

9 7 2 4 塩類を用いた侵食土壌流出防止システムに関する研究 - 農地汚濁水流出制御システムの基礎的実験 -

助成研究者：渡辺 兼五 (東京農工大学 農学部)
共同研究者：東城 清秀 (東京農工大学 農学部)
 穴瀬 眞 (東京農業大学 総合研究所)
 安富 六郎 (東京農業大学 農学部)
 三原 真智人 (東京農業大学 農学部)
 妹尾 學 (日本大学 理工学部)

I. 目的

農地における侵食土壌は環境保全の大きな障害となっている。発展途上国における開畑では一般に侵食が激しく、それらの流域河川の水質を著しく低下させている。その主な成分は侵食土であるが、その土壌コロイドに吸着されている様々なイオンが河川水の水質を大きく低下させている。さらに火山灰土地帯ではその粒子が微細なためにわが国でも開畑直後から安定期に至るまでは水質環境保全対策が求められている。この研究では以上の問題を解決するために①安価であり②持続性があり③維持管理が容易なシステムが必要であろう。この研究は水質浄化による環境保全に食塩の利用の可能性を探ろうとする。

II. 研究方法

(a)圃場からの排水の暗渠濾過実験および (b)実験室における目詰まり防止が期待できる新しい構造をもつ暗渠管の試作による濾過実験、(c)実験室内における食塩添加による浮遊物の沈殿促進のための化学的浄化実験を行った。

III. 結果および考察

(a) 暗渠沈砂池濾過方法の有効性：土層かぶり45cmの暗渠を一定時間内(33時間)に暗渠の流出・流入のSS総量(kg)および排水総量を実測した結果、暗渠流出水SSは暗渠のフィルタ効果によって初期SS値が1/4になることが分かった。

(b) SSの通過による暗渠の目詰：この防止策として暗渠管表面の吸水孔の径をロート型に拡大させることが効果的であることが分かった。

(c) 食塩添加によるSS除去：流出水に濃度を変化させた塩水NaCl溶液に上記の懸濁液に加えてSS成分の経時変化を測定した結果、0.05mol濃度中でSS成分がもっとも多く凝集する。この場合、30分～1時間の静止による凝集沈降によって初期SS値の1/3以下になった。

したがって浸透性沈砂池による濾過と塩分添加によるSS低下は少なくとも1/10以下に低減させることが可能である。

水質環境の一つの基準(農水省公害研究会1970)によれば農業用水稲作灌漑水質のSS濃度は100ppm以下とされている。したがって農業用水の河川へ排出・還元する場合、SSについてはこの基準以下であれば河川水再利用農業用水として問題はない。NaCl濃度については少なくとも1/30の希釈が必要であろう。

9 7 2 4 塩類を用いた侵食土壌流亡防止システムに関する研究 - 農地汚濁水流出制御システムの基礎的実験 -

助成研究者：渡辺 兼五（東京農工大学 農学部）
 共同研究者：東城 清秀（東京農工大学 農学部）
 穴瀬 眞（東京農業大学 総合研究所）
 安富 六郎（東京農業大学 農学部）
 三原 真智人（東京農業大学 農学部）
 妹尾 學（日本大学 理工学部）

1. 目的および概況

(1) 研究の目的

農地における侵食土壌は環境保全の大きな障害となっている。世界的に見ると、風化の進んだ傾斜地では自然の植生地からの畑地造成によって、土壌侵食量は数十から数百倍も増大することが報告されている。裸地ではさらにその侵食量は数倍に達するとの報告もある。東南アジアにおける開畑では、一般に侵食が激しく、それらの流域河川の水質の著しい低下が見られる。

わが国の畑地は高台や傾斜地に分布するので侵食土量の雨水による流亡による環境に与える負荷も大きい。さらに最近は耕作放棄が全国的に広がっている。中山間地域では7%を越えている（1996年農業白書）。これらの農地は荒れ地となる。荒れ地の侵食土量は自然林地にたいして100倍もの侵食増大が見られることが実測されている。このような侵食の主な成分は水に懸濁した微細な土粒子、コロイドである。河川水質は流亡土壌コロイドに吸着されている様々なイオンの移動によって、大きく変化する。火山灰土地帯ではその粒子が微細なため、開畑直後から安定期に至る数年間は水質環境保全の対策が重要である。火山灰土壌は一旦侵食されると沈殿しにくく、河川水に微細な粒子が混入する。この結果SS値の増大が大きく、下流河川の漁業に与える影響も大きいことが問題となる。大規模な畑地造成が行われると河川の支流にはこの表土が造成直後の雨水によって流される。冬季には畑面一体が雪に覆われる網走のような地域では、地表は凍結して、その凍結深は40cm～50cmに達する。このために春先の融雪は表層積雪層と地表を流れて、著しい表面侵食を進める結果となる。さらに春先には寒暖の差が激しく、地表は融雪と凍結を繰り返しながら消雪していく。この時期には河川生物も再生産の時期に当たる。この時点での河川水のSS増大値は水産物の品質を著しく低下させる。したがってSS値の低下をさせるような水質浄化の方法が造成畑の大きな問題となっている。水質環境保全対策のためのこの研究には浄化装置が①優れた性能があり②持続性があり③維持管理が容易であり、安価であることが条件となる。以上の3条件を満たすものとして、この研究では暗渠式汚濁水流出制御工による土層濾過法で浄化させたのち、さらにSS濃度を規定値まで低下させるために、塩添加によって微細粒子を沈殿させる。このような方法によって畑地から

の雨水や融雪期における汚濁による河川水質の環境保全を試みる。

SS値向上のための水質浄化方法にはいくつかが考えられる。また地元ではホタテ貝の水質浄化機能があると言われている。また木炭も水質浄化の機能を有すると言われているので、これらがSS除去に程度の効果が在るかについて実験した。

以上の研究するために北海道網走の畑地造成地区を調査地、実験圃場とし、ここでは林地から畑地造成を行った直後の農地からの汚濁水の制御についての実験を行った。

(2) 地区の概況

調査地域は女満別西5 kmに位置する丘陵地帯にある。丘陵地帯土壌は火山灰土であり、おもに畑地地帯である。この地域は新規に平成4年度に約2.13 haの面積の畑地造成地である。この地域の年間土砂流亡量は裸地期58.33 (m³/ha/年), 耕作期25 (m³/ha/年)と算出されている。これは年間に2.5 mm以上の土壌侵食があることになる。

2. 研究方法

暗渠式汚濁水流出制御工 実験室内における食塩添加およびその他塩類添加等による浮遊物の沈殿促進のための圃場試験、および室内実験によって行う。

(1) 暗渠式汚濁水流出制御工

装置は基本的に2つの部分から成る。第一段としては重力による自然沈降による浮遊粒子の除去である。第二段では沈殿槽底面から砂利槽、砂層フィルター、暗渠管に至る暗渠式濾過が進行する。これらの配置は図1に示されているようである。

図1について

A1暗渠

→: A1暗渠からの流水は暗渠によって濾過され地区外に行く排水マス。

A2地区暗渠: A2地区の沈殿槽内に設けられた暗渠

→: A2地区にはA2-1とA2-2の2種類の暗渠が埋設されている。それらの暗渠排水マス。

配置状況は表1に示す。

表1 暗渠フィルターの配置状況

	暗渠長m	カバー面積m ²	暗渠密度 (m/m ²)
A1 暗渠	6.2	3.9	0.16
A2-1暗渠	9.4	48.4	0.19
A2-2暗渠	10	48.4	0.20

汚濁水流出制御工は次のようなシステム構成からなっている。ただしA1系とA2系は流入SS濃度が異なる。A1は細かな粒子を多く含む排水で満たされ750 μ m以下の粒子が多い。したがってSSの高い。図2には制御工法の各段階におけるSS濃度変化図が示されている(図2)。

(2) 調査対象の傾斜地畑土壤

畑地の傾斜は勾配約4度であり、造成時に表土扱いを行っている。したがっては15ないし20cmの良好な農地となっている。表土の物理性を表2に示す。

表2 畑地土壤の粒度分布%(表土0cm)

粗砂 (2~0.2mm)	細砂 (0.2~0.02mm)	シルト (0.02~0.002mm)	粘土 (\leq 0.002mm)
28.52	28.88	29.50	9.21

3. 実験

(1) 暗渠フィルターを通過前の沈殿槽内の汚濁低減効果の測定

平成9年(1998年)3月29/30日の融雪時期における従来型沈殿槽のSS除去効果は次のようである。農地排水の沈殿槽への流入量は三角堰で見ると30日8時に最大値10 ℓ /sに達した。日中SSは30日12時に最大値2200ppmに達した。その同時刻(12:00)にA1沈殿槽上流SS値は2200ppmのものが下流排出口では1100ppmと、流入時の1/2になった。同時刻A2沈殿槽上流ではSS値は1400ppm,同下流では1600ppmと増加した。

A1沈殿槽でも流入流量が少ない場合はSS低減効果は低いと思われる。

表3 沈殿槽内の自然沈降によるSS濃度ppm低下状況(事例)

	観測年月日時間	流入量(ℓ /s)	上流(a)	下流(b)	除去効果 (b)/(a)
A1槽	1997.3.29.1300	2.027	100	100	= 1/1
 1800	2.997	490	250	> 1/2
	30.1200	4.105	2200	1100	= 1/2
A2槽	.. 1600	2.082	160	170	> 1/1
	1997.3.29.1800	1.071	1400	750	> 1/2
	30.1200	3.414	1400	1600	> 1/1

その他の流量および時間帯についても(以上の表3から)沈殿槽の自然沈降によるSS除去効果を(b)/(a)値で示すと、上流よりも下流で微細粒子が増大する事例もある。流量が少ない場合は流速も小さいときSS中の粗大粒子に対して微細粒子量が相対的に多いので沈殿効果はあまり期待できない。したがってさらにSSの低下を図るには暗渠による濾過方式が考えられる。

(2) 暗渠を通過後の汚濁低減効果

暗渠型農地汚濁水流出水制御工法には二種類の暗渠を埋設した。それぞれの暗渠下流にA1雨水マス、A2-1雨水マスとA2-2雨水マスがある。A1暗渠およびA2-1暗渠には通常のビニール暗渠が埋設されている。A2-2暗渠には暗渠パイプ孔隙に加工されたもの(前述)が埋設されている。これらの2種類の暗渠系効果の比較実験を行い次のような結果をえた(図1)。

(a) SS濃度から見た暗渠の効果

調査地の3月は融雪の季節である。降雨でないときには朝9時頃から融雪が始まり、正午から2時頃までが融雪がもっとも進み、畑地からの排水量は最高になる。排水量に伴って浮遊物質SSも最大となる。しかし3時過ぎる頃から融雪量も減少して排水は減少し、6時頃にはほとんどなくなる。そして翌日同じような融雪の時間変化の状況が繰り返される。気候が暖くなる3月下旬になると融雪は継続的に進む。また夏季には強い降雨に見舞われる。平成9年3月29~30日の観測例について見ると、観測時間33時間内にA1暗渠通過によってSSは67%に減じている。A2-1暗渠およびA2-2暗渠についてはそれぞれ24%、28%となっている。

暗渠通過水量が少なくても流入量に見合うだけの暗渠密度を高めることで暗渠のSS低減の効果はある。しかし河川水質に影響を与えない範囲とすれば、そのときの河川の流量が多く、畑地からの排水が排水口で河川の平均水質以下であればよいことになろう。図2に示されるように圃場→三角セキ→沈殿槽→暗渠通過までの行程では初期のSSが沈殿槽で暗渠通過前までにほぼ1/2程度浄化され、次の暗渠によってさらに1/2程度浄化される。すなわちここまでで初期の1/4となる。しかしSS濃度についてはA1暗渠口で平均SSは487 mg/l (ppm)であるが、最大値は1400 mg/l (ppm)と高く、このままでは河川放流の基準を大きく上回ることが予想される。

もしも飲料水の基準値である25mg/lまでを期待するならば、暗渠フィルタ通過以前の水質を水道水基準の25 mg/l (ppm)に低下させるには放流SSを100 mg/l (ppm)以下にするにはでも希釈水がその排水量の3倍以上必要であろう。暗渠フィルタの効果はSS濃度のみからは評価できない。供給された汚濁物質のどれだけの除去量が単位時間に期待できるかによっても評価されるであろう。

表 4 に示された各暗渠フィルタによって濾過される暗渠通過前後のSSを濾過総量と総流量から平均濃度を求めるとA1は濃度低減効果は67%と初期の2/3になる。これに対してA2では24～28%で初期値の1/4になる。

表 4 一定時間内(33時間)における暗渠通過によるSS総量(kg)および排水総量

暗渠系	A1		A2-1		A2-2	
	通過前	通過後	通過前	通過後	通過前	通過後
SS総量(kg)	311.07	22.9	254.84	8.9	254.84	42.7
暗渠流入						
水総量(l)	423676.8	47012.4	247104.0	35168.4	247104.0	147236.4
SS総量÷流入水総量 (ppm)	734.2	487.1	1031.3	253.0	1031.3	290.0
暗渠効果 (初期100%)		67%		24%		28%

(b) 融雪時におけるSS除去効果の推定

融雪時に多量の土砂流が排水路を通過して下流に運ばれる。通常は日中の10時から2時頃までに融雪水の最大流量とそれに伴うSSの最大値が発生する。流量最大とSS最大時間は一致しない。流量最大となってから約4時間遅れてSS最大値が観測されている。この事は、侵食土の混入濃度は流量と同じように変化しないことを示している。この遅れ流量ピークとSSピーク時間のズレは排水路長やその内面の雑草の有無などで変わるであろうと予測される。最大値のSS濃度は図2に示されるように暗渠による濾過後においても排水基準値100ppmを遙かに超えている。このために食塩によるSSの凝集効果を利用する。

(c) 暗渠方式による凝集効果のばらつき

図3に暗渠通過前後におけるSS濃度の変化を示した。融雪期には通過前と通過後には時間的にバラツキが見られる。A1暗渠とA2暗渠を比べるとA1では暗渠通過前のSS濃度は最大2200ppmであったが、通過後の最大値は1400ppmであり、かなり高濃度のSSが流出した。A2暗渠では通過後の最大値は730ppm、800ppmであった。多くの場合に暗渠通過流出水のSSはA1暗渠に高い。これはA1暗渠槽には750 μm 粒子を多く含むことによるものである。以上のようなバラツキはあるが融雪期の観測時間(33時間)約1.5日全体の懸濁物質の輸送量とその時の総流出量当たり換算すれば暗渠効果

は平均して A1 暗渠では暗渠通過前の流入 SS の平均値 734ppm、通過後平均値は 487ppm となり 67 % に低下する効果を示した。A2 暗渠では同じく A 2-1 の暗渠通過前が 1031ppm、通過後 253ppm であり 24% の効果、A2-2 では暗渠通過前 1031ppm、通過後 290ppm となり 28% の効果となり A 2 両者の 24 と 28 の平均 26% となった。いずれの暗渠系も表 4 から分かるように、A1、A2 の暗渠からの直接の河川水への排水値は 1 0 0 ppm を越える。以上の対応策として次に示すようないくつかの濾過材料を用いた実験を試みた。

(3) 塩類等による浮遊物の沈殿促進

(a) 火山灰畑地土壌の pH による分散・凝集

SS 値の低下には沈砂池が用いられる。畑地土壌を供試土として pH 変化による凝集促進効果を調べた。pH の変化は塩酸 HCl と水酸化カルシウム溶液 Ca(OH)₂ によった。50cm³ の沈降ビンに pH を調整した溶液をいれ生土 2g を加えて 2 分間振して分散させる。この際に土壌添加による溶液の pH の変化は微小であり無視した。振とう直後に水面より 1cm 深さで懸濁液を採取し、浮遊物質 SS を測定した。24 時間静置した後、ふたたび水面より 1cm 深さで懸濁液を採取して SS 濃度を測定した。これから求められる SS 比を用いて分散凝集の指標とした。

その結果 pH 5 ~ 9 の範囲内で土粒子は分散状態を示し、pH 10 以上および 5 以下では凝集することが確かめられた (図 5)。

(b) ホタテ貝による懸濁液の分散効果

50cm の沈降ビンに蒸留水 (pH 5.31) を注ぎ、生土 2g を加えて 2 分間振とうした。浸透直後水面下 1 cm 深さで懸濁液を採取し、SS を測定した。このような懸濁液入りの沈降ビンを 3 種類作り、それぞれに木炭、ホタテ貝殻、および焼き貝殻粉末をそれぞれ 2g ずつ添加して 1 分間振とうした。24 時間静置した後、再び水面下 1cm 深さで懸濁液を採取して SS 濃度を測定し、添加前の SS 濃度を比較した。

貝殻および焼き貝殻の添加によって、pH は排水 pH 6.1 ~ 6.3 の状態からそれぞれ 6.65 と 7.23 to アルカリ側にシフトする傾向を有するが、実用性は低いと思われる。木炭を添加した場合には pH は変化しないが SS 値が増大している。これは炭素粉末の分散によるものである。以上の実験では貝殻や炭による実験では SS の除去には直接的な効果は期待できないと判断させる。

(c) 食塩添加による SS 低下の実験

食塩添加による SS 除去について実験を行った。濃度を变化させた 50ml の食塩水 (NaCl) に生土 2g を加えて 2 分間攪拌して分散させたものを一定時間後に沈降ビンの水面

から1 cmの深さで採水する。食塩水濃度は0mol/l, 0.0034mol/l, 0.017 mol/l, 0.0475 mol/l, 0.0949 mol/l, 1.1684, 2.3384 mol/l, 3.5083 mol/lである。各濃度における浮遊物質の経時変化を見るための採水は攪拌後1分, 30分, 100分, 180分(3時間), 360分(6時間), 720分(12時間), 1440分(24時間)についてそのSS濃度を初期濃度100として測定した。

(d) 目詰まりの防止策の実験

通水孔に加工を行い、暗渠の側壁にある通水の径が通水方向に拡大するような構造のものとして実験を行った。これについては一応の成果が出たが、その実用性について検討中である。

4. 結果および考察

各濃度における電気伝導度(Ec)を表5に示した。

表5 各塩分濃度C (mol/l)における土壌懸濁液の電気伝導度Ec (S/m)

濃度 C (mol/l)	3.492	2.327	1.164	0.095	0.047	0.017	0.003	0
E c (dS/m)	181	145	89	9.77	5.08	1.86	0.467	0.0132

mmho/cm=dS/m 海水 Mol 濃度 : 0.56 (mol/l)

浮遊物質の経時変化をから塩分濃度の上昇に伴い瞬間的に浮遊物質濃度は低下するので観測初期の浮遊物質濃度は低下する。観測経過においても塩分濃度の高いほうが浮遊物質の低下速度ははやい。一定懸濁液にたいする各塩分濃度(mol/l)による時間経過 (min) とSS (浮遊物質) 濃度比 (初期を100としたときのSS比) の関係から見ると、凝集は塩分濃度の0.05(mol/l)付近から急に凝集性が高まっている。塩濃度をさらに上昇させて海水の塩分濃度(0.56mol/l)woを越える頃になるとさらに急速な沈殿がおこる。0.09 ~ 1.16 (mol/l) の間で沈降は急速となる。1 (mol/l) 以上の濃度から沈降速度は最高に近くなる。それ以上の濃度では沈降速度はほぼ一定に近づく (図4)。沈殿の速度の指標は初期SSに対するSS値の比率R (%) で示されている。Rは図6で示されるように、例えばRが1/2であるときには、初期SS濃度の1/2すなわち50%の値になるときの塩分濃度Mに対する時間T(min)を示している。

この沈降には時間を要するので、なるべく迅速な沈降が望ましい。沈降が速くなる0.05mol/l ~ 1.16mol/l の範囲で濃度選択が考えられる。それぞれのSS浄化に必要とする沈降時間とその時の塩分濃度の適切な選択には次のような3つの立場がある。

ケース①：0.0475 (mol/l) の希薄な塩分濃度（海水の約1/12）で十分な静置時間（5時間の経過）でSSの100 (mg/l) 以下の最終の状態になることが確かめられた。同濃度で初期濃度の1/2程度にSSを落とすのならば10分程度の静置によって浄化可能である。ケース② 1.16 (mol/l) 濃度以上の高濃度でSS成分は急速に凝集する。この場合、10分以内の静置時間で初期SS値の1/5、20分以内で1/20の濃度を得ることが出来る（図6）。

浸透性沈砂池による濾過と塩分添加によって20分静置で初期の1/20程度に低減させることが出来れば実験圃場のSS濃度に関する限りこの浄化システムを通した排水はそのままの河川への放流が出来る状態になる。ここで問題は低濃度0.0475 (mol/l) で長時間処理するか高濃度1.16 (mol/l) で短時間処理かのいずれがよいかである。それぞれ濃度のいずれも長所と短所がある。①では放流SSの基準値の100 ppmにするには河川水との混合によって行う必要があること。②では塩分濃度が海水の約2倍になる。これをどの程度まで河川水との希釈によって低下させるかである。

5. 論議

(1) 環境基準

水質環境の一つの基準（農水省公害研究会 1970）によれば農業用水稲作灌漑水質のSS濃度は100 (mg/l) 以下とされている。したがって農業用水の河川へ排出・還元する場合、SSに関する限りこの基準以下であれば河川水再利用農業用水の水質として問題はない。

通常の農業排水の場合にはこのような複合型のSS除去対策が期待できる。SS除去対策はSSの除去のみならず、火山灰土では土壌粒子に吸着された窒素、リン成分は水溶液によって輸送されるものと比べて、同等な比率を占めている。例えば関東ロームの事例では土粒子吸着リンは水溶液中に含まれたリン成分以上の濃度であり、窒素についても水溶液濃度と同じ濃度のものがSSに吸着輸送されていることが明らかになった。このことは農地からの排水においてSS除去が環境負荷軽減に大きな意味を有することを示している。

SS濃度が常に100 (mg/l) 以下に保とうとすれば、塩分濃度を1.16 (mol/l) とすれば30分以内で1/20の濃度の浄化機能を持たせることが出来る。しかしその塩分濃度は灌漑水として問題がある。

灌漑水の基準にとれば表6に示されるような基準が考えられる。塩分濃度の基準をクリアしなくてはならない。表5のmol濃度と電気伝導度Ecとの関係から用水水質基準のEc0.75 (dS/m) のモル濃度への換算値は0.008 (mol/l) となる。

表6 FAO 環境基準が示す農業用水の水質ガイドライン (FAO,Irrigation and drainage paper No.29(1976)) *SSについては日本での目安

	問題なし	やや問題あり	問題あり
SS (mg/l) ≤ 100			
ECw (dS/m) <0.75	0.75 ~ 3.0	> 3.0	
NO ₃ -N or NH ₄ -N (mg/l) <5	5 ~ 30	>30	
HCO ₃ (mg/l) <1.5	1.5 ~ 8.5	> 8.5	
pH 6.5 ~ 8.4			

Water quality for agricultur by R.S. AYER & D.W.Westcot,
FAO,1976

(2) 暗渠設置密度はどの程度が必要か

表1から、A2-1とA2-2の暗渠通過後のSS濃度が同じならば、排水量の大きいものが望ましい。この暗渠の排水能力は流入水を完全に処理できるものとすれば、この圃場実験ではA2-2の事例に対して暗渠設置密度は、3ないし4倍とすればよい。密度計算は次のように行った。

表7 暗渠設置密度

(表3から)沈殿槽に入るSS総量Q	暗渠通過 SS 総量 S	流入流量の処理に必要な密度倍数 Q/S
A1 沈殿槽 311.07kg	22.9kg	13.58
A-2-1 沈殿槽 254.84 ÷ 2	8.9	14.31
A2-2 沈殿槽 254.84 ÷ 2	42.7	2.98

水質基準に合う濃度で放流することが必要である。未処理流入水のSSが700~800 mg/lあってもこの懸濁液を沈殿槽にため込み徐々に暗渠排水に流すならば、SS値も低下して、暗渠流入前には300ないし400 mg/lに低減する。暗渠通過後のSSは150~200 mg/lとなる。さらに低濃度塩分 0.047mol/lによる10分間の処理でSSを100 mg/l程度に低下させることが出来る。このような浄化システムによって暗渠埋設密度も低下させることが出来るので経済的なSS浄化が可能となる。

高濃度塩分の1.164 mol/lでは約5分間の処理で同じSS濃度にする事が出来る。

(3) 実際の適用に当たっての留意事項

農業用水の河川へ排出・還元する場合、SS についてはこの基準以下であれば河川水再利用農業用水として問題はない。NaCl 濃度については $0.0475\text{mol/l} \sim 0.05\text{mg/l}$ ならば海水の約 $1/10$ (約 3300ppm) である。この塩分濃度は農業用水の水質基準 $\leq 0.75\text{ds/m} \rightarrow 0.008$ (mol/l) をクリアするには、約 5.87 倍以上の希釈が必要である。高濃度の 1.16mol/l (67860ppm) の溶液にする塩分添加では SS 濃度についてはよいが、希釈には約 145 倍の水が必要となる。

雨水は総降雨量の 50% 程度の排水であるとされている。実験では融雪時には 2.5ha あたり1日あたりでの平均排水流量は 3.0 (l/s)、その最大流量は 10 (l/s) であった。しかしその時の河川の流量は 500 (l/s) 以上で、排水量と河川流量にはこの場合 50 倍の水量がある。河川水の SS は $10 \sim 20\text{mg/l}$ 程度である。したがって、この流水制御工による SS の低下は低濃度で行う場合は実用性があると判断される。このような塩分添加と沈砂槽→暗渠との組み合わせることによって安価で効率よい SS 値の改善が可能となる。

(4) 目詰まり問題

持続的な浄化機能を維持するには、沈殿物による透水性が低下しない構造のものが必要である。暗渠目詰まりの対応が必要である。このための試験としては目詰まりの少ない構造は通水孔の径が通水方向に拡大しているのが良いことが実験から分かった。

6. まとめ

- (a) 暗渠沈砂池濾過方法の有効性：土層かぶり 45cm の暗渠を一定時間内 (33 時間) に暗渠の流出・流入の SS 総量 (kg) および排水総量を実測した結果、暗渠流出水 SS は沈殿槽および暗渠のフィルタ効果によって初期 SS 値が $1/4$ になることが分かった。
- (b) 食塩添加による SS 除去：流出水に濃度を变化させた塩水 NaCl 溶液に上記の懸濁液に加えて SS 成分の経時変化を測定した結果、 0.0475mol 濃度以上から SS 成分が多く凝集する事が分かった。 0.047 (mol/l) の場合 10 分静置による凝集沈降によって初期 SS 値の $1/2$ 以下になった。 1.16 (mol/l) の場合、 10 分静置で $1/10$ になった。

したがっていずれも浸透性沈砂池による濾過と塩分添加による SS 低下による浄化システムの静置凝集時間と塩分濃度を調節すれば SS 処理濃度を容易に未処理 SS 濃度の $1/8 \sim 1/40$ に低減させることが可能である。

7. 今後の問題

適切な塩分添加をどのようにして行うか
塩分添加には 基本的の2つの方法がある。1つは沈殿水槽形式のものである。2つ目に

は暗渠式の懸濁液浄化手法と塩分混合過程を一度に行う方法として、暗渠土層中に塩分層を埋設して行う方法が考えられる。この方法における問題は、SS粒子を沈殿させるためにNaCl濃度が0.1 mol/lから0.05 mol/lの範囲に保てること、および凝集反応時間が一定に保てること出来るかにかかっている。

1. 沈殿水槽形式
2. 暗渠式の塩分混合方法
3. 凝集したSS物質による目詰まりの問題

以上の問題を今後の研究課題としたい。

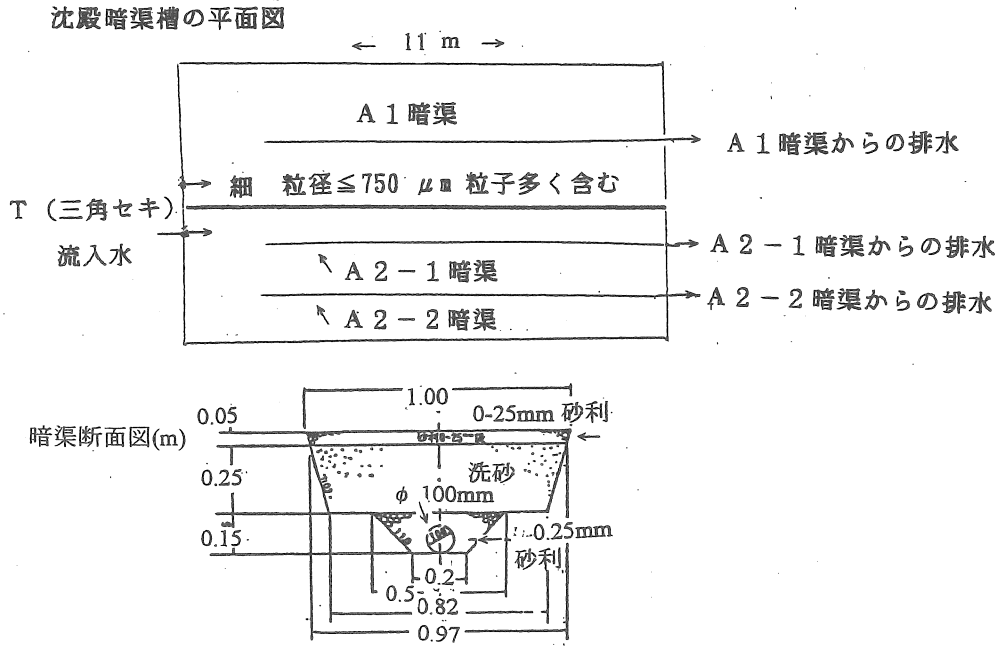


図 1 暗渠

流水のSS濃度	(mg/l)	A1 2200	(最大値) A1 2200		
	2000				
	1500	A2	A2 1500	A1 1400	
	1000	A1	A1 734(平均)	A2 730	A1 700
500			A1 487(平均)	A2 350	
					A1 244(平均)
	三角セキ ↑	暗渠通過前 沈殿槽	暗渠通過後	NaCl 0.05mol濃度 溶液内 10分経過	

図 2 各処理工程におけるSS濃度の変化

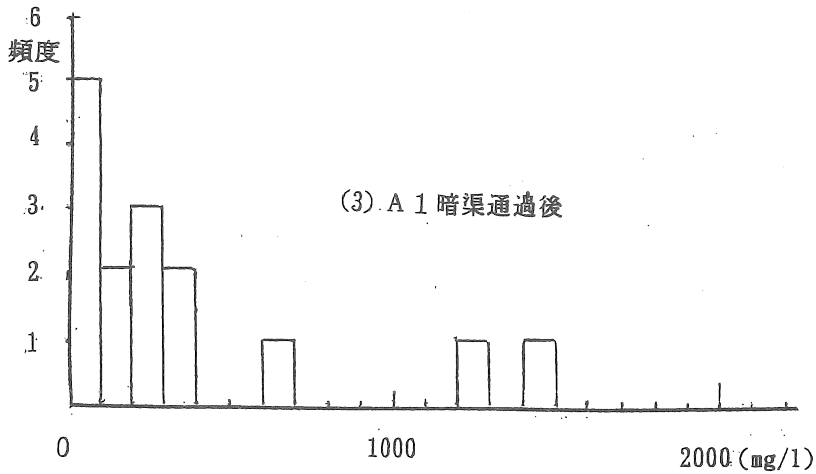
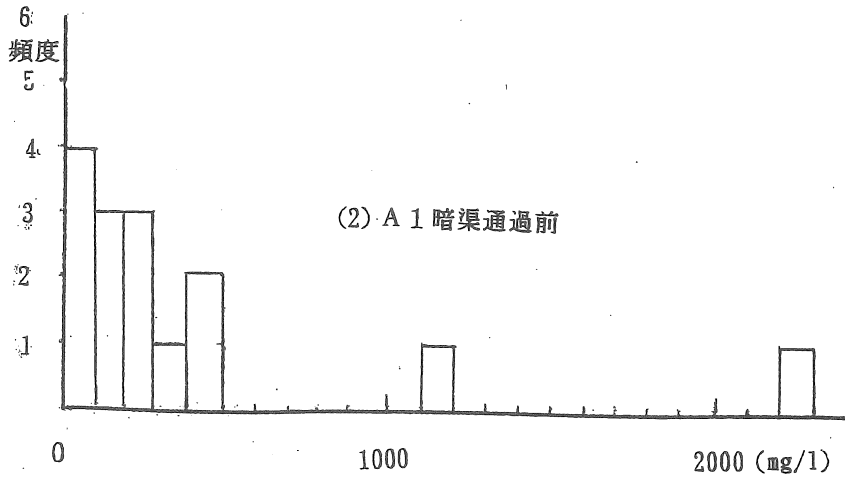
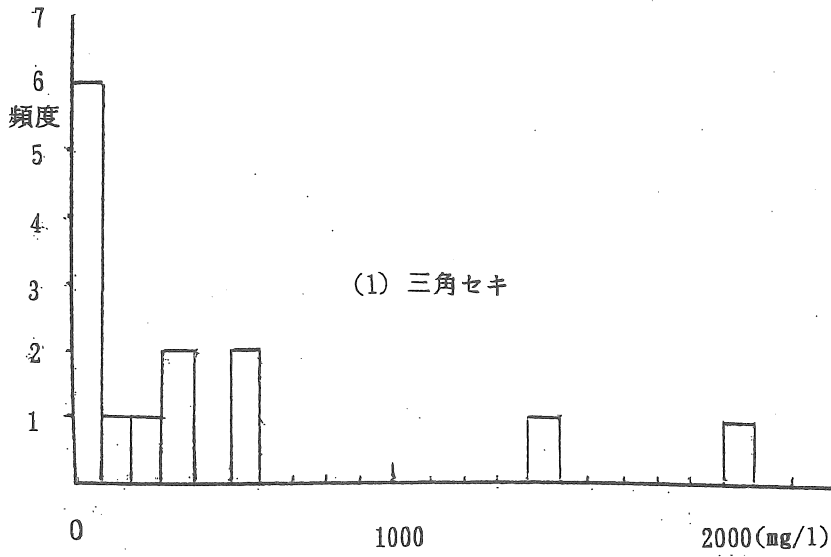


図 3-1 暗渠通過前後のSS濃度の変化

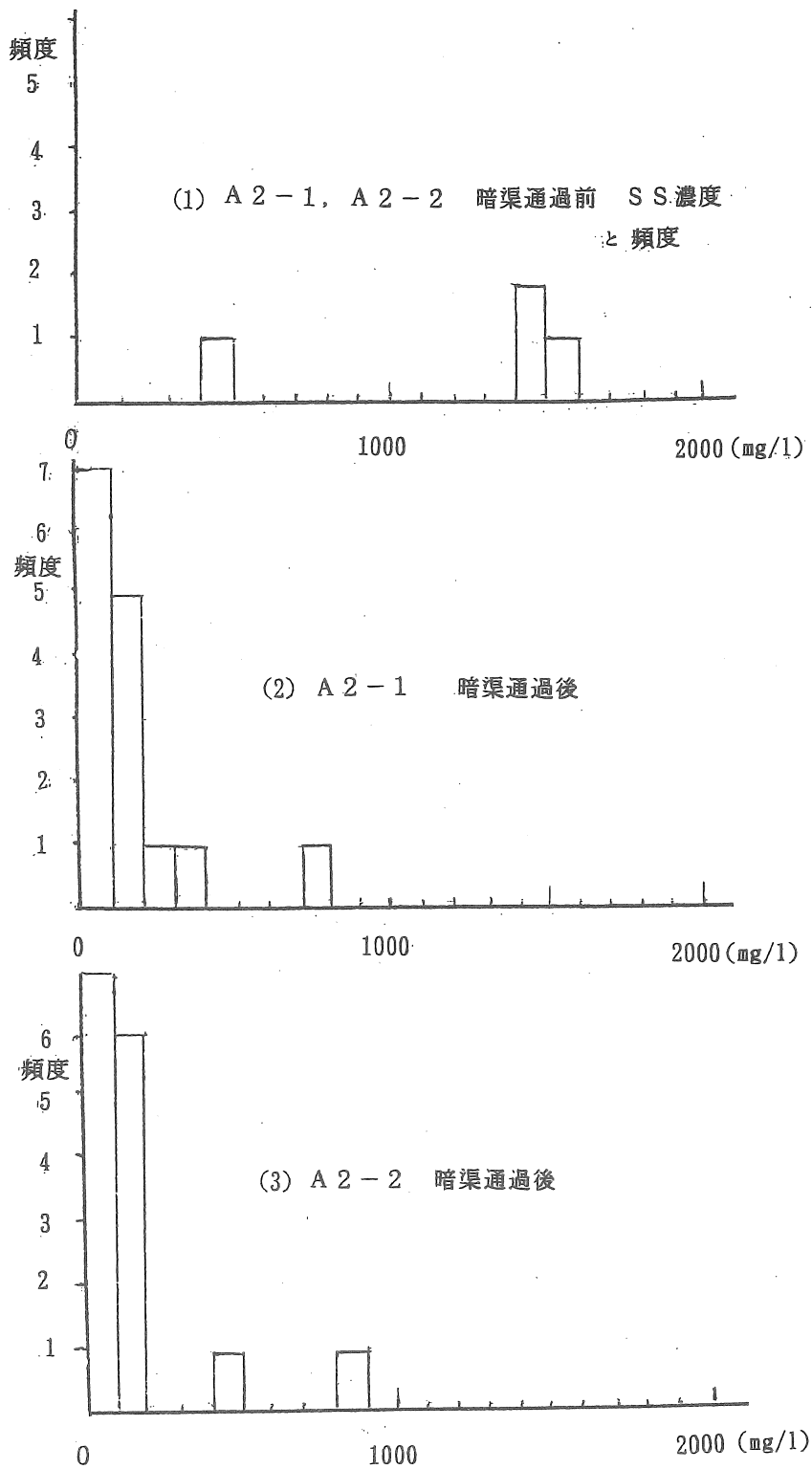
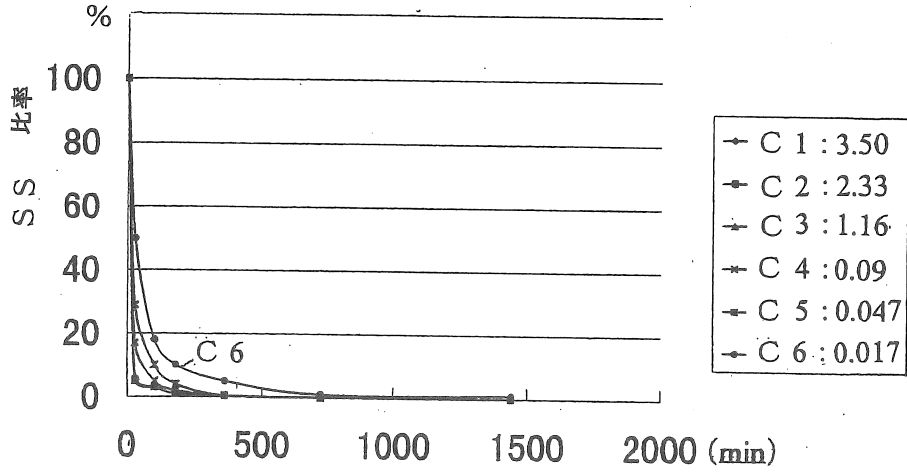
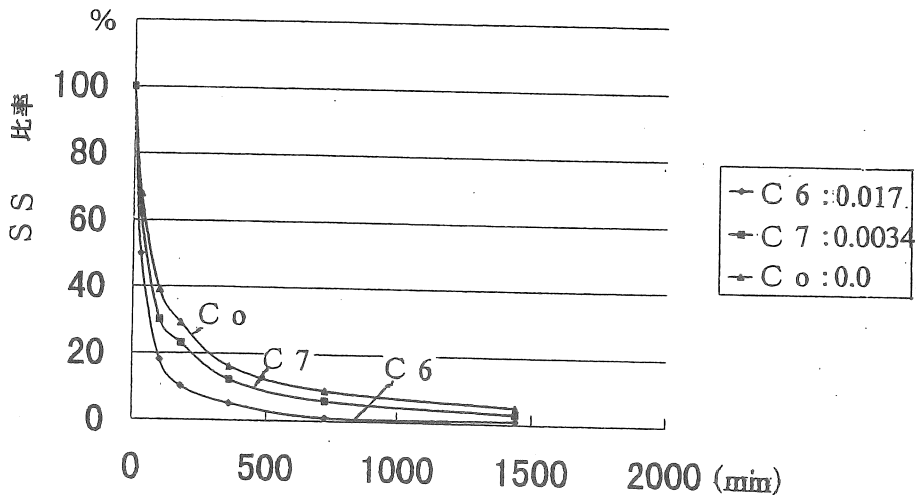


図 3-2 暗渠通過前後の S S 濃度の変化



(a) 各塩分濃度 (NaCl mol/l) における懸濁液の時間経過 (min) に対するSS比(初期を100)



(b) 各塩分濃度 (NaCl mol/l) における懸濁液の時間経過 (min) に対するSS比(初期を100)

図 4

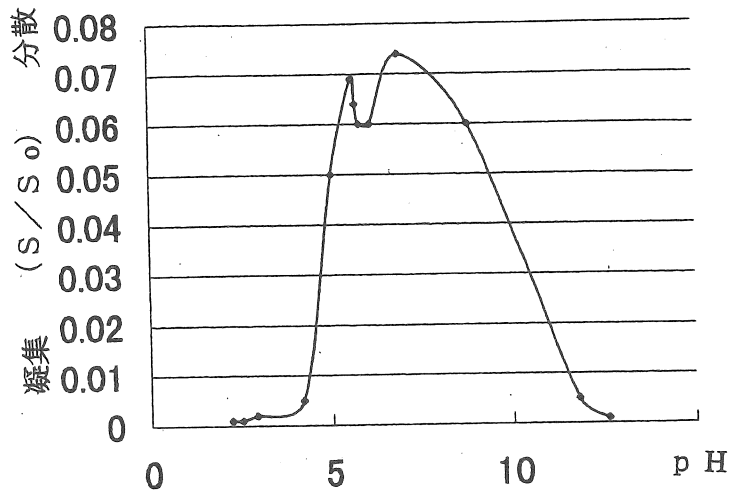


図 5 pH に対する分散 (S/S₀) 変化

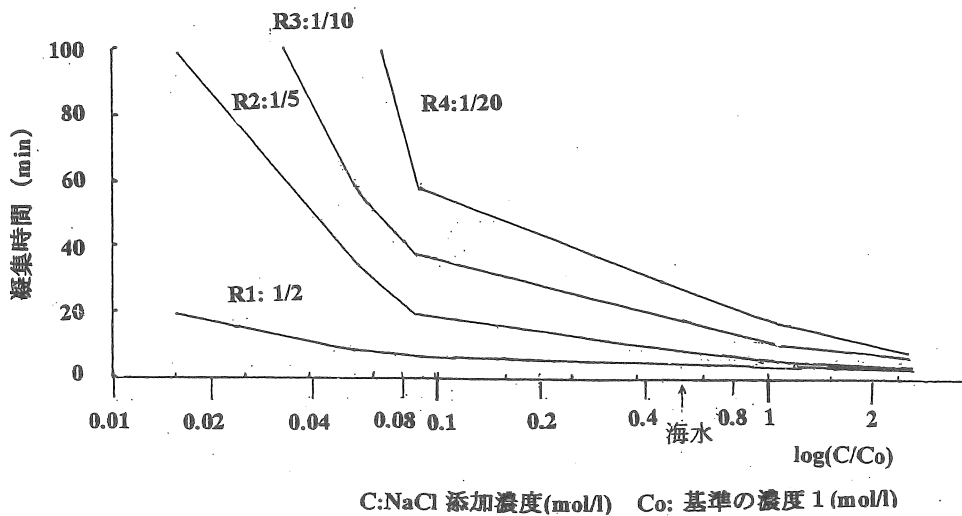


図 6 SS 低減濃度比率 R に対する NaCl 添加濃度 (mol/l) と凝集時間 (min) の関係

**Suspended Substance (SS) Elimination System Using Salt Addition to Soil Erosion
Particles Transferred from Upland Field**

Kengo WATANABE , Seisyu TOJO

(Tokyo University of Agriculture & Technology)

Makoto ANASE, Rokuro YASUTOMI, Machito MIHARA

(Tokyo University OF Agriculture)

Manabu SENO (Nihon University)

Summary

Soil erosion particles from upland fields are making serious problems of environmental degradation. The developing countries are producing many upland fields by deforestation which causes to debase the quality of river water. Water turbidity comes from the soil erosion which carries various kinds of chemical compounds and ions. In Japan also many erosion hazards occur by heavy storms and upland reclamation because volcanic ash soil of which fine particles convey many adsorbed chemical substances. The water quality degradation of rivers and lakes by soil erosion is affecting fishery downstream. Effective countermeasures are wanted on the condition of low cost, long life and less maintenance labor.

(a) Field experiment of underground drainage system :The drain pipes are set 45cm under the ground covered by sandy loam soil. The measurement of the SS value difference between states before and after the drainage during a period (33hours) was done to calculate the effects using the total amount of SS difference against total volume of water through the underground drain pipe. From this field experiment, we can see that the elimination effect of SS values is 1/4 in ratio (input / output) including sedimentation effect of settling basin before underground drainage pipes.

(b) The chemical effects of salt (NaCl) addition: The maximum effect of elimination is obtained when NaCl makes 0.05 in mol- concentration against water. The settling time needs 20min. to get the effect of at least 1/2 in ratio (initial SS/final SS).

We can expect that the total effects of the under drainage pipe and the salt addition altogether make at least 1/8 in the ratio between initial and final value of SS.

A Japanese standard of water quality for irrigation should not be exceed 100ppm in SS value irrigation. Therefore no problem will happen if a river has its capacity to dilute the drain water less than 100ppm. in SS value. The concentration of Sodium Chloride should be diluted to less than 1/6 on account of the water quality for irrigation.