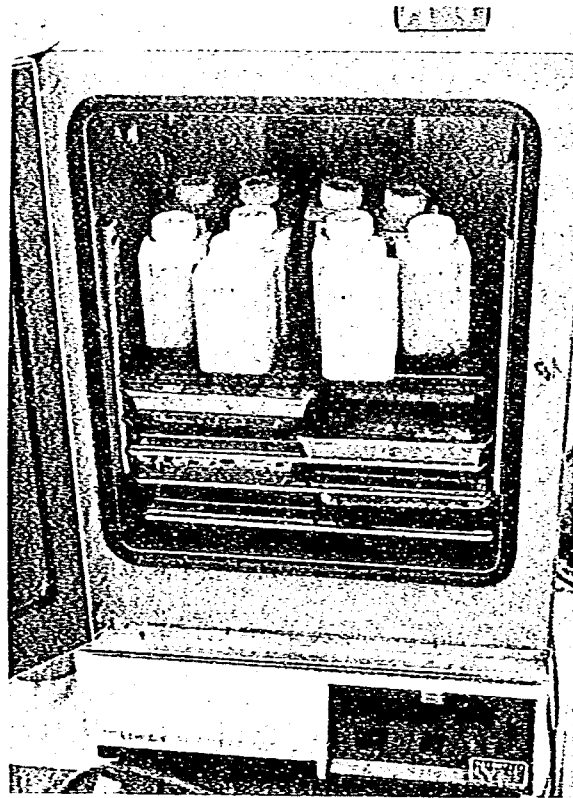


写真-2 「河川環境への影響」の実験 (恒温槽内の状態)

1.4 試験結果の考察および試験方法の提案

(1) 試験結果の考察

各試験の結果を図-1～7, 表-6～20に示す。

(1.1) 吸水速度, 倍率

蒸留水においては, 殆どが4～10分の間に飽水状態に達し, 2種類を除き最終的な吸水倍率は500倍以下であった(図-1)。500倍以上になるものについてもその値が得られるのに約600秒必要であり, 最初の1～2分間の吸水倍率はその他のものと大差ない。その中で, No.6の吸水剤は最初の1分で450倍に達しており, 他の吸水剤よりもかなりはやい時間に飽水時間に達しており, 今回試験を行った試料の中では土石流流動阻止工に適したものといえる。

一方, 塩溶液における吸水倍率は蒸留水の時と比べてかなり落ちている(図-2, 3)。砂防事業を実施している地域での流水の塩濃度は正確には分らないが吸水能力に大きな影響を及ぼすことから現地の塩濃度の把握と, 吸水能力を維持するための吸水剤の改良が必要となる。

(1.2) 粘性係数

No.6, 7, 8の吸水剤の割合が他のものと異なるため全てを一律に比較することはできないが, 吸水倍率に比べ, 時間的変化の傾向は様々である(図-4)。図-8に, 試験開始10分後の吸水倍率と粘性係数の関係を示す。吸水量が増えるに従い粘性係数が高くなるがたとえ吸水量が同一でもかなりの差

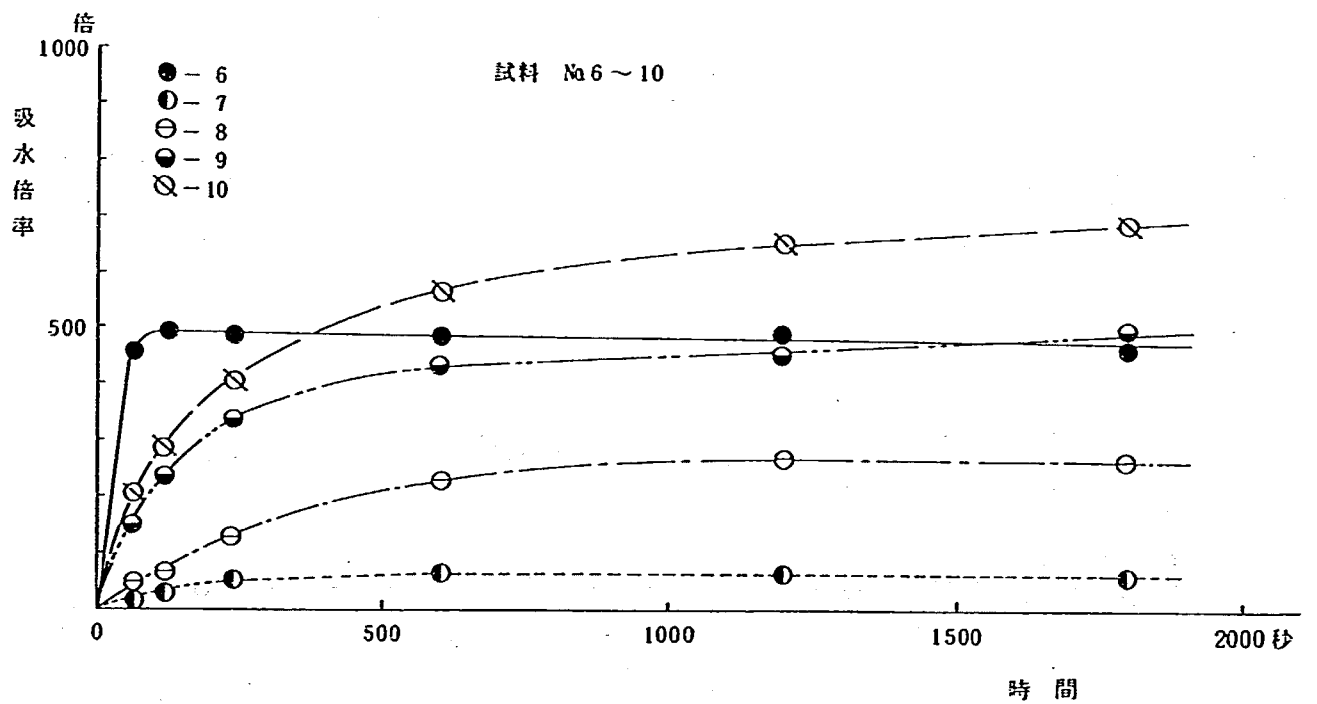
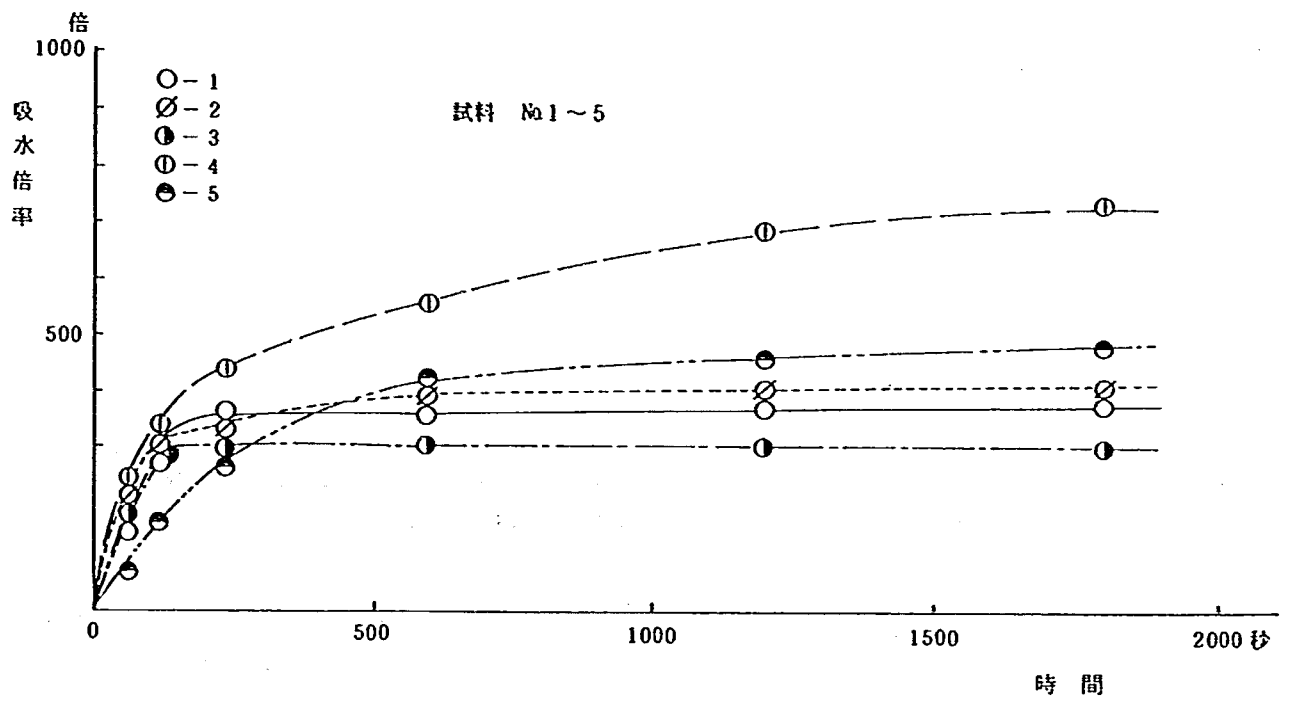


図-1 吸水倍率 (蒸留水) の時間的变化

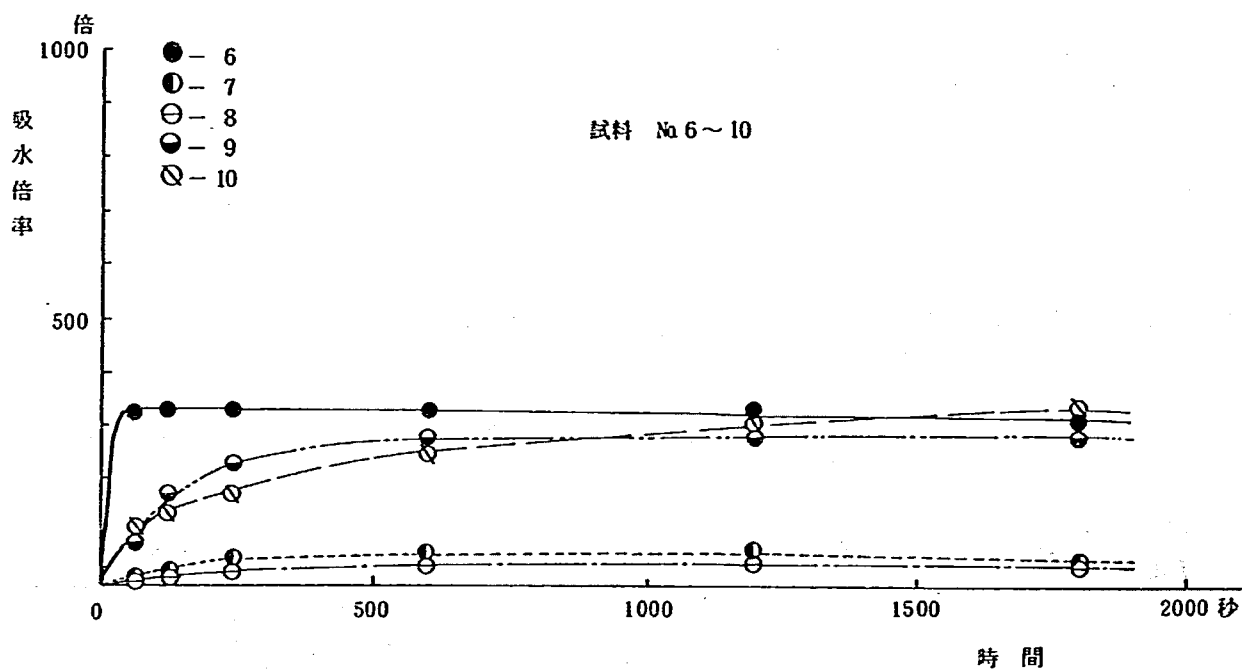
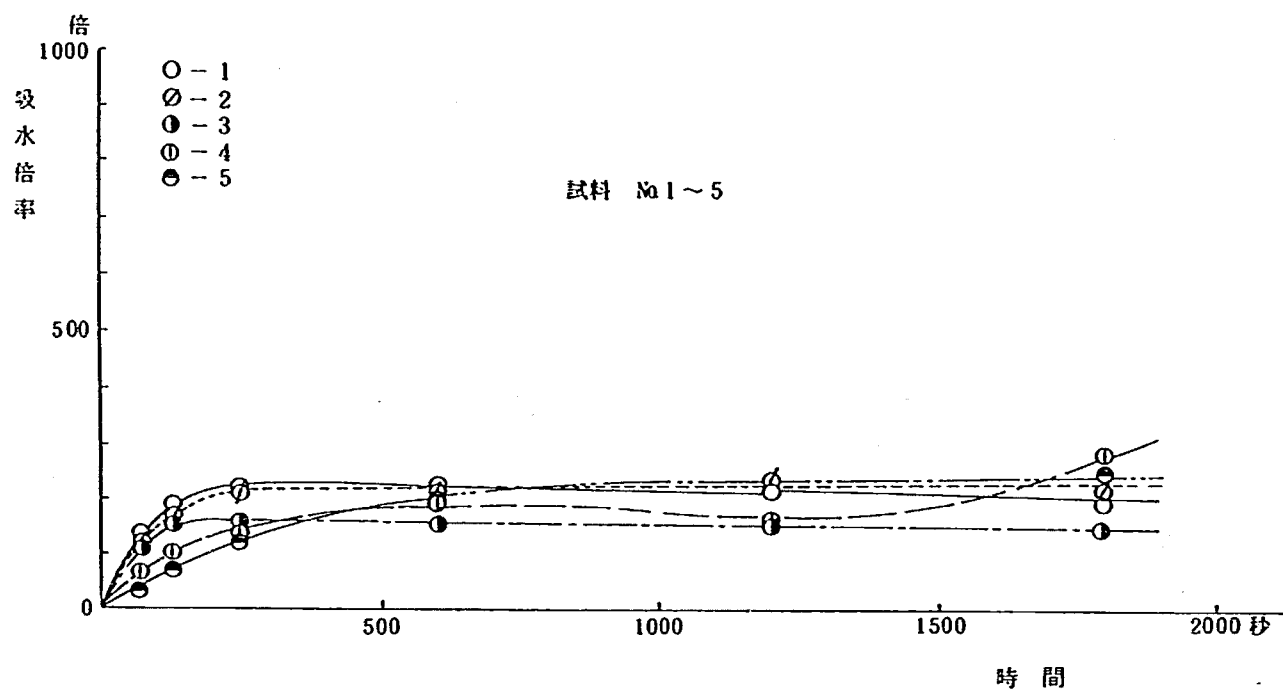


図-2 吸水倍率 (塩水) の時間的变化

表-6 吸水速度 (蒸留水)

試料No.	1 分	2 分	4 分	10分	20分	30分
No. 1	129.8	182.2	230.0	226.3	195.8	174.5
	177.0	287.2	342.5	328.6	324.6	388.7
	145.2	257.7	320.5	328.2	366.0	376.6
	平均	160.3	293.0	351.5	351.7	366.4
No. 2	205.4	307.6	362.4	411.4	423.0	421.0
	203.5	280.6	334.2	380.8	391.0	387.1
	201.4	278.8	346.2	386.7	406.5	408.2
	平均	203.4	289.0	347.6	393.0	406.8
No. 3	167.2	191.0	200.4	202.4	198.8	194.2
	172.2	195.6	198.4	202.2	191.2	198.4
	165.4	192.0	196.8	200.6	199.0	192.2
	平均	168.3	192.9	198.5	201.8	196.3
No. 4	206.8	364.0	531.1	575.1	660.5	718.0
	250.5	374.5	419.7	581.7	691.7	719.5
	194.7	293.7	377.3	511.6	712.3	740.2
	平均	217.3	344.1	441.7	556.1	688.2
No. 5	68.8	181.2	269.0	400.6	452.2	479.8
	95.6	241.8	349.2	432.6	486.2	493.2
	48.3	112.8	195.7	340.2	433.2	448.8
	平均	70.9	178.6	271.3	391.1	457.2

表-7 吸水速度 (蒸留水)

試料No.	1 分	2 分	4 分	10分	20分	30分
No. 6	485.2	506.2	499.4	479.2	473.4	465.2
	450.6	488.8	481.2	475.0	476.3	464.8
	439.0	491.8	484.6	463.1	464.8	466.6
	平均	458.3	495.6	488.4	472.5	471.5
No. 7	19.4	32.8	57.6	63.7	43.0	42.2
	18.8	28.0	42.2	60.6	58.6	57.4
	18.5	30.4	44.8	60.8	52.0	54.4
	平均	18.9	30.4	48.2	61.7	51.2
No. 8	26.4	52.8	121.8	219.8	268.0	270.2
	29.2	74.4	138.6	229.0	256.8	256.8
	25.2	57.4	109.8	211.8	244.2	249.0
	平均	26.9	61.5	123.4	220.2	256.3
No. 9	162.2	234.0	320.0	427.4	456.4	472.8
	120.7	202.2	316.1	404.8	432.6	460.7
	185.8	268.0	364.0	450.1	482.6	478.5
	平均	156.2	234.7	333.4	427.4	457.2
No. 10	173.9	205.8	314.3	459.3	620.0	685.9
	219.7	292.1	333.4	427.4	457.2	677.9
	227.0	321.7	504.3	590.7	663.4	665.4
	平均	206.9	273.2	406.5	553.2	636.6

表-8 吸水速度 (塩水)

試料No.	1 分	2 分	4 分	10分	20分	30分
No. 1	129.8	182.2	230.0	226.3	195.8	174.5
	140.6	206.4	243.8	245.3	237.0	221.4
	148.3	187.5	212.3	222.7	211.5	200.2
平均	139.6	192.0	228.7	231.6	214.8	198.7
No. 2	152.8	183.1	276.2	226.1	224.5	189.9
	118.3	174.6	219.1	228.6	243.3	232.3
	128.4	171.4	192.2	198.8	198.8	187.4
平均	133.2	176.4	229.2	217.8	222.2	203.2
No. 3	100.7	147.8	156.4	145.4	140.6	126.9
	183.2	161.7	163.6	160.2	160.8	149.4
	125.3	160.9	162.9	157.6	152.8	160.9
平均	121.4	156.8	160.9	154.4	151.4	145.7
No. 4	73.3	102.1	126.4	161.2	219.9	252.4
	64.7	99.3	142.1	196.8	262.7	289.5
	61.3	99.2	159.3	208.6	280.4	298.5
平均	66.4	100.2	142.6	188.9	154.3	280.1
No. 5	37.4	78.5	135.7	192.4	231.3	241.2
	32.8	72.4	137.2	213.4	246.4	250.2
	30.2	72.8	136.0	208.6	238.2	254.6
平均	33.5	74.2	136.3	204.8	238.6	248.7

表-9 吸水速度 (塩水)

試料No.	1 分	2 分	4 分	10分	20分	30分
No. 6	327.2	340.0	317.0	314.1	313.7	297.8
	325.5	331.0	331.5	324.3	317.5	311.8
	318.2	329.6	326.4	336.3	320.6	306.3
	平均	323.6	333.5	325.0	324.9	317.3
No. 7	16.9	25.0	49.0	57.1	55.0	42.1
	15.0	28.6	44.4	59.7	55.2	45.2
	12.8	23.0	42.0	56.3	54.8	41.0
	平均	14.9	25.5	45.1	57.7	55.0
No. 8	5.1	11.4	18.2	36.9	44.8	49.2
	8.9	16.3	25.1	40.4	46.8	51.0
	7.2	17.3	23.1	37.6	43.4	46.4
	平均	7.1	15.0	22.1	38.3	45.0
No. 9	77.4	172.2	212.6	260.4	261.8	257.8
	71.3	158.4	223.6	267.3	270.2	278.2
	79.4	162.4	237.9	293.5	306.8	311.8
	平均	76.0	164.3	224.7	273.7	279.6
No. 10	110.3	140.8	168.6	244.6	307.6	341.5
	95.8	126.4	158.0	252.4	310.8	326.2
	100.8	136.4	162.4	248.6	312.6	332.4
	平均	102.3	134.5	163.0	248.5	310.3

表-10 吸水倍率 (蒸留水)

試料No.	1 回	2 回	3 回	平 均
No. 1	386.2	378.4	385.2	383.3
No. 2	384.8	382.0	384.2	383.7
No. 3	184.6	182.4	186.2	185.1
No. 4	855.8	874.2	870.0	866.7
No. 5	330.0	324.2	334.8	329.7
No. 6	421.0	414.2	426.4	420.5
No. 7	46.8	30.2	32.4	36.5
No. 8	79.0	78.2	79.2	78.8
No. 9	396.2	424.2	418.6	413.0
No. 10	548.6	552.6	553.4	551.5

表-11 吸水倍率 (塩水)

試料No.	1 回	2 回	3 回	平 均
No. 1	186.0	184.3	285.4	285.2
No. 2	190.0	198.2	199.5	195.9
No. 3	254.0	252.9	256.4	254.4
No. 4	333.4	342.0	344.0	339.8
No. 5	209.6	206.7	206.8	207.7
No. 6	318.3	120.5	313.8	317.5
No. 7	25.5	24.2	26.1	25.3
No. 8	52.5	50.6	51.4	51.5
No. 9	286.7	279.5	276.2	280.8
No. 10	330.2	321.5	326.5	326.1

が認められる。これは実験の誤差ではなく、製品により粘性係数（ゲルの状態）が各々異なることを表わす。

一方、砂を入れた場合、粘性係数が上がるものもあれば下がるものもあったが、全体的には変化はみられない（図-4, 5）。実際の土石流の土砂濃度が平均の50%前後であることを考慮すると、実験条件の土砂濃度はかなり小さく、そのため粘性係数への影響があまり認められなかった可能性がある。しかし、土砂濃度を多くすると砂が容器の底に沈んでしまうので実験方法を改良する必要がある。

(1.3) 体積膨張率

本実験の結果は全て0.05%以下であり、この条件範囲内では体積の膨張による河積減少の危険性はない事が分かった（表-14）。

(1.4) 透水係数

吸水剤が水を吸った場合に、堆積した土砂が水の透過の障害となる恐れがあるのでこの試験を行った。結果は透水係数が $10^{-4} \sim 10^{-6}$ cm/sec 程度と細砂～シルト質細砂に近い値を示すものが殆どで粘土の透水係数に近い 10^{-7} を示したのは No. 7 の一試料のみである（表-15）。しかし試験に用いた試料の土砂の比率は実際に比較してかなり小さいことから、地下水への影響はないと思われる。

(1.5) 河川環境への影響

密封状態の試料は一部に pH がやや変化したものもあるが、色、状態、臭気の点では全く変化は認められず、30℃、10日間程度では殆ど変質しないことが分かった（表-16）。

しかし、開放状態で放置したものについては試料が乾燥してしまった。このため、例えば、湿度を高くするか、試料の量を多くするなど実際に近い条件で行う等の試験方法の検討が必要である。

(1.6) 凍結融解の影響

本試験は品質の安定性の評価を目的に行ったものであるが、半数が影響を受けることなく吸水能力を維持しており吸水能力の低下はみられなかった（表-17, 21, 図-6）。

(1.7) 温度の影響

本試験も、吸水剤の品質の安定性について行ったものだが、(1.6)同様に、半数が影響を受けていない。しかし、実際には数ヶ月間以上装置の中に入れたままの場合もあるので長時間の試験あるいは湿度の高い状態の試験の実施も必要である。（表-18, 19, 20, 22, 図-7）

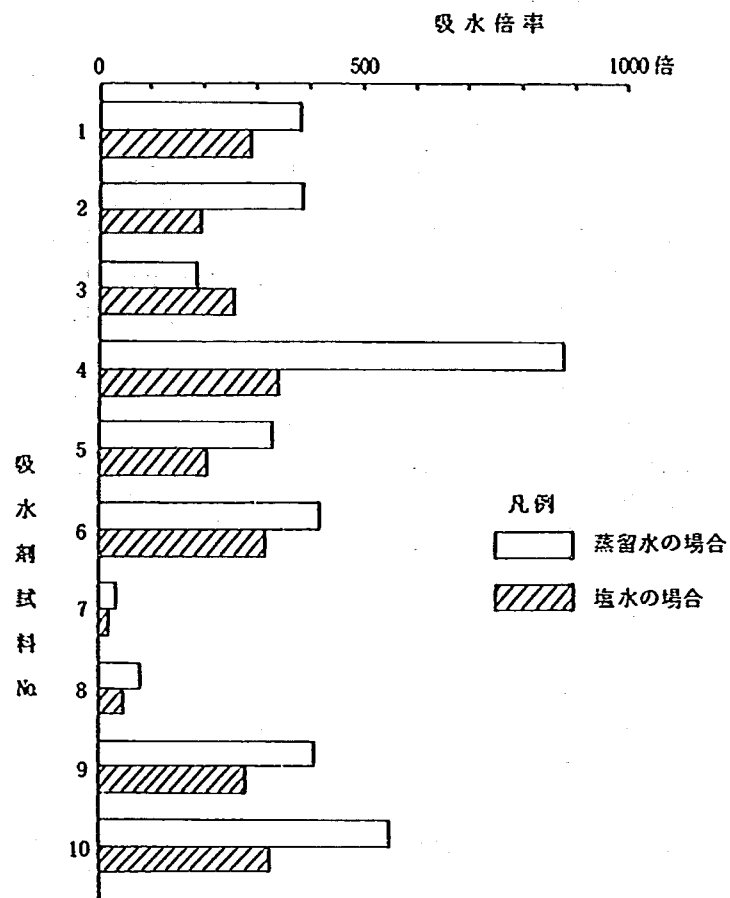


図-3 蒸留水と塩水の吸水倍率の比較

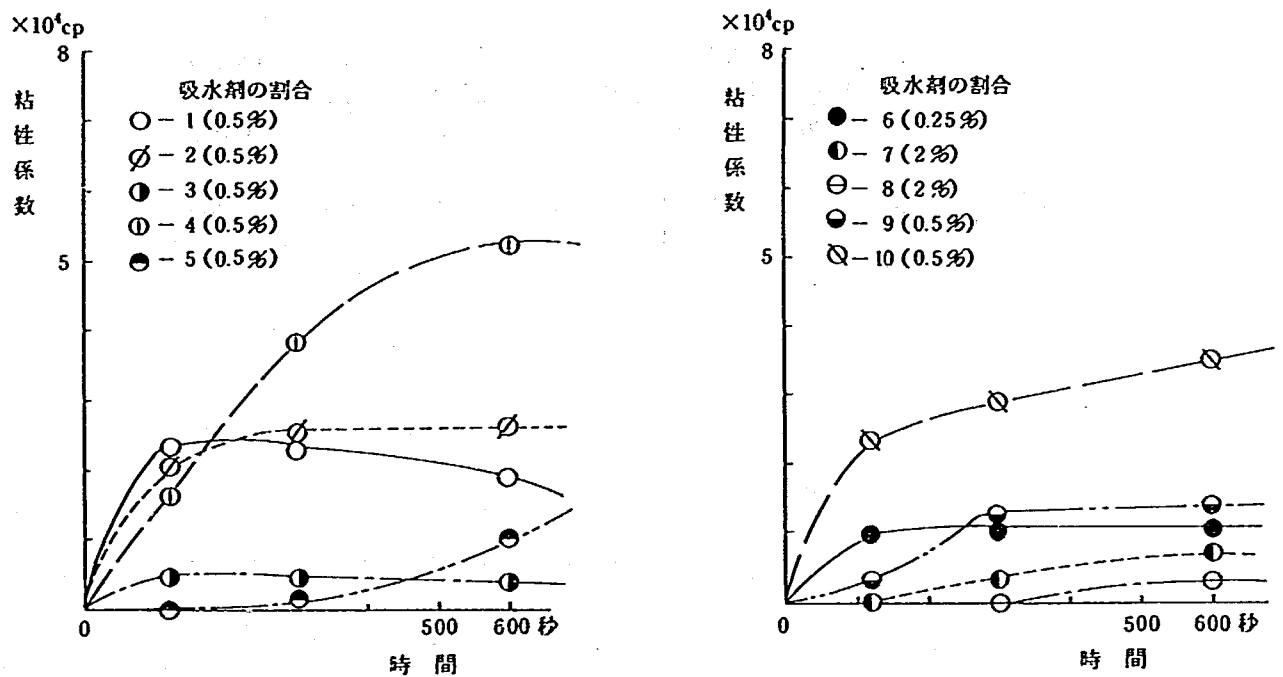


図-4 粘性係数 (蒸留水) の時間的变化

表-12 粘性係数 (蒸留水+吸水剂)

(単位C. P)

試料No.	2 分	5 分	10分	試料No.	2 分	5 分	10分
No. 1	25,800	28,320	23,520	No. 6	10,800	11,040	11,040
	21,120	18,960	13,800		11,400	11,280	11,280
	24,000	23,280	18,480		9,360	11,040	8,640
平均	23,640	23,520	18,600	平均	10,520	11,120	10,320
No. 2	19,680	23,520	24,240	No. 7	0	3,100	7,000
	20,640	24,480	24,240		0	5,240	7,660
	21,840	28,320	27,840		0	2,700	7,240
平均	20,720	25,440	25,440	平均	0	3,680	7,300
No. 3	5,040	4,800	3,600	No. 8	0	960	3,860
	3,840	4,800	3,600		0	600	2,300
	4,800	4,800	3,840		0	680	3,200
平均	4,560	4,800	3,680	平均	0	747	3,120
No. 4	8,640	27,840	42,240	No. 9	3,600	15,920	15,800
	11,280	42,240	59,400		3,240	10,120	12,000
	28,560	44,160	56,880		3,800	11,720	14,560
平均	16,160	38,080	52,840	平均	3,547	12,587	14,120
No. 5	0	1,200	8,400	No. 10	17,400	25,680	30,240
	0	1,200	11,400		27,000	28,200	33,600
	0	1,200	11,400		28,800	34,800	41,040
平均	0	1,200	10,280	平均	24,400	29,560	34,960

表-13 粘性係数 (蒸留水+吸水剂+砂)

(単位 C. P)

試料No.	2 分	5 分	10分	試料No.	2 分	5 分	10分
No. 1	12,720	9,600	7,440	No. 6	7,920	8,640	8,160
	12,480	10,200	8,640		9,360	8,640	7,920
	11,280	9,120	6,720		7,440	8,160	6,720
平均	12,160	9,640	7,600	平均	8,240	8,480	7,600
No. 2	14,640	14,400	12,600	No. 7	1,440	6,840	10,800
	18,720	17,760	13,680		2,640	8,640	12,000
	18,240	16,560	13,440		1,680	6,480	13,440
平均	17,200	16,240	13,240	平均	1,920	7,320	12,080
No. 3	1,680	1,440	1,440	No. 8	0	5,760	15,120
	1,680	1,200	1,200		0	5,520	14,160
	1,680	1,440	1,200		0	6,000	14,400
平均	1,680	1,360	1,280	平均	0	5,760	14,560
No. 4	42,240	59,280	69,120	No. 9	25,440	47,760	43,200
	20,400	43,400	66,720		23,040	42,600	39,840
	28,560	44,160	56,880		22,560	39,600	36,000
平均	30,400	48,947	64,240	平均	23,680	43,320	39,680
No. 5	1,200	5,760	4,560	No. 10	22,080	29,760	30,960
	1,200	5,280	4,560		24,240	33,360	34,800
	1,200	5,520	4,080		24,480	32,400	36,480
平均	1,200	5,520	4,400	平均	23,600	31,840	34,080

表-14 体積膨張率

試料No.	1 回	2 回	3 回	平 均
No. 1	0.05%以下	0.05%以下	0.05%以下	0.05%以下
No. 2	0.05%以下	0.05%以下	0.05%以下	0.05%以下
No. 3	0.05%以下	0.05%以下	0.05%以下	0.05%以下
No. 4	0.05%以下	0.05%以下	0.05%以下	0.05%以下
No. 5	0.05%以下	0.05%以下	0.05%以下	0.05%以下
No. 6	0.05%以下	0.05%以下	0.05%以下	0.05%以下
No. 7	0.05%以下	0.05%以下	0.05%以下	0.05%以下
No. 8	0.05%以下	0.05%以下	0.05%以下	0.05%以下
No. 9	0.05%以下	0.05%以下	0.05%以下	0.05%以下
No. 10	0.05%以下	0.05%以下	0.05%以下	0.05%以下

表-15 透水係数

試料No.	水頭差 5 cm	水頭差 10cm
No. 1	28'30" 1.17×10^{-5}	2°06'00" 4.63×10^{-6}
No. 2	17'00" 1.96×10^{-5}	3°13'30" 3.02×10^{-6}
No. 3	5'36" 5.95×10^{-5}	23'30" 2.48×10^{-5}
No. 4	14'30" 2.30×10^{-5}	38'00" 1.53×10^{-5}
No. 5	0'43" 4.65×10^{-4}	2'13" 2.63×10^{-4}
No. 6	1'04" 3.13×10^{-4}	3'17" 1.78×10^{-4}
No. 7	20°45' 2.67×10^{-7}	測定不能
No. 8	1'50" 1.82×10^{-4}	3'58" 1.47×10^{-4}
No. 9	10'30" 3.17×10^{-5}	58'15" 1.00×10^{-5}
No. 10	12'10" 2.74×10^{-5}	27'40" 2.11×10^{-5}

5 cmの時の定数は 0.020

10cmの時の定数は 0.035

表-16 河川環境への影響

試料No.	初めの状態	10日間放置後の密封状態の試料			
	pH	pH	色の変化	状態の変化	臭 気
No. 1	7.67	7.36	なし	なし	なし
No. 2	7.82	7.33	なし	なし	なし
No. 3	10.60	10.32	なし	なし	なし
No. 4	8.15	7.66	なし	なし	なし
No. 5	8.00	9.63	なし	なし	なし
No. 6	7.72	7.70	なし	なし	なし
No. 7	7.68	7.03	なし	なし	なし
No. 8	7.00	7.37	なし	なし	なし
No. 9	7.75	7.46	なし	なし	なし
No. 10	8.70	7.90	なし	なし	なし

(2) 試験方法の提案

今回実施した試験方法について、試験を行いながら感じた問題点、改良すべき点を以下にまとめる。

(2.1) 吸水倍率、吸水速度試験

計量時点の約5秒前にふるいを蒸留水から引き揚げ、ふるいながら水をきり計量したが、実際には水をきるのに、5秒以上の時間を要しており、計量時点が厳密にはずれることがあった。特に、投入当初の1～2分は吸水倍率がかなりの割合で増加している段階であり、手際よく行える方法を工夫する必要がある。

(2.2) 粘性係数試験

吸水剤によっては水中への分散が悪く吸水が均一に行なわれないものがあり、また吸水速度がはやい段階では信頼性のある測定値を得ることが困難な場合があった。従って、事前に吸水倍率を調節し、飽和状態で測定の方が面倒ではあるが、安定したデータが得られる。また回転粘度計のロータが円筒型のものは吸水剤の性状によっては吸水剤粒子表層の粘性に支配される恐れがあるので、ロータの形状についても検討が必要である。

(2.3) 河川環境への影響試験

前述した様に、開放条件の試料は乾燥してしまったことから湿度を高くするか、あるいは室内試験の試料を多くして実際に近い状態での測定方法等を検討する必要がある。

(2.4) その他

今回行った試験のうち、その他については方法を改めた方が良いと思われるものは特になかったが、試験の追加項目として、湿度の高い状態あるいは光に対する品質の安定性に関する試験や、重金属に関する試験等を行い検討する必要がある。

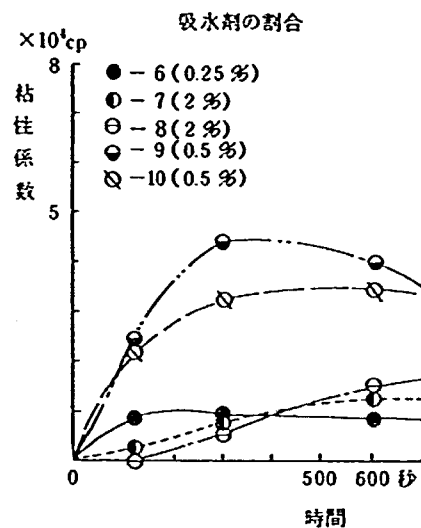
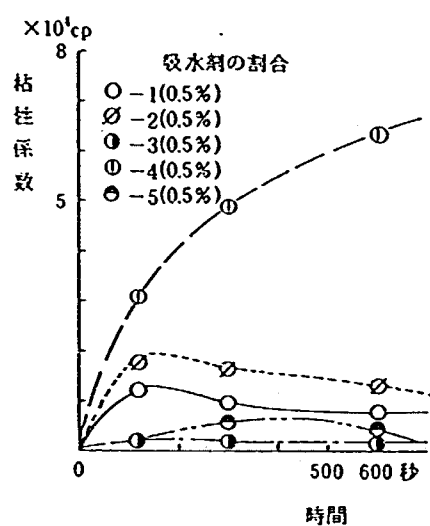


図-5 粘性係数 (蒸留水+砂) の時間的变化

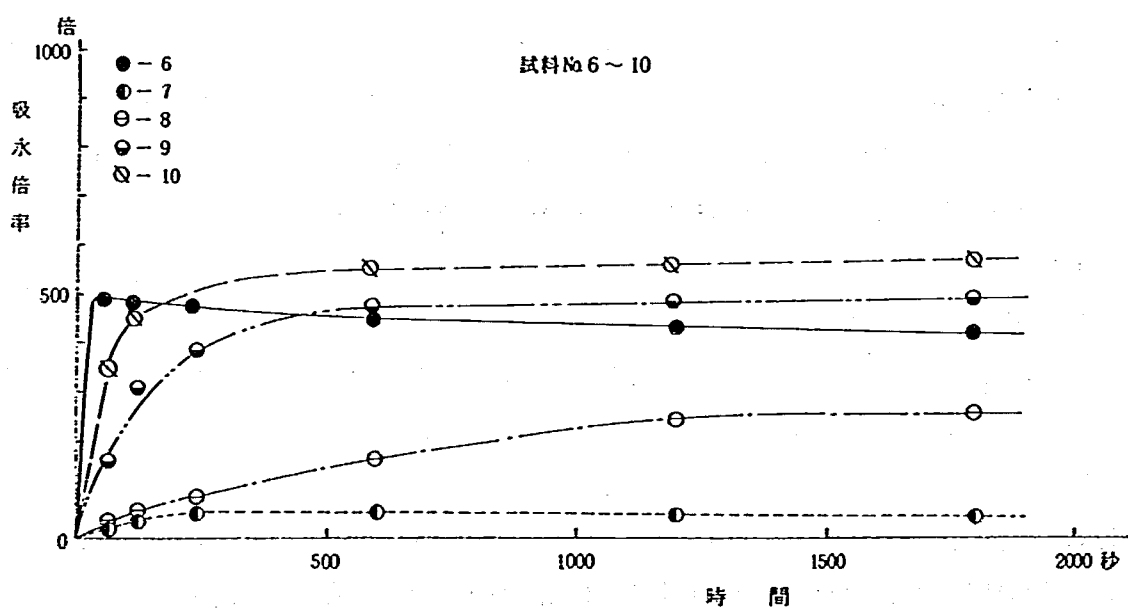
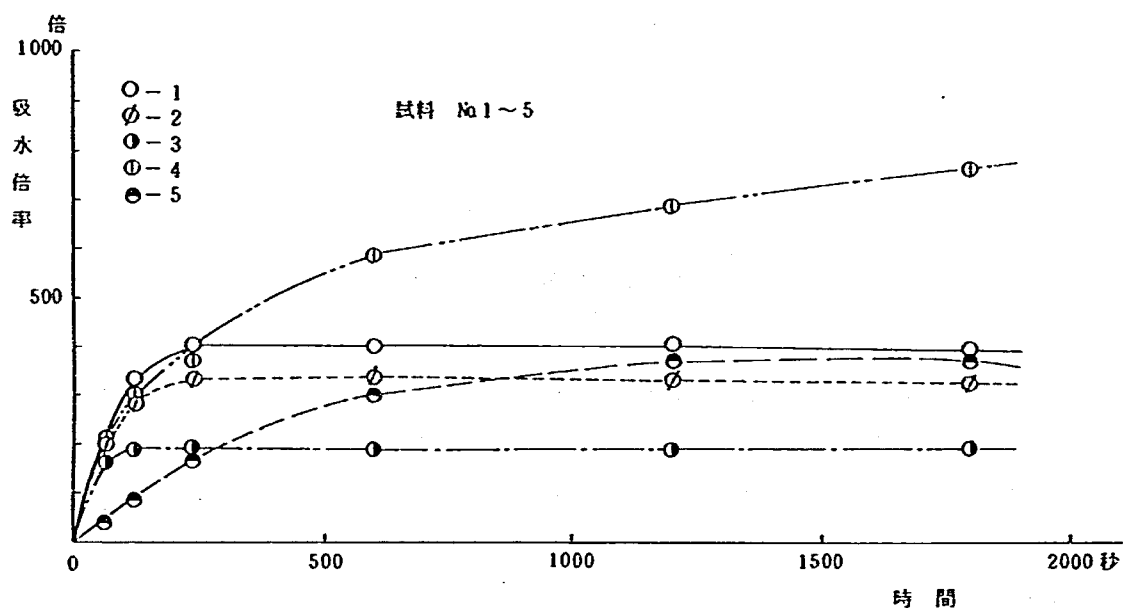


図-6 凍結融解を受けた後の吸水倍率 (蒸留水) の時間的变化

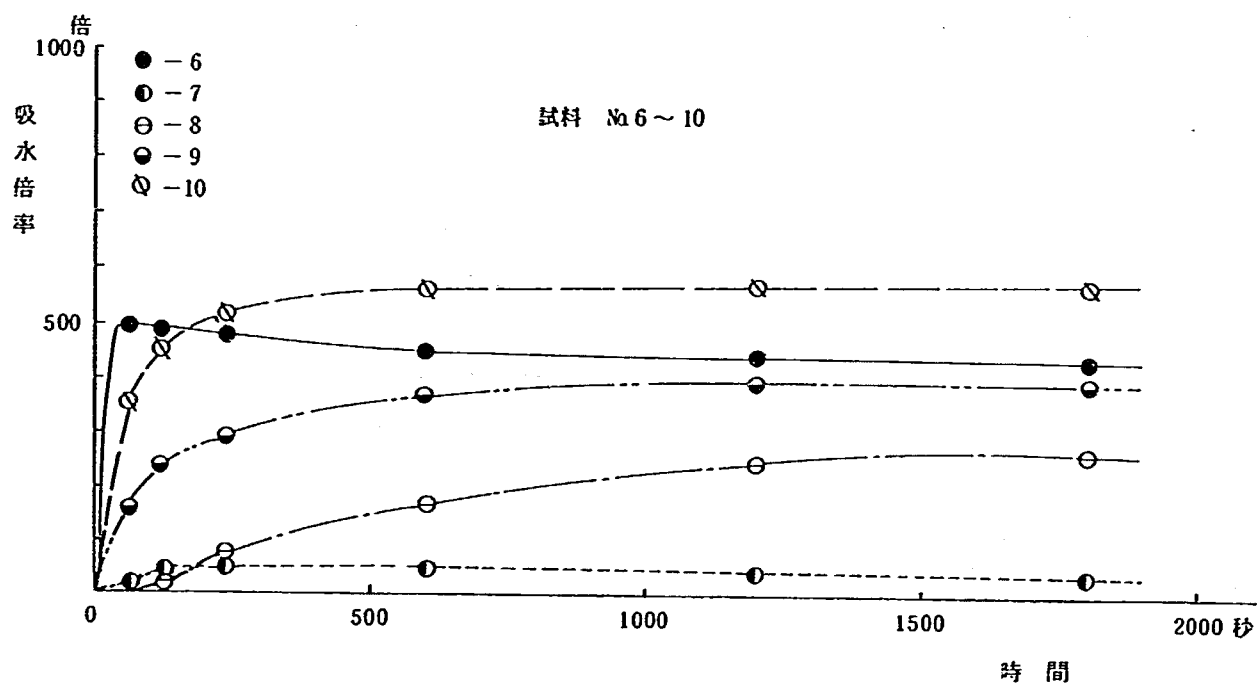
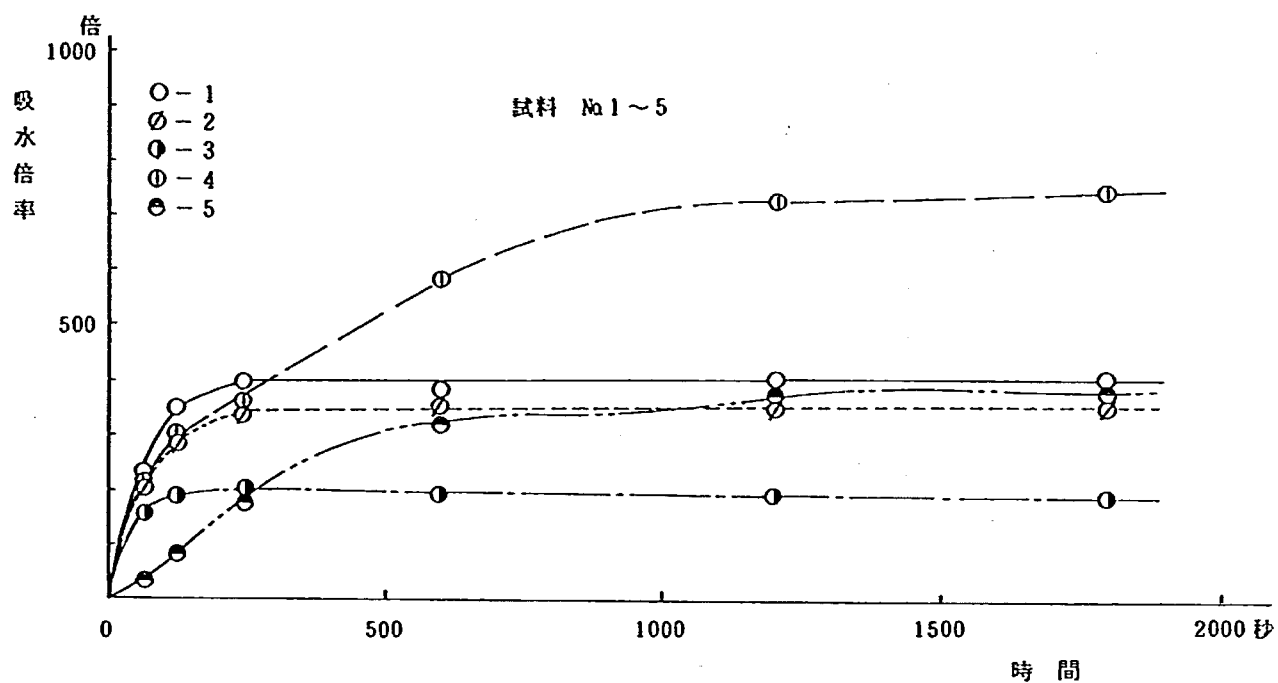


図-7 高温状態で放置された後の吸水倍率（蒸留水）の時間的变化

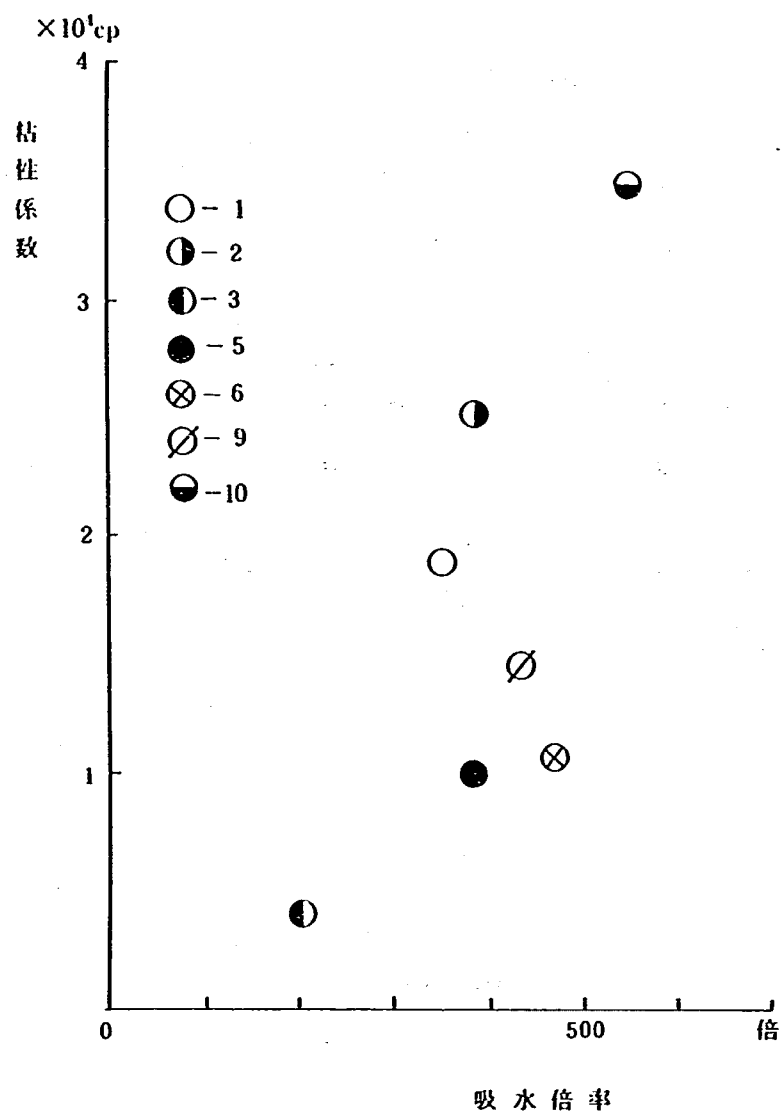


図-8 吸水倍率と粘性係数の関係

表-17 凍結融解の影響 (吸水倍率)

試料No.	1 回	2 回	3 回	平 均
No. 1	318.5	313.1	320.0	317.2
No. 2	320.3	317.9	324.6	320.9
No. 3	173.4	170.7	170.9	171.4
No. 4	744.6	784.9	772.2	767.2
No. 5	336.3	343.2	437.6	432.9
No. 6	428.2	432.8	437.6	432.9
No. 7	39.3	38.7	44.4	40.8
No. 8	123.7	127.5	124.3	125.2
No. 9	408.9	417.2	412.4	412.8
No. 10	581.9	593.7	579.2	584.9

表-18 温度の影響 (吸水倍率)

試料No.	1 回	2 回	3 回	平 均
No. 1	343.9	324.7	338.0	335.5
No. 2	297.9	314.7	312.7	308.4
No. 3	177.6	178.6	179.0	178.4
No. 4	751.1	767.6	724.3	747.7
No. 5	318.2	324.1	326.6	323.0
No. 6	427.7	431.6	425.9	428.4
No. 7	35.3	36.8	36.4	36.2
No. 8	125.8	138.6	126.0	126.8
No. 9	424.7	421.1	430.0	425.3
No. 10	587.1	588.4	594.1	589.9

表-19 温度の影響 (吸水速度)

試料No.	1 分	2 分	4 分	10分	20分	30分
No. 1	229.0	344.7	400.7	383.4	412.8	410.6
	220.8	352.0	390.5	379.3	408.6	398.3
	231.2	354.6	408.2	386.2	391.4	390.2
	平均	227.0	350.4	399.8	382.9	404.3
No. 2	201.2	288.6	347.6	358.5	368.8	359.0
	197.5	281.8	338.4	351.2	352.2	347.4
	206.3	290.6	351.2	360.3	368.8	362.0
	平均	201.7	287.0	345.7	356.7	363.3
No. 3	156.0	186.6	196.1	185.0	187.9	188.6
	162.0	192.9	195.1	190.0	191.1	188.8
	158.0	189.2	198.4	187.2	188.0	188.7
	平均	158.7	189.6	196.5	187.4	189.0
No. 4	220.3	299.6	360.7	587.5	713.0	761.3
	210.5	304.0	370.4	588.1	724.0	749.9
	209.2	296.4	358.0	589.1	719.6	762.4
	平均	213.3	300.0	363.0	588.2	718.9
No. 5	29.1	72.3	182.1	322.0	371.5	389.0
	39.7	95.9	194.1	318.1	376.0	389.0
	38.9	84.6	194.6	320.0	372.4	386.6
	平均	35.9	84.3	190.3	320.0	373.3

表-20 温度の影響 (吸水速度)

試料No.	1 分	2 分	4 分	10分	20分	30分
No. 6	495.8	483.3	473.9	454.0	442.7	437.4
	496.5	493.4	474.0	452.5	440.8	431.5
	490.2	491.1	470.0	453.2	444.7	432.5
	平均	494.2	489.3	472.6	451.9	442.7
No. 7	20.6	31.2	47.4	43.8	38.7	34.1
	18.8	36.2	52.7	50.8	43.7	37.3
	21.4	33.1	52.8	50.8	42.8	38.9
	平均	20.3	33.5	51.0	48.5	41.7
No. 8	18.9	36.0	84.2	172.0	244.0	255.2
	11.7	24.4	66.3	157.4	246.9	269.0
	19.0	28.6	77.0	166.4	238.4	261.4
	平均	16.5	29.7	75.8	164.4	243.1
No. 9	156.9	252.0	393.8	477.5	499.6	492.9
	160.6	244.5	393.4	493.2	498.9	492.8
	152.8	248.4	389.9	477.7	498.2	492.7
	平均	156.8	248.4	389.9	477.7	498.2
No. 10	355.1	452.9	526.1	576.3	582.3	558.8
	355.9	466.3	525.8	558.9	563.1	556.3
	348.2	457.4	524.7	566.6	573.6	572.6
	平均	353.1	458.9	525.5	567.3	573.0

表-21 凍結融解実施前に対する実施後の吸水倍率の比

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
比	0.83	0.84	0.93	0.89	1.31	1.03	1.12	1.59	1.00	1.06

表-22 高温処置実施前に対する実施後の吸水倍率の比

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
比	0.88	0.80	0.96	0.86	0.98	1.02	0.99	1.61	1.03	1.07

2. 流動阻止効果に関する実験

2.1 実験方法

水路実験により土石流流動阻止効果の検討を行った。実験に用いた水路は、長さ14m、幅20cmの片面アクリル張り木製水路で、最上流部の勾配は30°、最下流部は12°である。水路の下流には、1m毎に1度ずつ勾配が減少する長さ10mの扇状地模型が取り付けられている。図-9に実験施設の概要を示す。

水路上流端に所定量の土砂を敷設し、その上流から毎秒2ℓの水を供給して土石流を発生させた。使用した吸水剤は表-23に示す4種類で、各吸水剤毎に表-24に示す10ケースずつの実験を行った。実験

表-23 使用吸水剤

記 号	主 成 分	最 初 の 20 秒 間 の 吸 水 倍 率
A	澱 粉	30 ml/g
B	ポリビニール系	5
C	ポリアクリル酸系	70
D	〃	40

は土砂量、吸水剤量および総水量を変化させる他に、吸水剤と土石流の混合具合も土石流流動阻止効果に影響することから吸水剤の投入方法を次の3種類とした。①敷設した土砂の直下流で水路上から投下。②敷設した土砂の下流端に吸水剤を予め敷設③土砂下端及び水路中間に吸水剤を予め敷設。図-10に使用した吸水剤の吸水速度の時間変化を示す。更に吸水剤の効果を確認するために、吸水剤を投与しない場合についても表-24 (b) に示す5ケースを行った。水路側面と扇状地斜め上からVTRビデオカメラにより、また扇状地正面から35mm モータドライブカメラにより土石流を撮影し、土石流の流速の変化、水路、扇状地における堆積状況を把握した。また通水終了後、堆積物の断面測定を行い、吸水剤の混合具合も観察した。

表24 (a)実験ケース (吸水剤有)

ケース	流 量	土 砂 量	吸 水 剤 量	給 水 時 間	吸 水 剤 の 投 入 方 法
1	2 ℓ/s	10 ℓ	2 ℓ	10秒	土砂下流側に投下
2	〃	30	〃	〃	〃
3	〃	60	〃	40	〃
4	〃	20	1	10	〃
5	〃	〃	3	〃	〃
6	〃	〃	5	〃	〃
7	〃	〃	3	20	〃
8	〃	〃	〃	40	〃
9	〃	〃	〃	10	土砂下端に敷設
10	〃	〃	〃	〃	土砂下端と水路中間に敷設

(b)実験ケース (吸水剤無)

ケース	流 量	土 砂 量	給 水 時 間
1	2 ℓ/s	10 ℓ	10秒
2	〃	30	10
3	〃	60	40
4	〃	20	20
5	〃	20	40

2.2 実験結果

(1) 水路内堆積率

吸水剤を投与し、土石流と混合すると、土石流の流動性は鈍り、その効果が大きい場合には全量が水路内に堆積し、扇状地に流出しないケースもあった（写真3，4）。図-11に吸水剤量/（土砂量+総水量）と土砂量の水路内堆積率の関係を示す。吸水剤Bの場合、ほとんどのケースにおいて土石流が扇状地に流出しその効果は認められなかったが、その他の吸水剤では、多少のばらつきはあるが、吸水剤量の割合が増えると水路内堆積率も増える傾向が認められた。このうち最初の20秒間の吸水倍率が最も高い吸水剤Cの水路内堆積率が高かったことから図-11の横軸を20秒当りの計算上の吸水量/総水量に変えて示したのが、図-12である。図-12は、図-11よりも両者の関係が明らかで、吸水量/総水量の増

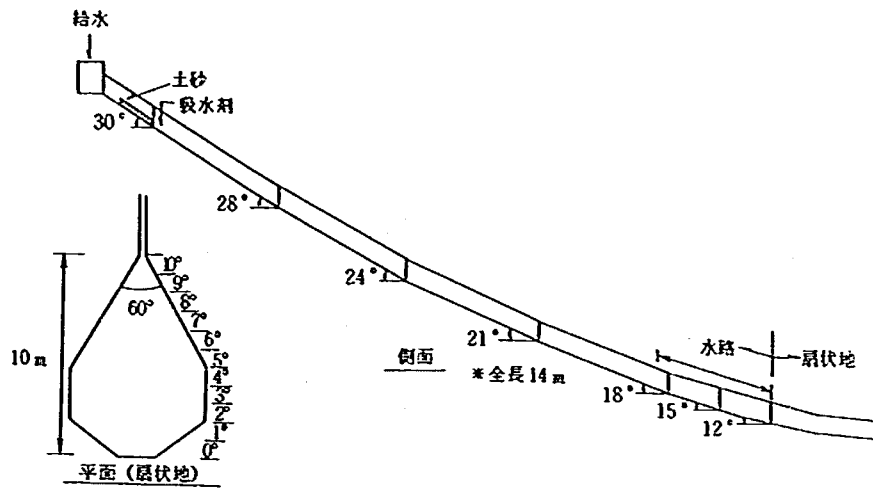


図-9 実験施設の概要

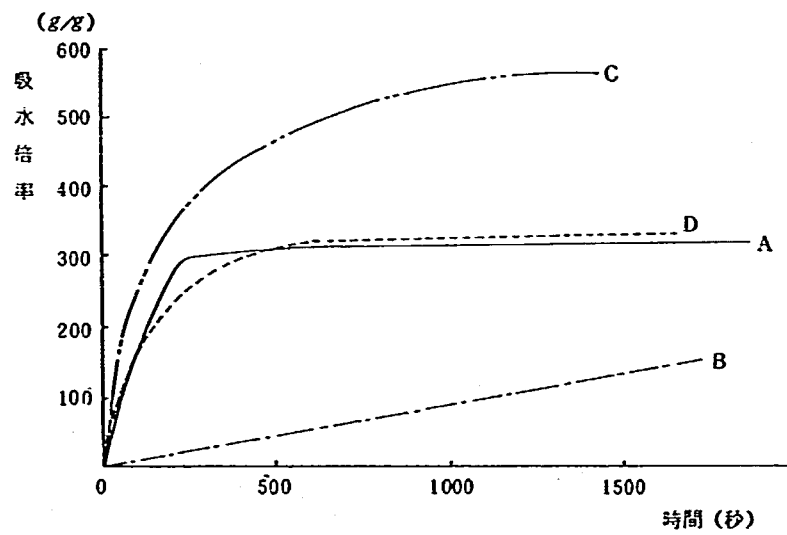


図-10 使用吸水剤の吸水倍率の時間的变化

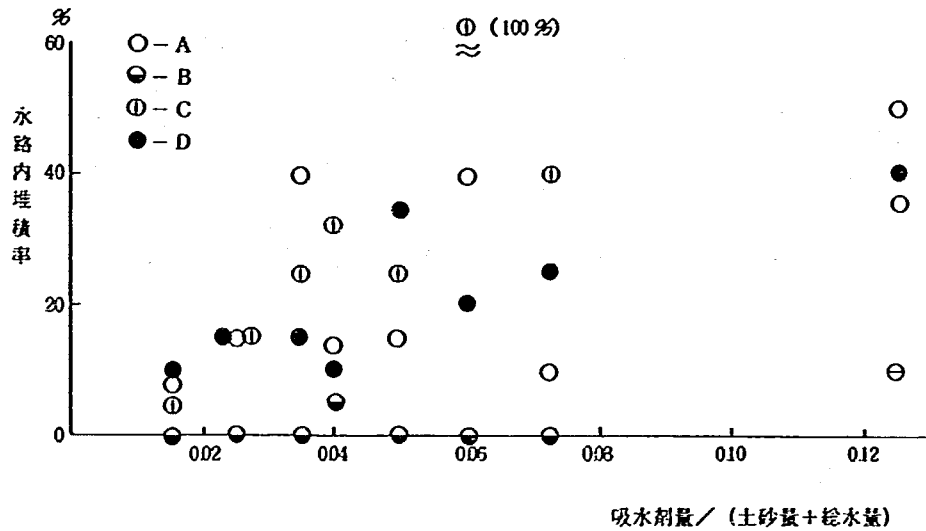


図-11 吸水剤量/(土砂量+総水量) と水路内堆積率の関係

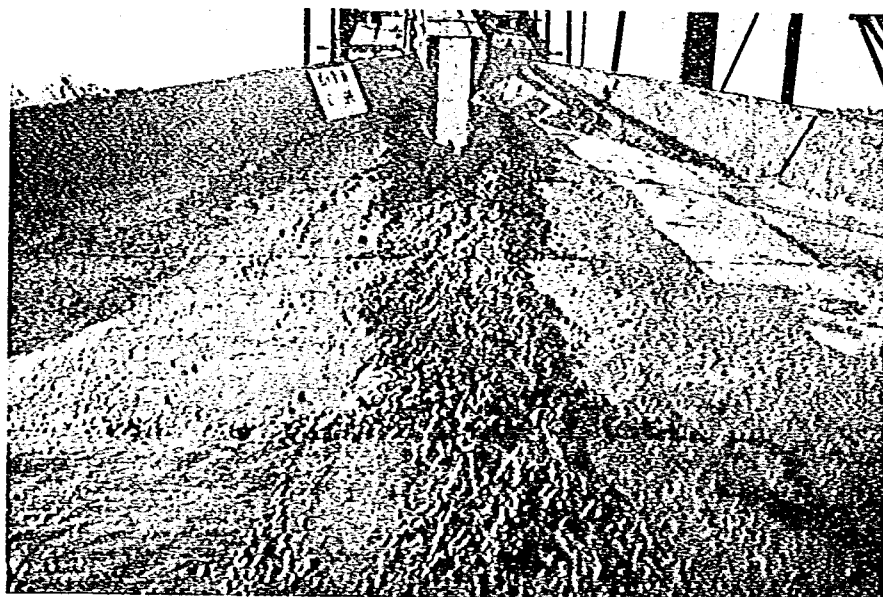


写真-3 吸水剤がない場合の扇状地への流出状況

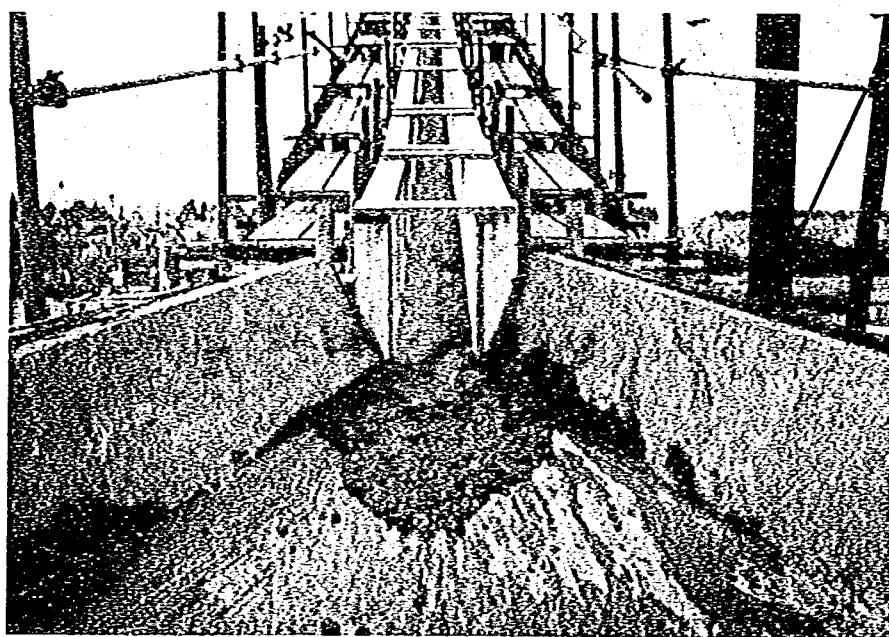


写真-4 吸水剤の効果が大きく扇頂部に堆積した状況

加に従い大きくなることが分かる。多少データがばらついている理由として、次の事が考えられる。①投入方法や吸水剤自体の性質が原因で混合具合が一定でない。②土砂濃度の影響。③吸水後の粘性係数の違い等である。このうち結果を最も不安定なものにする要因が①の土石流と吸水剤の混合具合で、これは後述する投入方法により大きく変わり、投入装置も含め今後の課題である。

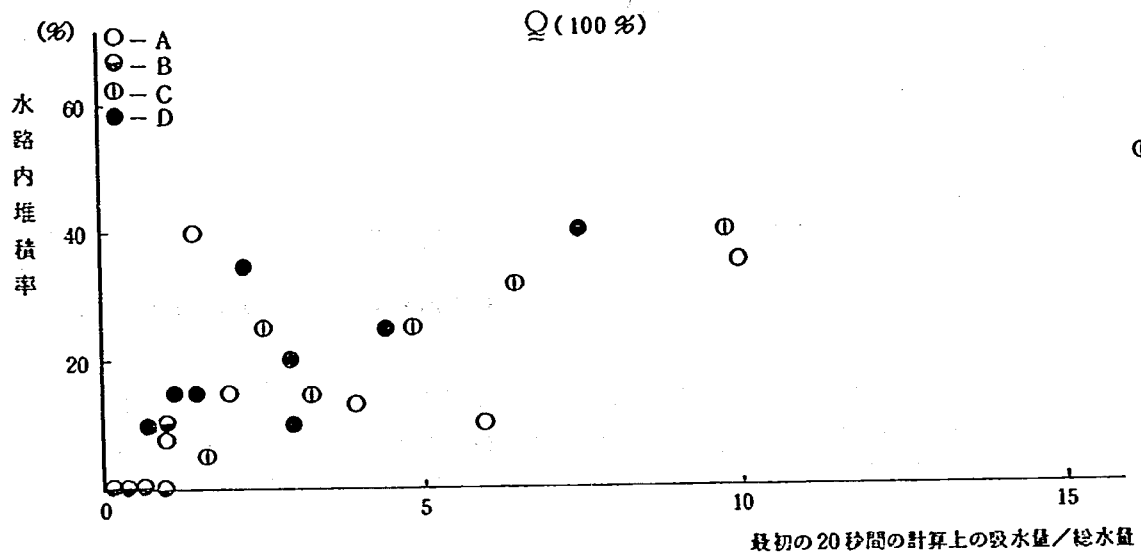


図-12 20秒当りの計算上の吸水量/総水量と水路内堆積率の関係

(2) 扇状地堆積横幅

扇状地での最大堆積幅についても、吸水剤がない場所の最大堆積幅に対する比を求め、計算上の吸水量/総水量との関係を図-13に示した。吸水量の割合が増えるに従い、堆積幅が小さくなるのが分る。つまり、吸水剤が無い場合、土石流は扇頂部に堆積し、流路を変えながら扇状に堆積が進んでいくのに対し、吸水剤の効果が大いいと吸水剤は流水を吸水し、固まり、流路の両側に「壁」を作って、図-14に示すように横方向への氾濫が抑えられる。

以上の結果により量的な問題を除けば、吸水剤は土石流の流動を阻止する十分な効果を有することが確認された。吸水剤の種類毎にみると、C、A、D、Bの順に効果的で、これは最初の20秒間の吸水倍率の順とほぼ一致している。吸水量/総水量の増加に従い効果も増すことが分った。

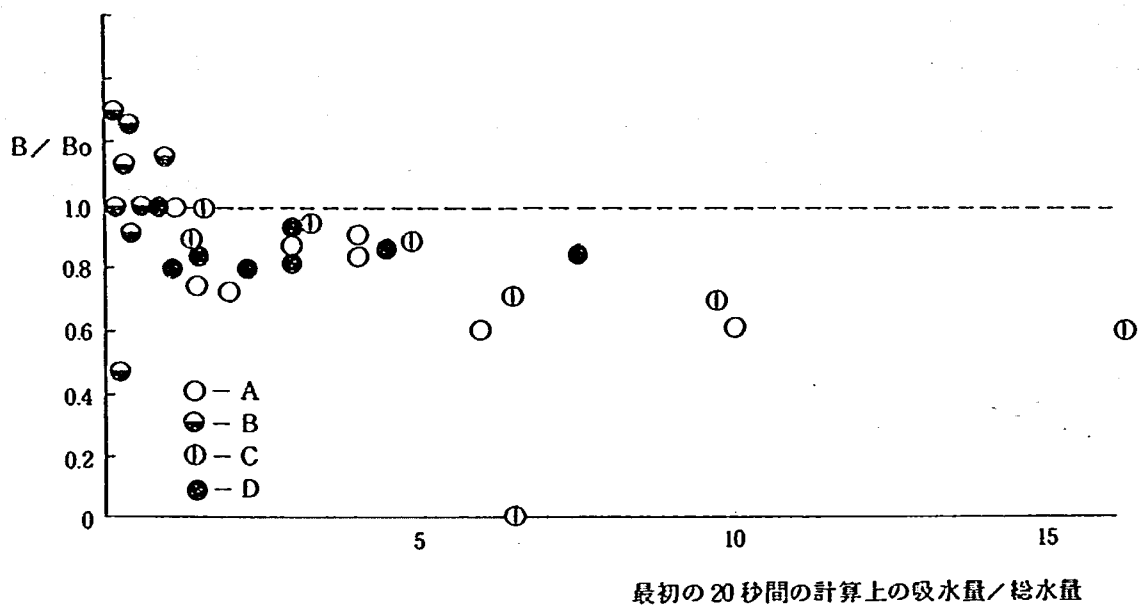


図-13 最初の20秒当りの計算上の吸水量/総水量と扇状地堆積幅の関係（B：吸水剤がある場合の最大堆積幅， B_0 ：吸水剤が無い場合の最大堆積幅）

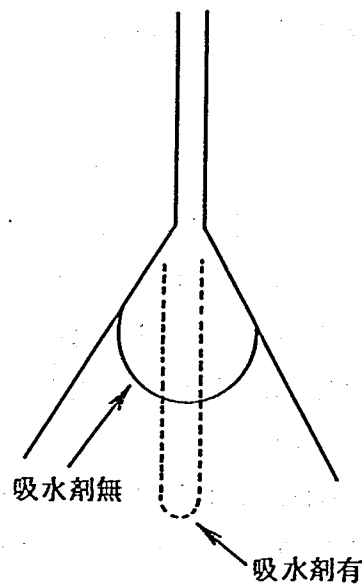


図-14 平面的な堆積形状の違い（模式図）

(3) 投入方法

投入方法以外は、全て同一条件で行ったケース5（土砂下流端に投下）、ケース9（土砂下端に敷設）、ケース10（土砂下端と水路中間に敷設）の吸水剤毎の水路内堆積率を図-15に示す。

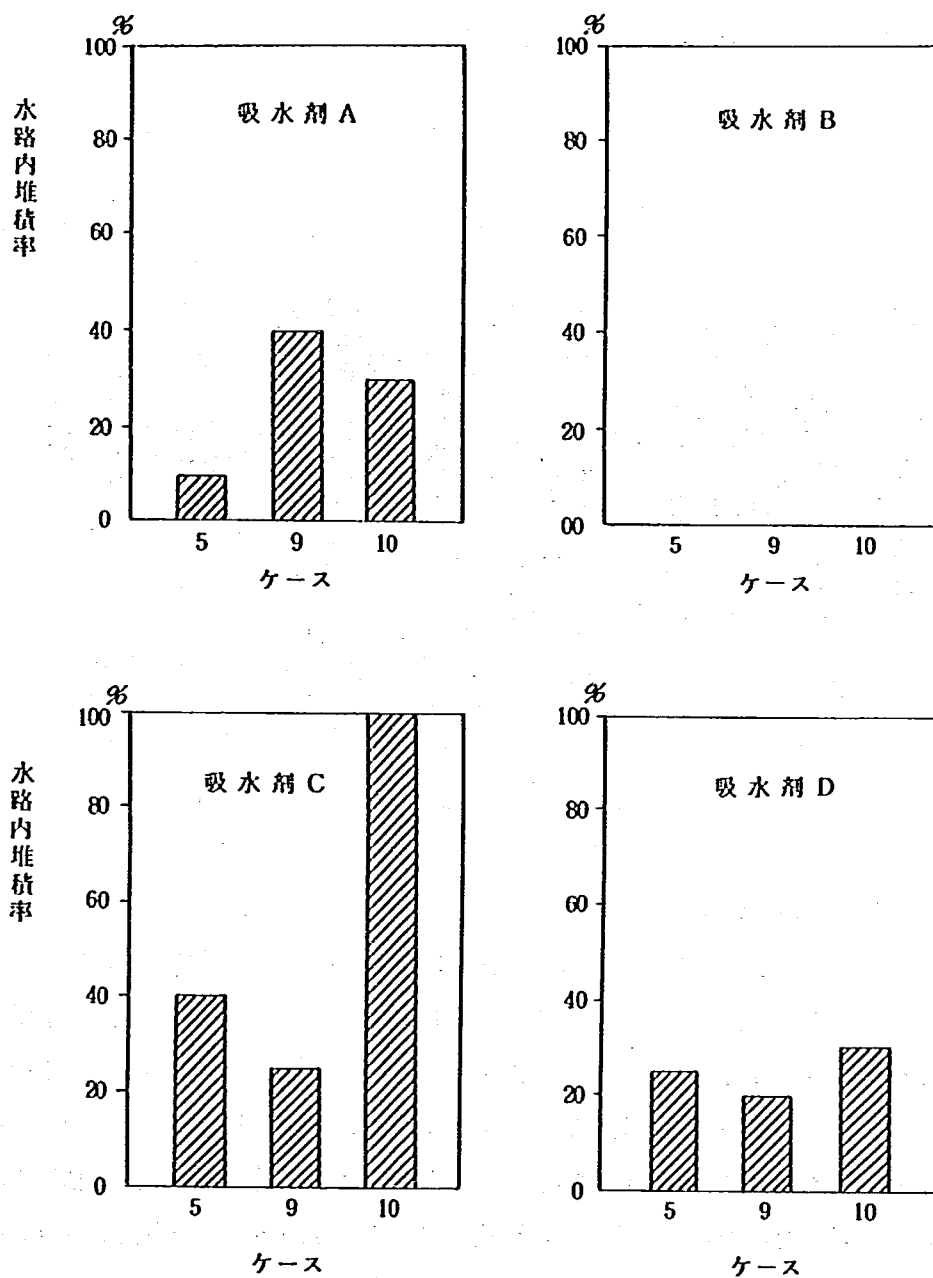
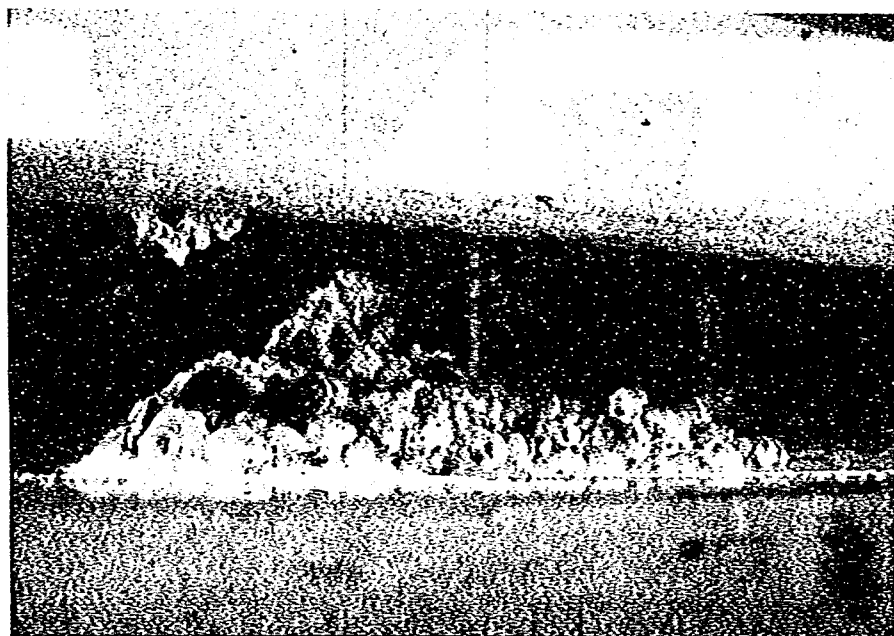


図-15 水路内堆積率（ケース5，9，10）

この結果から、吸水剤は投下するよりも水路に敷いておいた方が効果的な事が分る。これは水路上から投下すると、吸水剤が均一に混ざらず塊となって落下したり、風の影響で片側に偏りやすいためと考えられる（写真5）。なお、水路上に敷設する位置の違いによる差は認められなかった。

河床に敷いておいた方が効果的という結果が今回得られたが、実際には例えば河床に吸水剤を入れたプラスチックパネルを敷いたり、土石流の衝撃力で破壊する簡易な保護容器を河床に立てる等の方法が考えられる。具体的にはさらに検討する必要がある。



写真－5 均一に混じらず水路途中にかたまった吸水剤（水路 上から撮影）

(4) 混ざり具合と処理の難易度

水を吸水し堆積した吸水剤はドロドロのゲル状態になる。その特性や処理の難易度は、吸水倍率よりもむしろ吸水剤の主成分や種類により決まる。今回の実験で用いた吸水剤の中で、まず澱粉系のAは他の3種類と比べて混ざり具合が最も悪く、固まって堆積し、粘着性が高いために堆積物の処理も非常に面倒であった。また時間の経過と共に腐敗してしまうという点も考えると、澱粉系の現状での実用化には無理がある。吸水剤Bは最も処理が容易であったが、これは吸水速度が遅く粘性も増加しなかったため、長時間経過した後の処理の仕易さは別途検討する必要がある。一方同じ主成分のCとDでは、混合具合はCの方が優れているが、処理の仕易さは水を流しながら洗浄すればAに比べ共に困難ではない。吸水剤は前述のとおり安全性、毒性の点で問題はないが、掘削、運搬、捨て場所等の処理の点では土砂の場合より面倒で、腐敗の問題もあるので例えば吸水してゲル化した吸水剤が数時間後に再び排水するような吸水剤の開発、または添加物についても検討する必要がある。

(5) 粘性係数

吸水剤A、C、Dの計算上の吸水量/総水量と室内実験で得られた粘性係数の関係を図－16に示す。ここで、粘性係数は土砂を含まない状態のものである。これに今回の実験結果から得られた効果の程度

を、効果あり○、やや効果あり△、効果なし×の区分で同図に示す。この図から粘性係数が約 $6 \times 10^4 \text{cp}$ 以上になると効果が現れることが分かる。しかしこの粘性係数の値は土砂濃度により変化し、更に今回得られた $6 \times 10^4 \text{cp}$ という基準値も、河床勾配や粗度、さらに実験の規模により変化することも考えられ、今後更に検討する必要がある。

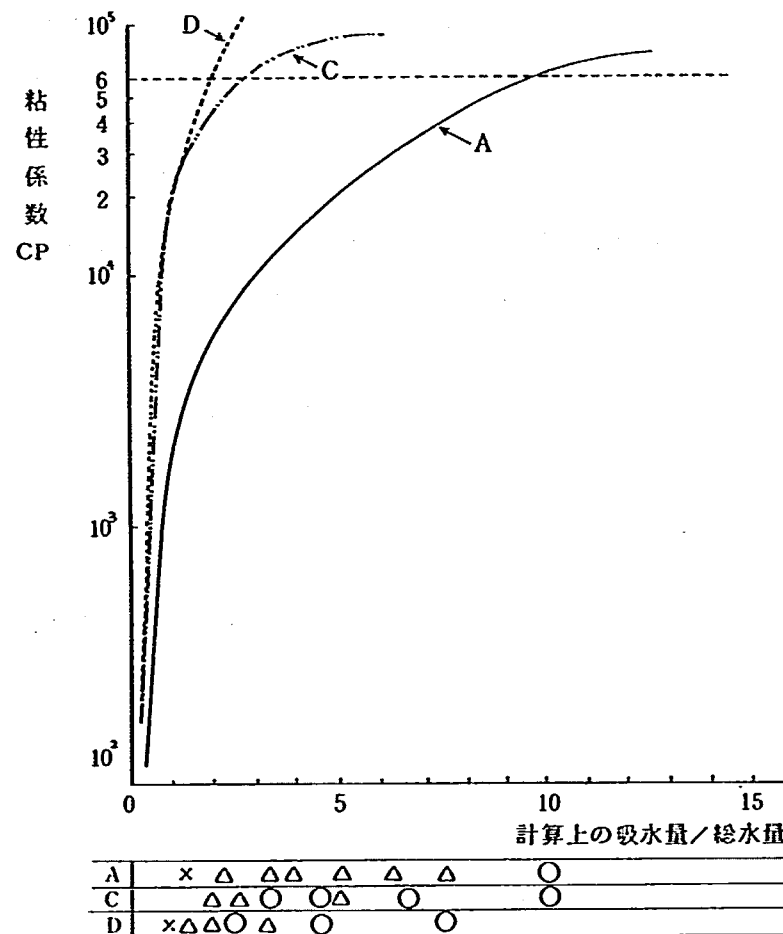


図-16 吸水量/総水量と粘性係数の関係

2.3 必要吸水剤量の検討

吸水剤の吸水割合が最終の吸水倍率の80%以上になるのに2～3分以上を必要とし、実験室規模の土石流ではその継続時間が20秒程度で、吸水量は時間的に増加することから、現地での必要吸水剤量を求めることは簡単でない。しかし、前節の実験で明らかになった吸水量/総水量と粘性係数の関係（図-16）を利用して必要吸水剤量を推測することはできる。検討手順を図-17に示す。例えば、流量 $Q = 100 \text{ m}^3/\text{s}$ 、流速 $V = 5 \text{ m/s}$ の土石流のフロント部の30秒を対象とすると、総流量は、 $100 (\text{m}^3/\text{s}) \times 30 (\text{s}) = 3,000 (\text{m}^3)$ 。吸水剤投入地点からの計容流下距離が300mと仮定すると、許容流下時間は $300 (\text{m}) / 5 (\text{m/s}) = 60 (\text{s})$ となる。吸水剤Cを使用する場合、吸水量/総水量は図-17より3以上必要であるから必要吸水量は 9000 m^3 である。60秒後の吸水倍率は185倍（図-10）なので必要吸水剤量は $9,000 (\text{t}) / 185 = 49 (\text{t})$ となる。

以上の計算はあくまでも吸水剤が、室内の吸水倍率試験を行った場合のように水と吸水剤が均一に混ざる状態を前提に進めているが、他の報告⁸⁾でも述べられているように、いかに土石流中の水と速やかに均一に混合しかつ速やかに反応させるかが鍵となる。また後続流も含めた長時間の土石流に対しては今回実施したような投入方法では無理で、連続的に吸水剤の投与が可能な装置が必要になる。

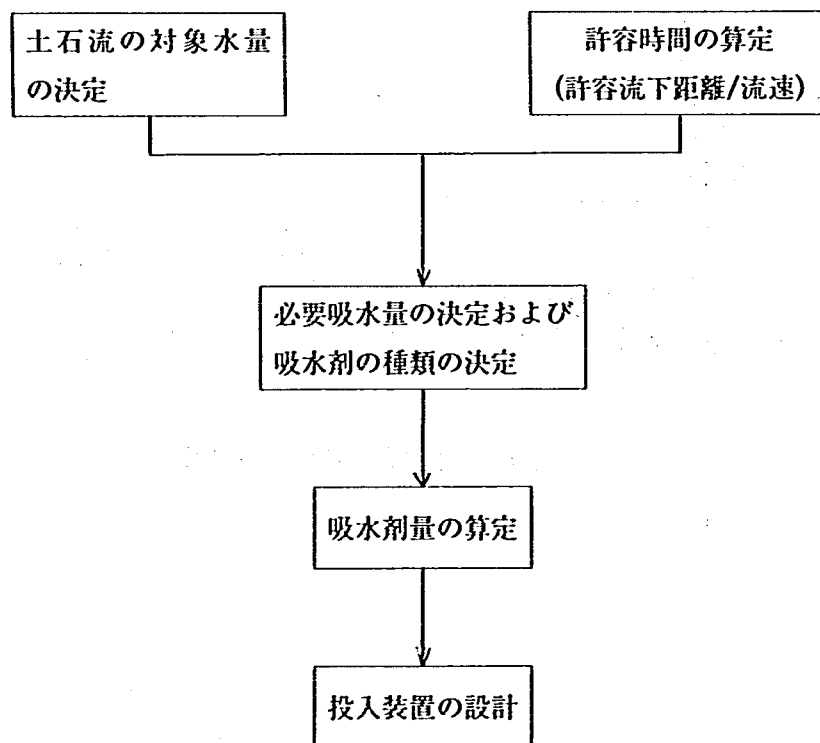


図-17 土石流流動阻止工設計の手順

2.4 今後の課題

以上の結果を踏まえ、今後解決すべき課題を以下に整理する。

(1) 吸水剤は安全性、毒性の点では殆ど問題ないことが分ったが、吸水して堆積した吸水剤はドロドロのゲル状態になり、握削、運搬、捨て場所の選定は土砂の場合より面倒になる。対策の一案として堆積物に塩溶液を投与してゲル状態から水に戻す方法等が考えられるが、その場合下流への影響が懸念され、より詳細な検討が必要である。また、吸水剤自体の単価が決して安くなく経済的な問題もある。このため現在以上の能力を有し安全性があり、かつ経済的で処理のしやすい吸水剤の開発が必要である。

(2) 投入装置は土石流の発生域、すなわち溪流の上流部に設置することが望ましい。このため装置の操作は自動化する必要がある。均一にしかも後続流も対象にするには、吸水剤の連続的な投与が可能な装置の開発が必要である。更にこの投入装置は、土石流が一般には数十年に一度以下の希な現象であるので非常時に安定して機能するよう維持できるものでなければならない。

(3) 今回の結果から粘性係数が約 $6 \times 10^4 \text{cp}$ 以上になると流動阻止効果が期待できるという結果が得られたが、さらに広い条件について実験を行い一般的な結論を得る必要がある。

お　わ　り　に

今回の検討で吸水剤により土石流を制御することが可能であることが分った。今後は前述の(1)吸水剤の開発、(2)投入装置の開発を期待すると共に、(3)より普遍的な効果の評価手法の検討が望まれる。

参 考 文 献

- 1) 渡辺直敬：高吸水性ポリマーエマルジョン (ACCOGEL) について，紙パルプ技術タイムス，pp. 33, 1988, 7
- 2) 本橋忠一：高吸水性高分子ゲルの特性と応用開発，化学工業 1988年7月号，pp. 43～49
- 3) 下村忠生：ポリアクリル酸系高吸水性ポリマーの土木，建築分野への応用展開
- 4) 三浦重義，川西順次，金光真作：二三の繊維素誘導体による軟弱性泥土の改良効果，土木学会関西支部年講概要，1988
- 5) 池田 弘，田中健治郎，本田 勉，石田良平：超吸水性繊維を利用したコンクリート水平打継部の改善，熊谷技報，No.42, 1987
- 6) 黄霞ほか：感温吸水性ヒドロゲル（ポリビニルメチルエーテルゲル）の汚泥脱水操作への応用の可能性について，化学工学論文集 Vol.13, No. 4, 1987
- 7) 財団法人日本造園修景協会内，保水剤活用技術研究会：昭和60年度保水剤活用技術研究会報告書，昭和61年6月
- 8) 高橋保，藤井由之：流下域における土石流の制御法に関する研究，京大防災研年報，第31号B-2, pp.648～653, 1988

巻末資料－1

アンケート調査表の様式

アンケート調査の目的と方法について

1. 調査目的

人口の稠密な我が国では、土石流による被害が発生する恐れのある危険区域の居住者も多く、その対策が緊急の課題となっております。

本調査は、近年に至り研究開発の進展により性能向上の著しい高分子吸水剤の高度な吸水性能に着目し、これを土石流に投入して土石流から水を除くことにより、粘性を増加させて流動エネルギーを低下させ、土石流による災害を防止する目的に利用出来るかどうかその可能性を検討するための試験調査の一環として実施するものであります。

なお、土石流流動阻止工に必要な吸水剤の性能と致しましては、吸水速度が速く、吸水倍率が大いほかに、環境への悪影響のないものであることが必要であります。

しかし、高分子吸水剤は、種類、性能ともに様々で、性能の評価手法も統一されていないように見受けられますので、まず、これらの実態を明らかにし、高分子吸水剤の土石流流動阻止工への利用可能性の判断資料を得ようとするものでございます。

2. 調査方法

(1) 調査対象企業

高分子吸水剤を製造販売している国内企業を対象としております。

(2) 調査票配布先

調査票の配布先には、上記企業の研究開発部門を考えております。

(3) 調査内容

別紙調査票に示したとおりです。

(4) 記入方法

各設問の該当する番号に○を付ける方法と()の中に記入する方法を併用しておりますが、貴社が複数の製品をお持ちの場合は、誠に勝手に恐縮ですが、製品別にそれぞれご記入下さい。

3. 連絡先

(財)土木研究センター技術研究所 研究開発部 (TEL 0298-64-2521, FAX 0298-64-2515)

所在地：茨城県つくば市大字大曾根3816 (〒300-32)

担当者：森 芳徳

アンケート調査票

調査票にご記入になる方の所属、氏名、連絡先（電話番号）をご記入下さい。

所属（ ）

氏名（ ）

連絡先（電話番号 ）

貴社で製造・販売しておられる高分子吸水剤について、以下の設問にお答え下さい。

設問 1. 製品の名称についてお尋ねします。

次の〔 〕の中に製品の名称を「一種類」ご記入下さい。なお、複数の製品がある場合は、製品毎に別の調査票にご記入下さい。

〔 〕

設問 2. 主な用途についてお尋ねします。

設問 1. でご記入頂いた製品について、次の中から該当するものに○印を付けて下さい。（設問 3. 以下についても同様に、設問 1. でご記入頂いた製品についてご記入下さい。その他の場合は（ ）の中に用途をご記入下さい。

1. おむつ

2. 生理用品

3. 土壌改良

4. 止水

その他（ ）

設問 3. 主な成分についてお尋ねします。その他の場合は、主成分の一般名称をご記入下さい。

1. ポリアクリル酸系

2. アクリル酸メチル-酢酸ビニルクラフト重合体

3. PVA 重合体

4. イソブチレン・マレイン酸共重合体

5. カルボキシルメチルセルロース

6. 澱粉系

7. その他（ ）

設問 4. 価格についてお尋ねします。（ ）の中にご記入下さい。

1. (円/kg)

2. (円/トン)

3. (円/)

設問5. 荷姿および販売最小数量についてお尋ねします。

①荷姿 ()

②販売最小数量 ()

設問6. 形状および性状についてお尋ねします。その他の場合は () の中に状態をご記入下さい。また、吸水ゲルの強度や粘性についての試験データがございましたら、() の中に試験方法と試験結果をご記入下さい。

①乾燥時 1. 微粉末状

2. か粒状

3. 粒状

4. その他 ()

②吸水時 1. のり状

2. ビーズ状

3. 小ブロック状

4. その他 ()

③吸水ゲルの強度、粘性などの試験データ

試験方法 ()

試験結果 ()

設問7. 物性についてお尋ねします。

①吸水速度 1. 飽水時間2分未満

2. 飽水時間2分以上5分未満

3. 飽水時間5分以上10分未満

4. 飽水時間10分以上20分未満

5. 飽水時間20分以上30分未満

6. 飽水時間30分以上

②2分経過後の吸水倍率 () の中にご記入下さい。

イ) 純水 (蒸留水) ()

ロ) 栄養塩類溶液 (2.3me) ()

③飽水時の吸水倍率

イ) 純水 (蒸留水) 1. 500倍以上

2. 400倍以上500倍未満

3. 300倍以上400倍未満

4. 200倍以上300倍未満

5. 100倍以上200倍未満

6. 50倍以上100倍未満

7. 20倍以上50倍未満

8. 20倍未満
- ロ) 栄養塩類溶液 (2.3me)
1. 300倍以上
 2. 200倍以上300倍未満
 3. 100倍以上200倍未満
 4. 50倍以上100倍未満
 5. 30倍以上50倍未満
 6. 20倍以上30倍未満
 7. 10倍以上20倍未満
 8. 10倍未満

- ハ) 栄養塩類溶液 (23.0me)
1. 100倍以上
 2. 50倍以上100倍未満
 3. 30倍以上50倍未満
 4. 20倍以上30倍未満
 5. 10倍以上20倍未満
 6. 5倍以上10倍未満
 7. 5倍未満

- ④水に対する溶解度 (℃)
1. 1 ppm 未満
 2. 1 ppm 以上10ppm 未満
 3. 10ppm 以上100ppm未満
 4. 100ppm 以上1000ppm 未満
 5. 1000ppm 以上

- ⑤単位体積重量
1. (g/ℓ)
 2. (kg/m³)
 3. (/)

設問 8. 安定性 (耐久性) についてお尋ねします。併せて、試験条件を「60℃ 5 日間」「凍結融解10回」のようにご記入下さい。

①乾燥状態における高温条件下での安定性 (試験条件:)

1. 処理前の吸水倍率の100%以上
2. 処理前の吸水倍率の90%以上100%未満
3. 処理前の吸水倍率の80%以上90%未満
4. 処理前の吸水倍率の70%以上80%未満
5. 処理前の吸水倍率の60%以上70%未満
6. 処理前の吸水倍率の50%以上60%未満
7. 処理前の吸水倍率の50%未満

②乾燥状態における低温条件下での安定性（試験条件： ）

1. 処理前の吸水倍率の100%以上
2. 処理前の吸水倍率の90%以上100%未満
3. 処理前の吸水倍率の80%以上90%未満
4. 処理前の吸水倍率の70%以上80%未満
5. 処理前の吸水倍率の60%以上70%未満
6. 処理前の吸水倍率の50%以上60%未満
7. 処理前の吸水倍率の50%未満

③吸水状態における高温条件下での安定性（試験条件： ）

1. 処理前の吸水倍率の100%以上
2. 処理前の吸水倍率の90%以上100%未満
3. 処理前の吸水倍率の80%以上90%未満
4. 処理前の吸水倍率の70%以上80%未満
5. 処理前の吸水倍率の60%以上70%未満
6. 処理前の吸水倍率の50%以上60%未満
7. 処理前の吸水倍率の50%未満

④吸水状態における低温条件下での安定性（試験条件： ）

1. 処理前の吸水倍率の100%以上
2. 処理前の吸水倍率の90%以上100%未満
3. 処理前の吸水倍率の80%以上90%未満
4. 処理前の吸水倍率の70%以上80%未満
5. 処理前の吸水倍率の60%以上70%未満
6. 処理前の吸水倍率の50%以上60%未満
7. 処理前の吸水倍率の50%未満

設問9. 耐腐敗性についてお尋ねします。

①乾燥状態

1. 全く腐敗しない
2. 僅かに腐敗する
3. 少し腐敗する
4. かなり腐敗する

②吸水状態

1. 全く腐敗しない
2. 僅かに腐敗する
3. 少し腐敗する
4. かなり腐敗する

- ③腐敗に関するデータの有無
1. ある
 2. 試験中
 3. ない

設問10. 安定性向上対策（腐敗対策を含む）についてお尋ねします。

- ①対策の必要性
1. 必要があり対策は確立している
 2. 必要があり現在検討中である
 3. 必要であるが、まだ対策の検討には着手していない
 4. 必要がない

②主な対策（貯蔵条件の改善、添加剤の配合など、具体的にご記入下さい）

イ),
ロ),
ハ),
ニ),
ホ),

設問11. 安全性についてお尋ねします。

- ①LD₅₀
- (ねずみ, 経口)
1. 5000mg/kg 以上
 2. 3000mg/kg 以上5000mg/kg 未満
 3. 1000mg/kg 以上3000mg/kg 未満
 4. 500mg/kg 以上1000mg/kg 未満
 5. 300mg/kg 以上500mg/kg 未満
 6. 300mg/kg 未満

②動植物、微生物等に対する安全性に関する試験データの有無

1. ある
2. 試験中
3. ない

設問12. 河川水に混入した場合の水質汚濁についてお尋ねします。試験データがある場合は「」の中に試験条件をご記入下さい。

①pH 試験条件;

1. 殆ど変化しない
2. 水産環境水質基準に合格 (pH ; 6.7~7.5)
3. 水産用水基準に合格 (pH ; 6.5~8.5)
4. 上記の基準に不合格
5. 試験データがない

②BOD 試験条件;

1. 殆ど影響がい
2. 飲料水原水基準に合格 (3 mg/ℓ 以下)
3. 水産用水基準に合格 (5 mg/ℓ 以下)
4. 上記の基準に不合格
5. 試験データがない

③重金属

1. 全く含まれていない
2. 飲料水水質基準に合格 (Cu ; 1.0mg/ℓ 以下, Zn ; 1.0mg/ℓ 以下, Pb ; 0.1mg/ℓ 以下, Cd ; 0.01mg/ℓ 以下)
3. 上記の基準に不合格
4. 試験データがない

設問13. 製品の安全基準についてお尋ねします。

1. 安全基準がある
2. 安全基準を検討中
3. 安全基準はない
4. 安全基準は不要 (理由 ;)

設問14. 製品の規格 (基準) についてお尋ねします。

- ①規格(基準)の有無
1. 公的規格 (基準) も社内規格もある
 2. 公的規格 (基準) がある
 3. 公的規格 (基準) はないが社内規格がある
 4. 規格 (基準) を検討中
 5. ない

②規格項目 (規格や基準がある場合にご記入下さい。複数記入)

1. 吸水速度
2. 吸水倍率 [イ ; 純水 (蒸留水), ロ ; 塩類溶液 (濃度) をご記入下さい ()]
3. 安定性 (耐久性) [イ ; 高温条件, ロ ; 低温条件, ハ ;]
4. 安全性 [具体的項目 ;]
5. 耐腐敗性 [具体的項目 ;]
6. その他 [具体的項目 ;]

③試験方法 (規格等がある場合にご記入下さい)

1. 確立している
2. 確立していない項目がある (項目 ;)

3. 検討中である

(項目 ;)

4. 確立していない

設問15. お手持ちの資料がある場合に、資料をご提供頂けるかどうかお尋ねします。

1. 提供できる

2. 提供できるものがある

3. 提供できない

以上

ご記入頂き誠に有難うございました。誠に恐縮ですが、貴社製品のカタログを添えてご返送下さるようお願い致します。

高分子吸水剤による土石流流動
阻止効果に関する研究

ISSN 0386-5878
土木研究所資料第2779号
平成元年5月 (1989)

水山高久, 栗原淳一
鈴木浩之

要旨 本研究は、アンケート調査と試験により高分子吸水剤の性能を調査し、さらに水路実験により土石流流動阻止効果を検討した。そして、吸水剤の現地への適用にあたり解決すべき課題を整理した。

キーワード：土石流, 高分子吸水剤, 新材料



郵便はがき

41円切手
をはって
下さい。

305□□

茨城県つくば市大字旭一番地
建設省土木研究所
砂防研究室

No. _____

No. _____

配布先氏名

配布先住所



土木研究所資料 第2779号 部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏 名

印