

ヒドロキシアルミニウム添加が土壌流亡に及ぼす影響

田熊勝利

平成13年7月2日受付

鳥取大学農学部生存環境学講座

Effect of Addition of Hydroxyaluminum on Soil Loss

Katsutoshi Takuma

Department of Environmental Engineering, Faculty of Agriculture, Tottori University, Tottori 680-8553, Japan

The author carried out an indoor experiment regarding the effect of addition of hydroxyaluminum (PAC) on the loss of soil carried away by runoff water due to the detachment of soil particles. The purpose of this study was to examine the effect of PAC polymer on soil detachment. The detached quantity was measured in a small flume. Used soil was paddy soil. A technique to apply paddy soil to dry field farming and a technique to suppress soil loss following soil devastation were examined. Paddy soil has various defects such as inferiority in a plowing and harrowing performance causing draining trouble, as well as deterioration in soil structure caused by soil dispersion resulting in soil loss while raining. When PAC is added to paddy soil, the aggregation of soil is accelerated and aggregated structure is developed, which improves the water permeability, water draining performance and harrowing performance of soil. Addition of PAC is considered to reduce soil erosion caused by running water. It was clarified by the experiment that when 0.4-0.6 % of PAC is added to paddy soil, soil aggregation is accelerate, water permeability of soil is enhanced, and soil loss quantity is reduced.

(Received 2 July 2001)

Keyword: hydroxyaluminum, soil detachment, paddy soil, soil loss

結 言

わが国では、近年米の生産を調整する立場から水田の畑転換や農業従事者の高齢化、後継者不足が進み放棄水田が増加している。これらのことは土壌流亡の進行や土壌荒廃を招く可能性が推測される。ここでは水田土壌（重粘土）の畑作利用や土壌荒廃に伴う土壌流亡をいかに抑止するのかについて考えることにする。重粘土水田土壌は耕起、砕土性が悪く排水性が劣悪なこと、更に多湿条件下においては土壌分散が生じ土壌構造が貧弱になり、降雨による土壌流亡を引き起こすなど、土壌物理性が不良であることから、畑作利用する際に生じる問題が多くある。中でも降雨による土壌流亡の問題は、土壌の荒廃を引き起こすことから深刻な問題となっている。土壌侵食を軽減するためには、耐水性団粒の含量を増加し、粒状構造の発達を促すことが必要である。そこで本研究で

は耐水性団粒を増加させるといわれる土壌改良剤を用い、表面流模倣侵食実験を室内実験にて行い、その土壌改良剤の効果を検討する。土壌改良材としては、PAC（ヒドロキシアルミニウム）を用いた。

土壌の剥離に関わる要因

水食は土の挙動を弱め、河川や貯水池に堆積物を生じる、土壌流亡は土粒子の分離、凝集、輸送と沈殿を伴う。土と水におけるこれらのプロセスはリル侵食において詳細に研究されてきた。水路側面・底からの土粒子分離は流れによって引き起こされた掃流力の関数である。この流れによる掃流力が作用することで水路底及び法面からの土壌剥離が生じる。飽和状態の時、土の張力より大きな掃流力が作用し、土粒子は土壌面から剥離されると言われてきたが、最近の研究により、土の張力はリル侵食

が生じる際の掃流力よりもかなり大きいことが分かり、掃流力のみで土粒子を剥離することは不可能であると考えられている。地表流における粒子と団粒の剥離が水-土系での乱流現象であることを Nearing ら [2] は報告している。これらのことはバーストと呼ばれ、非常に局所的であり、水と土の界面を乱す力（バースト）が土粒子の剥離を引き起こし、それは、ある時間と場所に集中するという考え方が提案されている [1]。一般に大部分の土では、水と土の粘着力は、土の張力より弱いとされている。

粘土粒子の水と土の界面においては膨張、凝集と分散が生じやすく、小さな掃流力と土壤剥離の関係についてのモデルが考えられてきた。Rose ら [3] は土壤の剥離は、流力によるものであると考えた。流力とは掃流力と流速により次のように定義している。

$$\omega = \tau \cdot V$$

ここに、 ω : 流力 (Pa・m/s)

τ : 掃流力 (Pa)

V : 流速 (m/s) である。

Shainberg ら [4] は流力と土壤の剥離量が比例すると報告している。

実験内容と方法

実験には、鳥取大学附属農場の水田土(湖山土)を採取し、風乾させたものを試料土として使用した。試料土の物理性を第1表に示す。表より、試料土は土の活性化、非活性化の指標である活性度が 2.81 と超活性土壤である。また分散率 34.4 と受食性と耐食性土壤の境界値である 15 をも大幅に越えており受食性土壤であるといえる。土壤改良剤には多木化学(株)製の市販名『ハイドラール』(ヒドロキシャルミニウム, PAC)を用い、0.25, 0.4, 0.5, 0.6, 0.75, 1.0%濃度のヒドロキシャルミニウム溶液を試料土の乾土重 100g につき 100m ℓ 添加し、よくなじませてから主に以下の実験を行った。

第1表 試料土の物理性

| 試料土 | 湖山土 |
|----------------------------|-------|
| 土粒子の密度(g/cm ³) | 2.765 |
| 液性限界(%) | 86.2 |
| 塑性限界(%) | 38.8 |
| 粗砂分(%) | 0.02 |
| 細砂分(%) | 3.58 |
| シルト分(%) | 32.0 |
| 粘土分(%) | 64.4 |
| 活性度 | 2.81 |
| 分散率 | 34.4 |
| 侵食率 | 66.4 |

①粒度試験は JIS A 1204 規定の試験の他に、a) 完全分散の前処理として 3 %H₂O₂, 分散剤には 1N NaOH, その後、(超音波+攪拌)を 10 分間行った。また b) 全く前処理を行わず蒸留水のみで粒度分析を行った。

②透水試験は 100m ℓ 簡易型変水位透水試験器を用いた。

③ヒドロキシャルミニウム添加により土壤は疎水的になると言われているので、一点法による液性限界を求める方法を用いた。それはフォールコーン試験法であり、ファイネスナンバーを求めた。

④団粒分析試験は土の団粒のうち、水に対して安定な耐水性団粒の粒度を求めるために水中ふるいによる湿式法を用いた。実験には、0.85mm ふるいを通過した土にヒドロキシャルミニウム溶液を加え、風乾させた後、4.75mm ふるいを通過するように手でほぐしたものを使用した。

⑤表面流による侵食実験は各ヒドロキシャルミニウム濃度における、流水による土壤流亡量の変化を見るために、小フリュームを使用した模型侵食実験を行った。小フリュームは長さを 1m, 傾斜角度を 15° とした。小フリュームに 2cm 厚で土(2mm ふるい通過土)を詰め、ヒドロキシャルミニウム溶液を霧吹きで吹き付け 24 時間放置した後、上部タンクから水を一定の量(170m ℓ /min)で 30 分間流下させ、それにより生じた流亡土壤と流出水を容器で受けとめ、それぞれの量を測定した。

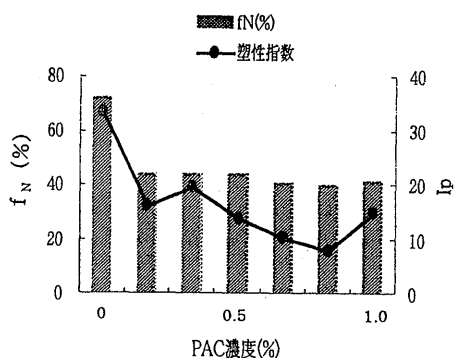
土壤流亡・流出水量は長さ 1.0m, 幅 0.046m, 深さ 0.12m のフリュームにて測定した。

結果と考察

有機ポリマー、例えば PAM は土の構造と透水性を改善するために用いられる。PAM の 5~20 kg/ha をもつ土表面の処理が雨にさらされた土の最終浸透量を増加し、流出とリル侵食を減じていると報告している [1,5]。ここで、PAM の代わりに同じ有機ポリマーとしての PAC (ヒドロキシャルミニウム) を用いて湖山土において研究を進める。湖山土においてはリル侵食が PAC 無添加でかなりの流亡を生じ、ヒドロキシャルミニウム溶液の存在でも流亡を生じた。こうして、リル侵食が非常に少量のヒドロキシャルミニウムにて処理された水田土(湖山土)で研究を行った。少量のヒドロキシャルミニウムが土表面での土粒子間の粘着力を増加しリル侵食を防ぐことが考えられる。

1) フォールコーン及びコンシステンシーについて

第1図にフォールコーン、塑性限界試験の結果を示す。図は、ヒドロキシャルミニウム濃度別のファイネスナンバーと塑性指数を表している。ヒドロキシャルミニウムを添加することにより、無添加土に比べファイネスナンバーは大きく減少し、約 0.5 倍ほどを示し、その後ヒド



第1図 PAC濃度と f_N 、 I_p との関係

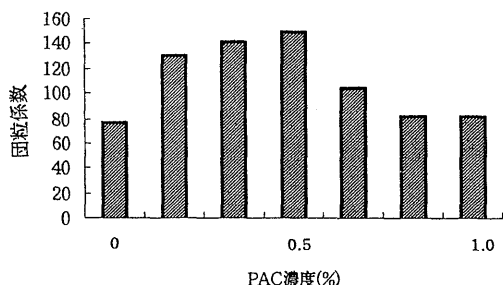
ロキシアルミニウム濃度の増大に伴って変化がみられない。一方それに伴い塑性指数もヒドロキシアルミニウム 0.75%濃度で最低となり、10以下の値となっている。試料土は活性度が2.81で、超活性粘土であることから、低いヒドロキシアルミニウム濃度においても、その影響を大きく受けたと考えられる。また、得られた値を塑性図に当てはめると、ヒドロキシアルミニウムを添加することにより、A線の下、B線の左側となり、試料土の透水性が無添加土に比べて大きくなっていることが分かる。

2) 土の団粒化

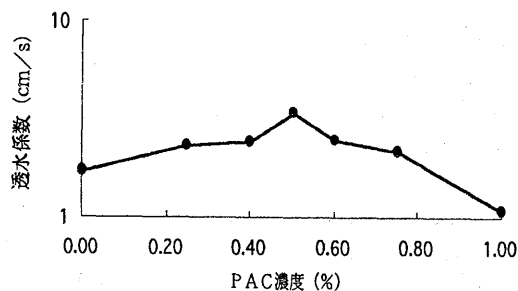
第2図に団粒分析試験の結果を示す。団粒化の程度を団粒係数で表した。グラフより、ヒドロキシアルミニウム濃度 0.5%までは増加傾向にあり、0.6%以上になると減少する傾向がある。湖山土においては、団粒形成のためのほど良いヒドロキシアルミニウム濃度があることが分かる。第3図の透水試験の結果からも同様の傾向を示している。これは、土壌を凝集、分散させるというヒドロキシアルミニウム特有の性質が関係していると考えられる。この土に対してはヒドロキシアルミニウム 0.5%前後の濃度が一番凝集効果が上がり、団粒構造を形成し、土の団粒化度の向上により、透水係数が高くなることを示している。

3) 表面流による土壌流亡

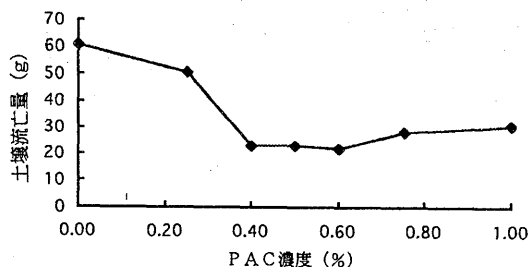
第4図に表面流による模型侵食実験の結果を示す。ヒ



第2図 PAC濃度の違いによる団粒係数



第3図 PAC濃度の違いによる透水係数



第4図 PAC濃度と土壌流亡量

ドロキシアルミニウム濃度の増加と共に土壌流亡量は減少し、ヒドロキシアルミニウム濃度 0.6%を越えると再び土壌流亡量が増加することが分かる。このことはヒドロキシアルミニウム濃度と団粒形成効果と全く逆の傾向を示す。無添加土に比べヒドロキシアルミニウム濃度 0.4%まで急激な流亡量の減少であり、少量のヒドロキシアルミニウム添加効果が大きいことが考えられる。

実験中、ヒドロキシアルミニウム濃度 0.75、1.0%については、斜面上部で侵食された土壌が途中で堆積してしまった。その原因として、堆積土が水の流れを阻害し、流下水の流速をおさえため流力が減少したということが考えられる。実験より求められた掃流力を用いて流力を計算し、その結果を第2表に示す。表より、ヒドロキシアルミニウム濃度 0.75%の流力が他と比べ小さいことから、土壌流亡量の決定には、流力も考慮しなければならないといえる。

第2表 PAC濃度と流力

| PAC濃度(%) | 0.25 | 0.4 | 0.75 |
|------------------------|------|------|------|
| 流力 ω (Pa · m/s) | 0.72 | 0.62 | 0.49 |

以上のことから、湖山土に対してはヒドロキシアルミニウム濃度 0.4~0.6%が、流水による土壌侵食を軽減するためには最も効果的であり、この濃度以上以下であっても土壌流亡量が増加し土壌侵食抑止にはつながらないといえる。

総括

重粘土水田土にヒドロキシアルミニウムを添加すると、土壌の団粒化が促進され粒状構造が発達するため、土壌

の透水性, 排水性の向上, 砕土性の改善が期待できるといえる。さらに, 表面流による侵食実験の結果から, 団粒が増加し粒状構造が発達することにより, 流水による土壌侵食は軽減されると考える。この試料土の湖山土においてはヒドロキシアリミニウム濃度 0.4~0.6%を添加すると, 団粒化を促進し, 土の透水性を高め, 土壌流亡量を軽減する効果があることが分かった。しかし, 雨滴衝撃による土壌流亡効果及び表面流による侵食実験から, 土壌流亡に関わる因子はヒドロキシアリミニウム濃度のみではないことがいえるので, さらに多くの因子が関わると思われる実際の圃場において, ヒドロキシアリミニウムの効果がどれ程期待できるのか, 更なる検討が必要である。

引用文献

- 1) Helalia, A.M. and Letey, J.: Cationic polymer effects on infiltration rates with a rainfall simulator. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 52 : 247-250 (1988)
- 2) Nearing, M.A., Bradford, J.M. and Parker, S.C.: Soil detachment by shallow flow at low slopes. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 55 : 339-344 (1991)
- 3) Rose, C.W.: Developments in erosion and deposition models. *Adv. Soil Sci.* 2 : 1-63 (1985)
- 4) Shainberg, I., Lilen, J.M. Bradford, J.M. and Norton, L.D.: Hydraulic flow and water quality characteristics in rill erosion. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 58 : 1007-1012 (1994)
- 5) Shainberg, I., Warrington, D. and Rengasamy, P. : Water quality and PAM interactions in reducing surface sealing. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 54 : 301-307 (1990)