

報 文

代掻き濁水の凝集沈降剤の検索と施用法の検討
— 代掻き濁水のカルシウム塩添加による凝集沈降浄化法(2) —

赤 江 剛 夫*

**Selection of the Most Suitable Flocculation Aid of Puddled Water
and Test of Applying Method
— Clarification Method of Puddled Suspension
by Calcium Salt Addition (2) —**

Takeo AKAE*

*Division of Agriculture, Shiga Prefectural Junior College

Summary

In order to clarify the puddled water by sedimentation, flocculation aids were tested by the flocculation test in a laboratory. Eight flocculation aids were selected to test among the soil amendment inputs and the fertilizers which contain relatively high percentage of calcium. They are considered to be used safely, because they are not special but are frequently used in usual farming.

Among the eight flocculation aids tested, gypsum showed the most remarkable effect. The addition of 25kg/10a gypsum to the puddled water caused a rapid flocculation and clarified the water in a short time.

The way of addition was also examined. A simple mixing method, spreading the gypsum on the puddled water and stirring them slowly for a short time, resulted a successful flocculation.

Key words : paddy field, puddled water, flocculation, calcium, electrolyte concentration, gypsum

(Soil Phys. Cond. Plant Growth, Jpn., 64, 45-52, 1992)

I. はじめに

前報¹⁾では、濁水が発生して問題になっている滋賀県湖東町中一色土壌の代掻き濁水に、アルカリ塩を添加して凝集沈降させるための平衡外液の条件を理論的計算で推定し、塩化カルシウムおよび塩化ナトリウムを用いた実験で凝集条件を明らかにした。その結果、pHを5以下に下げると、あるいは平衡外液中のカルシウムイオン濃度を0.001mol/dm³以上にすれば、凝集沈降することが分かった。しかし、pHを5以下に低下させるのは作物の生育に酸性の害が生じることが懸念されるばかりでなく、農業用水の環境基準であるpH6~8.5の範囲²⁾からはずれている。したがって、実用的には平衡外液中のカルシウムイオン濃度を0.001mol/dm³以上にして凝集沈降させるのが適当であると考えられる。

代掻き濁水中のカルシウム濃度を高めるには、あらかじめ土壌自体の含むカルシウム量を増大させておき、土壌からの溶出を期待する土壌改良の考え方と、代掻き濁水に凝集剤を添加して応急的に凝集沈降させる考え方の2つがありえる。代掻きの対象となる土壌全体の改良を行えば、その効果は長期的に持続するものと期待できるが、一方で、投与するべきカルシウム量が膨大になり、その影響として現れるであろうさまざまな副次的な作用についても長期的な検討が必要になる。こうしたことから、本報告では、投下量が少なくすみ、副次的作用の心配の少ない後者の考え方で、実用的な施用法を検討することにした。

よく使用される合成凝集剤は、凝集効果は高いものの有毒性が指摘されたものもある³⁾。そこで、まず農業上普通に使用されていて安全性の高い、カルシウムを多く含む土壌改良資材と肥料のうちから、本土壌にとって最適な凝集剤を室内実験で検索することにした。また、これを現地に適用する際には凝集剤と代掻き水を十分に混合

*滋賀県立短期大学農業部 〒525 草津市西波川2丁目8-4

キーワード：水田、代掻き水、凝集、カルシウム、塩濃度、石膏

する必要があるが、もっとも簡単な施用法である散布攪はんで期待される効果があげられるかどうかを検討した。

II. 方 法

1. 代掻き濁水の実態調査

例年濁水発生が顕著な滋賀県湖東町中一色地先の水田で、1991年4月末に代掻き濁水発生状況の実態調査を行った。調査項目は、代掻き後の経過時間と懸濁物質濃度、pH、陽イオン濃度である。

代掻き直後、代掻き終了後1日、3日、7日経過した4筆の水田の長辺方向等間隔に3ヵ所から柄杓で表面水をできるだけ乱さないように約1dm³ずつ採取し、実験室へ持ち帰って上記の項目について測定した。懸濁物質濃度は、採水した代掻き水をよく振とうとして一定量をひょう量びんに取り、炉乾後重量を測定して算定した。pHはガラス電極法で、陽イオン濃度は原子吸光法で測定した。

対照のため、滋賀短大農場の3筆の水田で、代掻き直後から1～数時間間隔で2日間、代掻き水を同様の方法

で採水した。採水した代掻き水について中一色水田と同じ方法で同様の項目の測定を行った。

表1に供試土壌の基礎的性質を示す。

2. カルシウム凝集剤の検索

検索を行ったカルシウム系土壌改良資材、カルシウムを比較的多く含む肥料の種類は計8種類、表2の通りである。このうち肥料および消石灰は農業用の市販品を用いたが、石膏および炭酸カルシウムは実験用試薬を用いている。これらの一般産業用製品は、その純度が実験用試薬よりもいくぶん劣るが、効果は実験用試薬とほとんど変わらないものと考えられる。

1dm³の振とう容器に、中一色表土の風乾土75gと700mlの蒸留水を加えてよく混合し、振とう機で1時間振とうし、十分な代掻き状態を再現した。振とう終了後、蒸留水を加えて1000mlとした。再度手で振とうした後、底面積100cm²高さ25cmの透明プラスチック製円筒容器に移した。懸濁液の上にそれぞれの凝集剤を0.1g/dm³、0.25g/dm³、0.5g/dm³、1.0g/dm³散布し、ガラス棒で約10秒間静かに掻き混ぜ静置した。代掻き時の水深を10cmとすると、これらの添加量はそれぞれ10kg/10a、25kg/10a、50kg/10a、100kg/10aの散布量に相当する。実際の代掻き時水深は10cmよりも浅い場合が多いので、実際には試験でえられた必要添加量よりやや少なくてよいであろう。

静置後1、3、6、24、48時間後に、ビニールパイプを装着した注射器で懸濁液の水面下5cmの位置から懸濁液を10ml採取した。このとき実験条件でこれらの時間に5cmの位置から採取される粒径をストークス則を適用して計算すると、それぞれ、4.0、2.3、1.65、0.82、0.58μmに相当する。採取した懸濁液を炉乾してひょう量し懸濁物質濃度を求めた。この際、土壌水中に溶解し炉乾で折出する凝集剤の量を、実測した溶解濃度を用いて差し引き、懸濁物質の濃度とした。各時間ごとに沈降状態を観察し、写真記録した。ガラス電極で懸濁液のpHを測

表-1 供試土の基礎的性質

a. 物理性		粒径組成(%)						主要	
		レキ	粗砂	細砂	シルト	粘土	土性	粘土鉄物*	
中一色	JIS	1.0	10.0	29.7	39.0	20.3	CL	MH	
	超音波処理	1.0	10.0	19.9	33.2	35.9	LiC		
短大	JIS	2.0	17.2	32.8	30.4	17.6	CL	K	

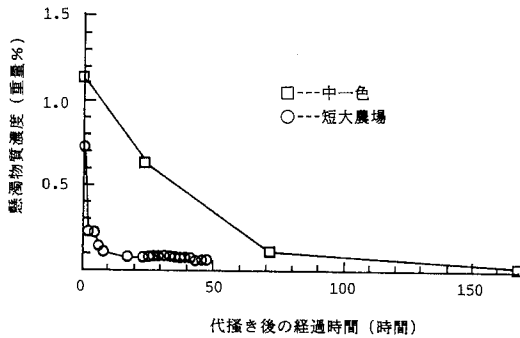
MH:メタハロサイト, K:カオリナイト

b. 化学性		交換性陽イオン(me/100g)				CEC (me/100g)	pH (H ₂ O)
		Ca	Mg	K	Na		
中一色		6.1	0.7	0.25	—	11.0	6.2
短大		5.7	1.0	0.67	0.1	12.2	6.6

表-2 試験した土壌改良資材および肥料

凝集剤名	形態	主要化学組成	含有アルカリ分(%)	水稲作への通常施用量(kg/10a)
石膏	粉状	CaSO ₄ · 2H ₂ O	40	20~60(中期施用)*
(苦土)消石灰	粉状	Ca(OH) ₂ , Mg(OH) ₂ (5%)	60	20~60(")*
炭酸カルシウム	粉状	CaCO ₃	56	20~60(")*
石灰窒素	粉状	CaCN ₂ , CaO	55	10~100
過リン酸石灰	粒状	Ca(H ₂ PO ₄) ₂ , CaSO ₄	30	—
熔リン	粒状	α-Ca ₃ (PO ₄) ₂	45	40~80
アヅミン苦土石灰	粒状	Ca(OH) ₂ , Mg(OH) ₂	50	100~160
砂状ケイカル	砂状	CaO, Al ₂ O ₃ , SiO ₂	47	200~300

*:文献7)より引用



図一 代掻き水中の懸濁物質濃度の経時変化

Fig. 1 Change of suspended substance concentration in puddled water.

定した。懸濁液の電気伝導度も測定した。実験は $20 \pm 1^\circ\text{C}$ の恒温室で行ったので、実験中懸濁液の温度はほぼ 20°C に保たれている。

48時間後の測定の後、上澄み液または懸濁液の少量(1~10ml)を採取し、原子吸光法で平衡外液中のCaイオン濃度を測定した。

著しい凝集効果が認められた石膏については、限界凝集濃度となった添加量間をさらに細分した添加量について同様の試験を行い、限界凝集添加量を詳しく検索した。

また、石膏については、添加剤の混合を完全に行った場合と単純な散布・攪はん混合法との凝集沈降への効果を比較するため、次のような試験を行った。すなわち、以上に述べた簡単な散布・攪はん混合法だけでなく、 0.1 g/dm^3 から 1.0 g/dm^3 の所定量の石膏をあらかじめ溶解させた石膏溶液中に75gの風乾土を混合し、これを振とう機で1時間振とうした完全混合法についても同じ凝集試験を行い、凝集沈降への効果を比較した。

Ⅲ. 実験結果と考察

1. 現地水田の代掻き水の懸濁物質濃度と化学的条件

図一は、代掻き後の経過時間と採水した代掻き水の懸濁物質濃度の関係を示す。プロットは採水した3地点の平均値である。ただし、短大農場土は1筆の圃場についての測定であるが、中一色についてはそれぞれの代掻き後時間を経た4枚の圃場の調査結果である。

この図から、中一色土壌が長期間にわたって懸濁し、沈降しにくい土壌であることがよく分かる。肉眼で観察してかなり濁りがなくなったと認められるのは、懸濁物質濃度がおよそ 0.1% (= 1000 ppm) 以下になった時点である。短大農場土の3筆の水田がいずれも数時間以内にこの懸濁物質濃度 0.1% に達するのにに対し、中一色水田

表一 3 代掻き水中の交換性陽イオン濃度 ($\times 10^{-4}\text{ mol/dm}^3$)

	Na	K	Ca	Mg
中一色	2.5	1.4	3.0	2.5
短大農場	4.7	1.5	5.7	2.3

では1週間経過した水田でやっとこの程度の濁り方になったという状況である。この圃場以外の圃場から採水した代掻き水が1ヶ月以上経っても安定な分散状態を示した。これに対し1週間経過圃場で小さい値を示したのは、外部から流入した降雨や浸透水、用水による希釈の影響によるところが大きいと思われる。河川的环境基準は農業用水利用の浮遊物質(SS)として100 ppm以下であることを求めている⁹⁾。中一色水田はこの基準をはるかに超えており、また極めて安定であることから、何等かの手段を構じて排水可能な濃度にする必要性が明らかである。

中一色代掻き水のpHは、 $5.9\sim 7.1$ の間にあり、時間的に特定の変化傾向は認められなかった。短大農場のpHは 6.05 から 7.9 の値を示した。

中一色水田代掻き水のCa濃度は、 0.00028 mol/dm^3 から時間の経過とともに1週間後の 0.0009 mol/dm^3 まで増加しているようであるが、データが限られているので確かな結論を得るにはさらに調査が必要である。短大農場土は 0.0002 mol/dm^3 から 0.0012 mol/dm^3 程度で、2筆については増加したが、1筆は低下しており、変化の傾向は一定しない。

その他の懸濁水中陽イオンについても測定をおこなってみたが、いずれも 10^{-4} mol/dm^3 のオーダーの低濃度である(表一3)。これ以外に存在する可能性がある陽イオンは元肥として施肥されたアンモニウムイオンである。当地区では普通 4.2 kg/10a の窒素を施用しているが、この量がただちに 100 mm の代掻き用水中にすべて溶出したとすると、 42 ppm すなわち 0.003 mol/dm^3 となる。土壌への吸着などのために土壌溶液中に溶解するのはこの一部である。実際に代掻き後の田面水水質を測定した例では最大 21 ppm (0.0014 mol/dm^3)のアンモニア態窒素が報告されている⁹⁾。凝集理論によると、限界凝集濃度は価数の6乗に反比例する¹⁰⁾ので、この濃度の1価のアンモニウムイオンが 0.001 mol/dm^3 の2価のカルシウムと比べ凝集に大きな影響を与えることはない。したがって、添加するカルシウムイオンが凝集において支配的な影響を与えるものと考えられる。

図一2は、代掻き水中のCa濃度とpHをプロットした

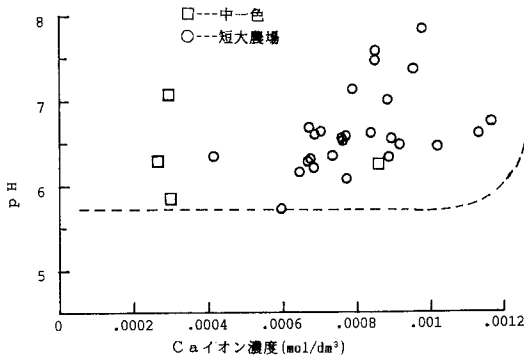


図-2 代掻き水中の Ca イオン濃度と pH
Fig. 2 Calcium concentration and pH of puddled water.

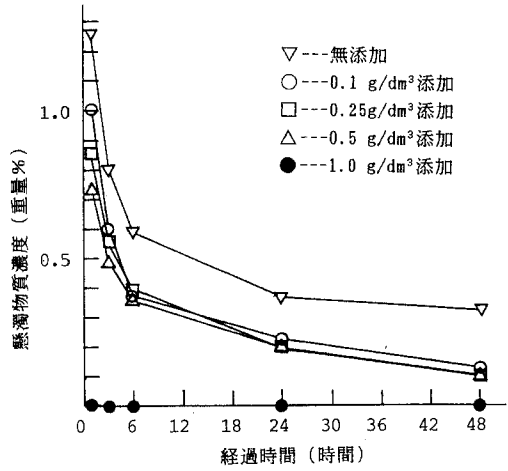


図-3(b) 消石灰

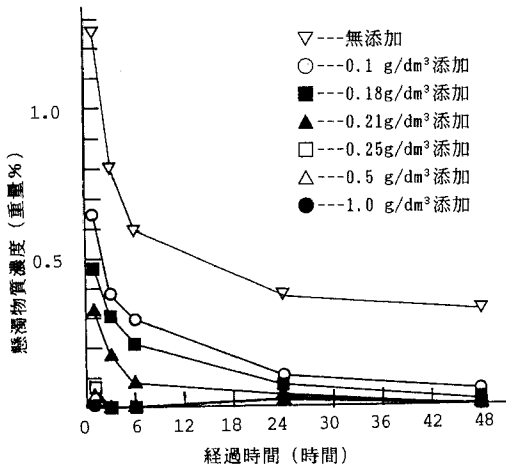


図-3(a) 石膏

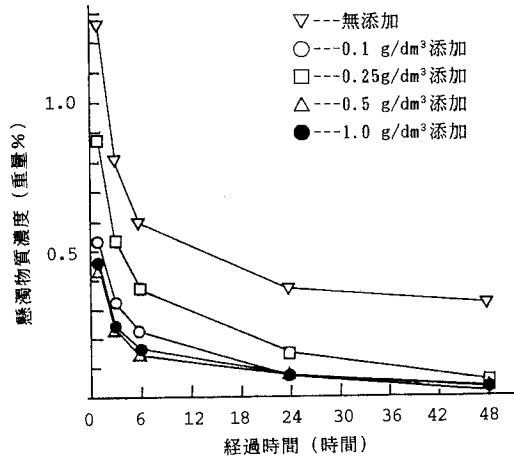


図-3(c) 炭酸カルシュウム

ものである。すべての点が前報で調べた分散領域に属しており、凝集沈降は生じない条件にある。中一色水田1週間経過は、現地でかなり濁度が小さくなっているのが観察された。この点は同定された限界凝集境界に他の点よりも近い位置にある。短大農場土は分散沈降するものの微細な粘土分が少ないため懸濁物質濃度は0.1%よりも小さく、濁りも比較的目立たないのであろう。

2. 凝集剤の検索試験の結果と考察

(1) 凝集剤添加量と懸濁物質濃度

図-3に各種の凝集剤を添加した時の時間と懸濁物質濃度の関係を示している。

石膏を添加した時の懸濁物質濃度と静置時間の関係では(図-3a)、時間とともに懸濁物質濃度は低下するのであるが、ある添加量以上でこの効果は著しい。石膏の場合、0.1g/dm³添加では3時間後0.38%、0.21g/dm³添

加では0.17%の懸濁物質濃度であるのに対し、0.25g/dm³では3時間後ほぼ0%となっている。これ以上の添加量では1時間後ですでに0.05%以下となっている。無添加の場合48時間を経過しても0.35%の懸濁物質濃度があるのに比べ、著しい効果があると言える。

ついで凝集の効果が見られたのは消石灰であった(図3-b)。0.5g/dm³以下の添加量では3時間後0.48~0.6%、6時間後0.35~0.4%であり、効果は少ない。滋賀県農業試験場がCa(OH)₂を大中土壌と秦荘町土壌に25mg/500ml(=0.05g/dm³)添加して分散率を測定したところ、十分な凝集効果を発揮しなかったと報告されている⁹⁾。この程度の添加量では凝集効果が期待できないことは本報告の結果とも一致している。ところが、1.0g/dm³添加では1時間後にほぼ0%となって大きな凝集効果が認めら

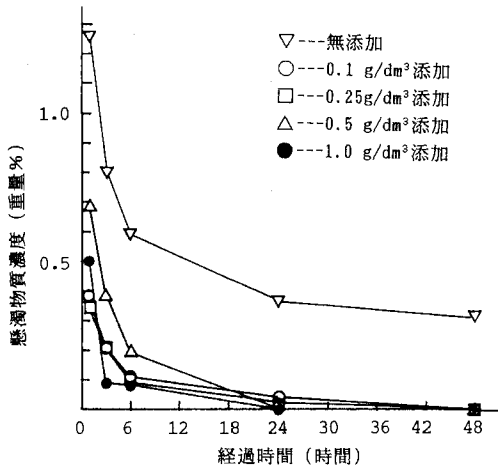


図-3(d) 石灰塗素

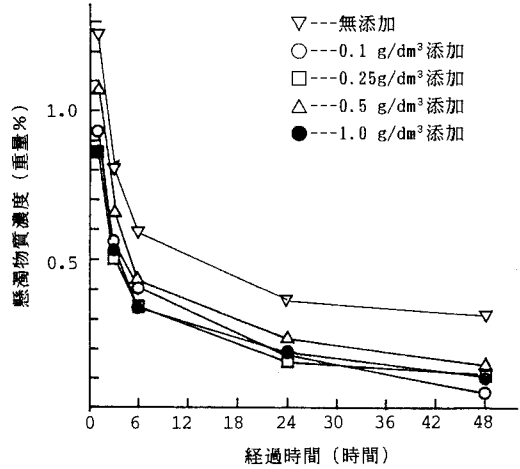


図-3(f) 熔リン

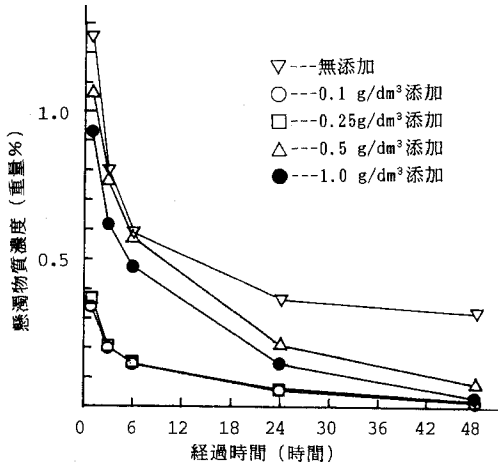


図-3(e) 過磷酸石灰

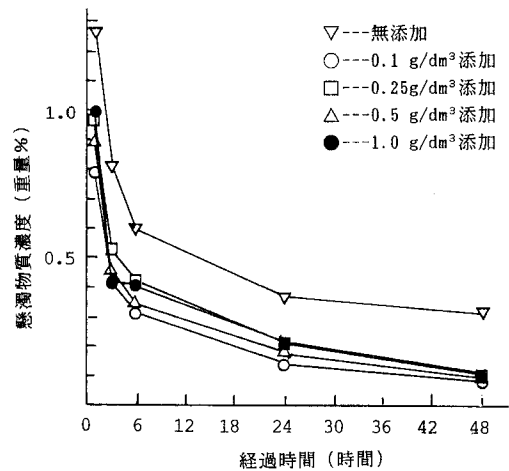


図-3(g) 苦土石灰

れた。しかし、石膏と比べると、同等の凝集効果を得るのに消石灰は石膏の4倍量の添加を要する。

炭酸カルシウムもいくらか凝集効果を示したが、ここで試験した添加量では短時間に0.1%以下にするような凝集効果はみとめられなかった(図3-c)。

肥料のうち水溶性である石灰塗素と過リン酸石灰は、やや特徴ある結果を示した。石灰塗素は、1.0 g/dm³の添加で3時間後に0.1%程度に、24時間後ではほぼ0%となった(図3-d)。これ以下の添加量でも6時間以内の短時間ではやや劣るものの、24時間以上経過すると1.0 g/dm³添加とほぼ同じ値を示した。無添加と比べると24時間、48時間の後にはかなり小さい懸濁物質濃度となり、長期的な凝集効果は存在する。石灰塗素は、その他の肥料と比べ比較的良好な凝集効果を示すと言える。

過リン酸石灰は添加量0.1 g/dm³や0.25 g/dm³よりも添加量の多い0.5 g/dm³の方が分散しやすいという特徴的な分散特性を示した(図3-e)。これは過リン酸石灰の水溶性のポリリン酸が分散剤として作用したためと考えられる⁹⁾。

図-3fに、熔リンの場合を示す。ここで調べた1.0 g/dm³程度の添加量ではほとんど効果が認められなかった。苦土石灰(図3-g)、ケイカル(図3-h)についても熔リンとほとんど同じ結果となり、添加量を増やしても凝集効果はほとんど認められなかった。

試験した凝集剤の凝集機能を、少量の添加量で短時間にしかも濁度の低下が著しいという基準のもとに総合的に評価すると、石膏 > 消石灰 > 石灰塗素 > 炭酸カルシウム > 過リン酸石灰 ≒ ヨウリン ≒ 苦土石灰 ≒ ケイカ

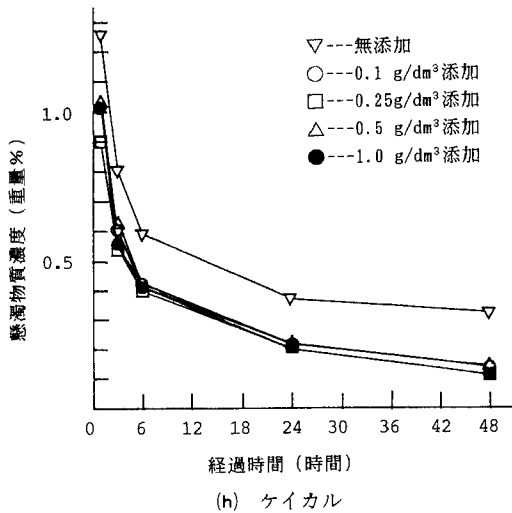


図-3 凝集剤混合、静置後の経過時間と懸濁物質濃度
Fig. 3 Change of suspended substance concentration after mixing flocculation aids settling.

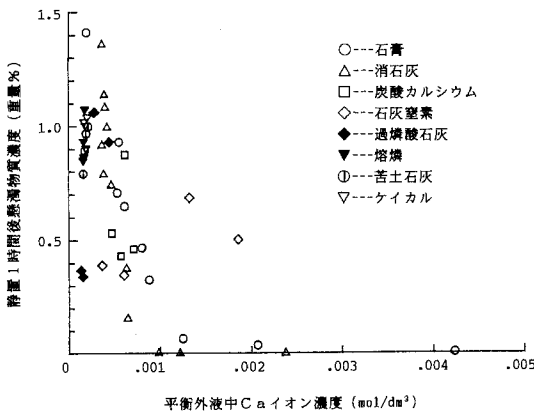


図-5 静置 1 時間後懸濁物質濃度と平衡外液中 Ca イオン濃度
Fig. 5 Suspended substance concentration after 1 hour settling and calcium ion concentration of outer solution.

ルとなる。実用的な効果が期待できるのは、石膏、消石灰であろう。

(2) 凝集効果と懸濁液中 Ca 濃度 (凝集効果の差の原因について)

凝集効果が顕著に現れる添加量は、凝集剤の間でかなりの差が認められた。図-4 は凝集効果を示した石膏と消石灰について、その添加量と 6 時間後の懸濁物質濃度の関係を示したものである。本土壌において凝集沈降が

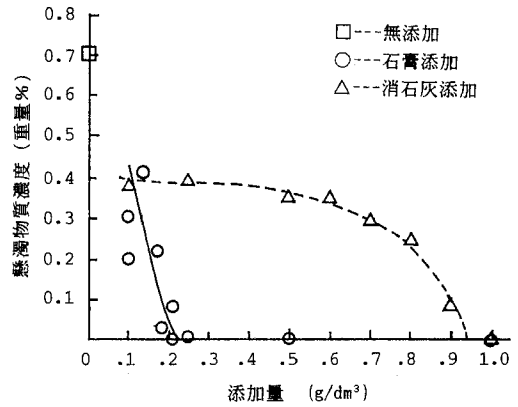


図-4 凝集剤添加量と 6 時間後の懸濁物質濃度
Fig. 4 Quantity of added flocculation aids and suspended substance concentration after 6 hours settling.

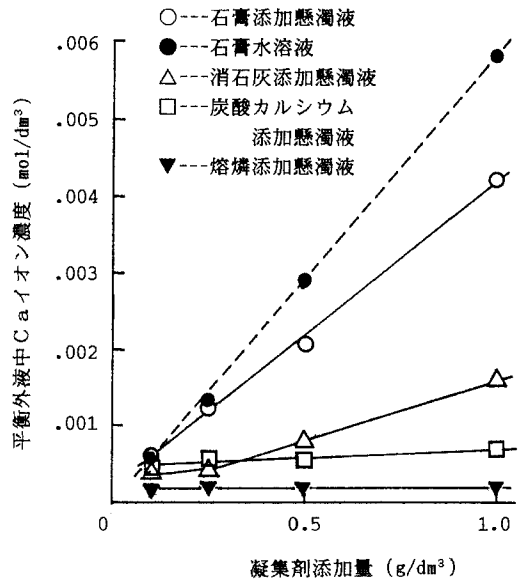


図-6 凝集剤添加量と懸濁液中 Ca イオン濃度
Fig. 6 Quantity of added flocculation aids and calcium concentration of suspension.

生じる添加量は、石膏では 0.25 g/dm³、消石灰では 1.0 g/dm³ 以上であり、4 倍の差があった。

図-5 は静置後 1 時間の懸濁物質濃度と各凝集剤添加量での Ca イオン濃度を示す。この結果によると、凝集剤の種類によって凝集効果が現れる添加量は異なるが、凝集効果が生じる時の平衡外液中 Ca イオン濃度は、互いに同じ値である。すなわち、石灰窒素を除くと、0.001

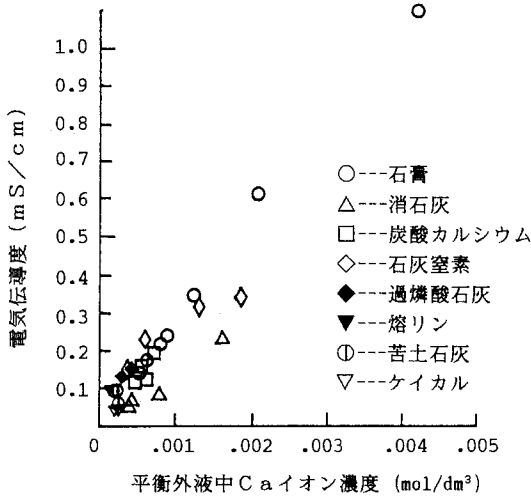


図-7 電気伝導度と平衡外液中 Ca イオン濃度
Fig. 7 Electric conductivity and calcium ion concentration in outer solution.

mol/dm³を上回るときに1時間以内の急速な凝集を生じていることが分かる。この Ca 濃度は、前報で同定した限界凝集濃度に一致している。

平衡外液濃度には、凝集剤の溶解度、陽イオン交換および有機物その他土壌中物質との Ca との反応などが関係する。

図-6は、添加量と懸濁液中の Ca イオン濃度の関係を示す。効果の認められた石膏と消石灰については添加量の増大とともに懸濁液中の Ca 濃度が増加した。添加量が増大し、平衡外液中 Ca イオン濃度が、0.001 mol/dm³を越える時に凝集が生じている。一方、効果の見られなかったその他の凝集剤については添加量にかかわらず懸濁液中 Ca イオン濃度はほとんど一定で、いずれも 10⁻⁴ mol/dm³のオーダーであった。

また図-7は懸濁液の電気伝導度 (EC) と凝集剤添加量の関係を示す。EC は、懸濁液中に存在する Ca 以外のイオンを含むあらゆる活性なイオンの総量の指標と考えることができる。この結果は図-6の結果とよく似ている。すなわち、凝集効果の現れたものについては、添加量の増大とともに EC が増加したのに対し、効果のなかったその他の凝集剤については0.04から0.2 mS/cmの範囲で、添加量にかかわらずほぼ一定の値を示した。これは、凝集剤の添加が懸濁液中総イオン量の変化をもたらさなかったことを意味している。

また、凝集効果の認められなかった各肥料では、水溶液の Ca 濃度も 10⁻⁴mol/dm³のオーダーであった。こうしたことから、これらの肥料は、そもそも溶解度が小さく、平衡外液の Ca 濃度が限界値まで上がらなかったため凝

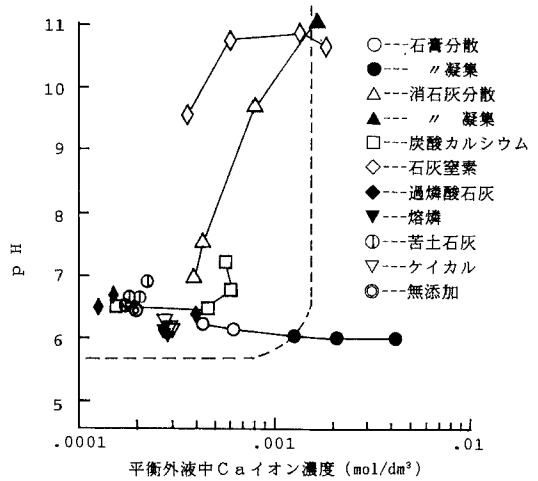


図-8 各凝集剤添加後懸濁液の Ca イオン濃度と平衡外液中 Ca イオン濃度と pH
Fig. 8 Calcium ion concentration and pH of the suspension after addition of flocculation aids.

集が生じなかったと考えられる。

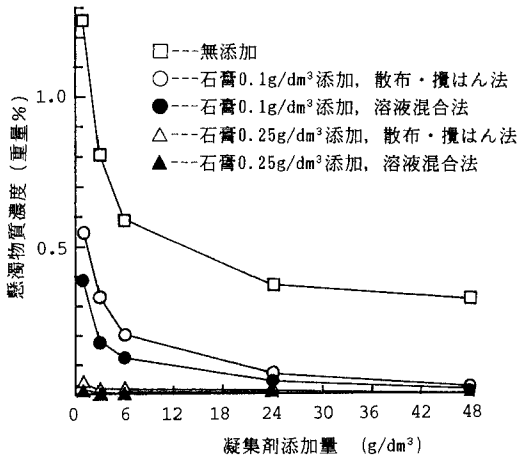
図6の破線は石膏水溶液中の実測 Ca 濃度を表しているが、100%溶解した理論濃度に一致した。これと懸濁液中 Ca 濃度の差が陽イオン交換、土壌中物質との反応等で捕捉された分に当たる。消石灰の場合は石膏よりもこの差が大きく、土壌との反応による捕捉量(不活性化 Ca 量)が多い。

拡散2重層理論によると外液中に存在するイオンは吸着相に存在するイオンと交換平衡している。吸着相にどれだけイオンが存在するかは、外液中でのイオンの水和状態と吸着相での水和状態とのエネルギー差で決まる。表面の吸着相にイオンが吸着される結果、スターン層表面での電位低下が決まり、拡散2重層でのイオンの分布も決定される。したがって、拡散2重層理論では土壌の性質が与えられれば、凝集を基本的に規定する要因は、土壌溶解のpHと外液中の陽イオン濃度である。

水溶液での溶解度 (mol 量) がほぼ同じであるにもかかわらず、消石灰の方が石膏よりも凝集により多くの添加量を要したのは、pH増大によるpH依存性負荷電量の増大や土壌物質との反応による不溶性物質の生成など、土壌による Ca イオンの捕捉量が多かったためであろう。そのために、平衡外液中に存在する Ca イオン量が凝集濃度になかなか達しないものと考えられる。

(3) 凝集剤の添加とpH

凝集剤を添加した時、Ca 濃度の変化とともに、pHの変化も生じた。図-8に凝集剤を添加した時の懸濁液の状



図一 混合法の違いと懸濁物質濃度

Fig. 9 Suspended substance concentration affected by mixing method.

態を Ca 濃度—pH 平面上に示した。

石膏添加では添加量の増加とともに pH はやや低下した。しかし、低下量はわずかであり、凝集濃度以上でも pH 6 以下になることはなかった。消石灰を添加すると pH はかなり増大し、1.0 g/l 添加で pH 11 以上の値を示した。炭酸カルシウムを添加すると pH はごくわずかに低下した。石灰窒素添加でも消石灰と同程度の pH 上昇を生じた。こうした pH の上昇は懸濁液の分散を促進する役割を果たす。石灰窒素の異常な挙動には、土壌コロイドや腐食との複雑な反応¹⁰⁾とともに pH 上昇効果も関与している可能性がある。

先述したように、河川での農業用水の環境基準 pH は 6.0~8.5 とされている。土壌との緩衝作用で pH が徐々に低下することは見込まれるものの、消石灰や石灰窒素における pH 上昇はそのまま排水するには不適である。

なお、その他の凝集剤では、pH 変化はほとんどなかった。

すでに述べたように凝集剤の添加に伴って pH が大幅に変化すると、いろいろな問題が生じる。この点からみても pH 変化量が少ない石膏はより望ましい凝集剤であると言える。

3. 施用方法について

最も有望な凝集剤である石膏について、混合方法による凝集効果の違いを検討した。混合を完全にするために予め凝集剤を溶解させた溶液に土壌を添加し、1 時間振とうした試料と、懸濁水面に凝集剤を散布し、ガラス棒で軽く攪はんした試料の懸濁物質濃度の変化を比較した (図一 9)。図一 9 の結果によると、完全混合法の方が、限界凝集濃度以下で懸濁物質濃度がいくぶん小さい、しかし、その差はわずかである。しかも限界凝集添加量は混合法にかかわらず、おなじ 0.25 g/dm³ 以上であった。

したがって、石膏については、混合処理の違いによる影響は小さく、簡単混合法で充分に期待される凝集効果が得られるものと考えられる。

IV. おわりに

滋賀県湖東町水田の代掻き時濁水を凝集浄化するために、農業上普通に使用される土壌改良資材と肥料のうち Ca 成分を多く含むものを対象に凝集効果を調べ、安全で効果的な凝集剤を検索した。このうち石膏の効果がもっとも顕著であり、本土壌に対しては約 25 kg/10 a で急速凝集沈降による浄化機能が期待できることが分かった。施用の方法は、代掻き水上に散布し、攪はんする簡単な混合法でも十分な効果があることが分かった。

謝 辞

代掻き濁水の採水でお世話になった中一色の農家の方々、滋賀県立短大農場職員の方々にお礼申し上げます。実験に協力していただいた滋賀県立短期大学学生、平野重久君、鶴田泰伸、岩崎昌之君に感謝致します。

引用文献

- 1) 赤江剛夫：代掻き濁水の塩添加による凝集沈降条件の同定—代掻き濁水のカルシウム添加による凝集沈降浄化法(1)—, 土壌の物理性 (投稿中)。
- 2) 例えば用水廃水便覧編集委員会：用水廃水便覧, p. 99, 丸善 (1973)。
- 3) 藤原公一：凝集沈降剤 EB-a 145 および PAC のニゴロブナ、ホンモロコおよびアユに対する毒性、滋賀県水産試験場研究報告 39, pp. 54—59 (1987)。
- 4) 2) と同じ p. 99。
- 5) 滋賀県農業試験場：緩効性および被覆肥料の荒代施用と田面水水質, 昭和 57 年度試験研究成績概要, p. 235 (1983)。
- 6) 久保輝一郎, 神保元二, 水渡英二, 高橋 浩, 早川宗八郎編：粉体 理論と応用, p. 162, 丸善 (1979)。
- 7) 農山村文化協会：農業技術大系, 土壌施肥編 6, 施肥の原理と施肥技術, p. 技術 57 (1985)。
- 8) 滋賀県農業試験場：びわ湖—淀川水系における農業排水の水質改善(17)濁水発生防止対策調査 (資材の効果比較), 昭和 56 年度研究成績概要, p. 191 (1982)。
- 9) 高井康雄・早瀬達郎・熊沢喜久雄編：植物栄養土壌肥料大事典, p. 1131, 養賢堂 (1976)。
- 10) 7) と同じ, pp. 1104—1105。

(受理年月日 1991 年 9 月 28 日)