

毛管現象の遮断によるアルカリ土壌の改良

学位論文内容の要旨

1. はじめに

アルカリ土壌は乾燥地帯に生成され、世界中に広く分布しており塩類が大量に含まれているため、植生貧弱で食糧生産性が極めて低い土壌である。中国のアルカリ土壌は2種類あり、一つはソロンチャクに分類される白干土と呼ばれる河北省と内蒙古自治区に広く分布している土壌で、他の一つはソロネツに分類される草甸アルカリ土と呼ばれている土壌で、中国の黒龍江省および吉林省に広く分布している。アルカリ土壌の改良方法としては、比較的低塩類濃度の水あるいは真水を大量に灌漑、排水して、塩類濃度を溶脱することにより、土壌中の塩分を除去する方法がある。しかし、これらのアルカリ土壌は緻密な土層の存在によって透水性が著しく低下しており、溶脱による除塩効果が期待できず、また、アルカリ土壌の存在するところは乾燥地帯であるので、大量の真水を確保するのは一般に難しい。そこで、夏にある程度雨が降る地帯のアルカリ土壌の新しい改良方法として、心土層の下に粗粒層を設置し、塩類がたくさん含まれている地下水の毛管現象を遮断する方法を考案した。本研究では、粗粒層の設置によるアルカリ土壌の改良効果と、粗粒層を設置する方法について検討した。

2. 粗粒層による毛管現象の遮断効果

粗粒層による毛管現象の遮断効果を確認するためにシリンダ状の土壌槽を2本用いて室内実験を行った。1本のシリンダには人工的に作ったアルカリ土壌を充填した。他のシリンダには上から400mmの所に平均粒径9mmの粗粒層(礫層)を設置した。さらに夏の降雨を模して、地表に蒸留水を供給した。これによって土壌中のpH値、EC値が減少するかについて調べた。その結果粗粒層を持つ土層のpH値は給水によって徐々に減少し、3900mmの降雨に相当する給水の後、給水前のpH11からpH7.5に減少した。EC値は給水前の230~460mSm⁻¹から徐々に減少し、約50mSm⁻¹の値に収斂した。

次いで、中国河北省で圃場試験を行った。5m×5mの処理区に砂層を粗粒層として心土層であるB層の下に設置した。施工1年後に土壌特性の変化および地表植生について調査した。その結果、粗粒層を設置することによって、アルカリ土壌である表土のpH値とEC値の減少および土壌硬度の改善が認められた。

以上の結果からアルカリ土壌の心土層の下に粗粒層を設置することにより地下水の毛管現象を遮断できることが認められた。またすでに表土に蓄積された塩類を洗い流す効果も認められた。したがって、アルカリ土壌の心土層の下に粗粒層を設置することはアルカリ土壌の改良に有効であるとの結論を得た。

3. 土壌の焼結による粗粒層の形成

粗粒層を形成する方法として土壌を焼結し粗粒化することを考えた。土壌を800℃以上で焼結すると土壌が粗粒化して、平均粒径は7mm以上の土塊となった。焼結した土壌を蒸留水の中に

浸潤させても、全く土粒子の水中分散は見られず、水は透明のままであった。焼結した土壌の空隙率は 0.75 となり、毛管上昇高さは 0.09 m 以下となった。以上より土を粗粒化することにより毛管上昇による地下水の上昇を遮断できることが認められた。次に、アルカリ土壌の熱物性について測定したところ、比熱は温度が増加すると減少するという傾向を示した。50～400℃の範囲では、比熱は $0.8 \sim 1.1 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ で一定となり、温度が 600℃以上になるとさらに少し大きく $0.6 \sim 0.7 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ で一定となった。供試土壌表面への熱伝達率は表面温度が約 700～1000℃の範囲で、約 $60 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$ であった。温度約 900℃、含水比 0% d.b. で熱伝導率も $0.1 \sim 0.3 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$ になった。また、土壌焼結する際の熱効率は 30% であった。

土壌を一度焼結すると、降雨などがあっても長期間にわたって細粒化しないと考えられ、心土である Bca または B 層の下部に約 100 mm の厚さの土壌を焼結することができれば、毛管上昇による地下水の上昇を遮断することができると考えられる。従って土壌焼結方法は、一度施工すれば再度施工する必要がないという利点があるが、多大なエネルギーを消費するという欠点があった。

4. 心土層の深耕による粗粒層の設置

実用的に粗粒層を設置する方法として、深さ約 600 mm の心土 (C 層) まで特殊プラウで耕起し、心土 (B 層および C 層) に土塊を形成し、毛管現象を遮断することを考えた。この方法は毛管現象の遮断効果が永久的ではなく、何年か後に再度、施工が必要であるという欠点はあるが、施工コストは安いという利点がある。心土層の深耕を目的として 4 段式心土混層プラウを試作した。この方法により、プラウで心土を耕起して得られた土塊により粗粒層を設置し、毛管現象の遮断効果を検討した。

4 段式心土混層プラウの牽引抵抗の合計は 38kN であった。これは実用的な作業を行うことが充分可能な値である。アルカリ土壌は非常に硬いが、比較的脆く、壊れ易い性質があることが認められた。このことが土壌強度は強いのに牽引抵抗が比較的小さい理由と考えられる。心土層の破壊と狭雑物の混合によって、膨軟になり、透水性が改善された。夏期に集中して降雨があれば、この部分に含まれる CaCO_3 が洗い流され、より下の層へ CaCO_3 が移動することが期待される。したがって表土、心土とも pH 値が低下するものと考ええる。

5. 心土層の深耕によるアルカリ土壌の改良効果

アルカリ土壌を改良することを目的とした粗粒層の設置方法として特殊な 4 段式心土混層プラウを供試し、心土層の耕起により作られた土塊を粗粒層として地下水の毛管現象を遮断する方法を試みた。カルシウム系アルカリ土壌であるソロンチャク地域(中国内蒙古自治区)およびナトリウム系アルカリ土壌であるソロネツ地域(中国黒龍江省大慶市)において、4 段式心土混層プラウの深耕により圃場試験を行った。心土を耕起し、土塊を作ることによって毛管現象を遮断し、アルカリ土壌の改良効果があるかどうかについて作物を栽培し調査を行った。その結果心土層の深耕はアルカリ土壌の植生、土壌硬度の減少、pH 値および EC 値の減少、作物の収量増加、土壌の保水性の改善などに効果があった。

以上の結果より、4 段式心土混層プラウでアルカリ土壌を深耕する方法はアルカリ土壌の改良に有効であると認められた。

6. まとめ

夏にある程度雨が降る地帯のアルカリ土壌を改良するために心土層の下に粗粒層を設置し、毛管現象の遮断による改良効果とその設置方法について検討した。その結果、粗粒層の設置により土壌にすでに蓄積されている塩類は降雨で下層へ洗い流され、粗粒層の設置効果が室内実験および圃場実験により確認された。次いで、粗粒層を設置する方法としては、4 段式心土混層プラウの深耕により粗粒層を形成する方法を考案し、その効果について中国において圃場試験を実施し

た。その結果、4 段式心土混層プラウの深耕はアルカリ土壌の改良に有効であることが認められた。

学位論文審査の要旨

主 査	准教授	近江谷 和 彦
副 査	教 授	柴 田 洋 一
副 査	教 授	長谷川 周 一
副 査	准教授	片 岡 崇

学 位 論 文 題 名

毛管現象の遮断によるアルカリ土壌の改良

本論文は、全 6 章からなる総頁数 192 の和文論文である。論文には図 84, 表 19, 引用文献 111 が含まれている。

アルカリ土壌は乾燥地帯に生成され、世界中に広く分布しており塩類が大量に含まれているため、植生貧弱で食糧生産性が極めて低い土壌である。夏にある程度雨が降る地帯のアルカリ土壌の新しい改良方法として、心土層の下に粗粒層を設置し、塩類がたくさん含まれている地下水の毛管現象を遮断する方法を考案した。本研究は、粗粒層の設置による毛管現象の遮断効果と、粗粒層を設置する方法および毛管現象の遮断によるアルカリ土壌の改良効果を明らかにすることを目的とした。

1. 粗粒層による毛管現象の遮断効果

粗粒層による毛管現象の遮断効果を確認するためにシリンダ状の土壌槽を 2 本用いて実験を行った。1 本のシリンダには人工的に作ったアルカリ土壌を充填した。他のシリンダには上から 400mm の所に平均粒径 9mm の粗粒層を設置した。さらに夏の降雨を模して、地表に蒸留水を供給し、土壌中の pH, EC が減少するかについて調べた。その結果粗粒層を持つ土層の pH は給水によって徐々に減少し、3900mm の降雨に相当する給水の後、給水前の pH11 から pH7.5 に減少した。EC 値は給水前の 3.6dSm^{-1} から徐々に減少し、約 0.2dSm^{-1} の値に収斂した。

次いで、中国河北省で圃場試験を行い、 $5\text{m}\times 5\text{m}$ の処理区に砂層を粗粒層として心土層である B 層の下に設置した。施工 1 年後および 2 年後に土壌特性の変化および地表植生について調査した結果、粗粒層を設置することによって、アルカリ土壌である表土の pH 値と EC 値の減少が認められた。

以上の結果からアルカリ土壌の心土層の下に粗粒層を設置することにより地下水の毛管現象を遮断し、すでに表土に蓄積された塩類を洗い流す効果も認められた。従って、アルカリ土壌の心土層の下に粗粒層を設置することはアルカリ土壌の改良に有効であるとの結論を得た。

2. 土壌の焼結による粗粒層の形成

粗粒層を形成する方法として土壌を焼結し粗粒化することを考えた。土壌を 800℃以上で焼結すると土壌が粗粒化して、平均粒径は 7 mm 以上の土塊となった。焼結した土壌の空隙率は 0.75 となり、毛管上昇高さは 0.09m 以下であり、蒸留水の中に浸潤させても、土粒子の水中分散は見られず、水は透明のままであった。以上より土を粗粒化することにより毛管上昇による地下水の上昇を遮断できることが認められた。次に、アルカリ土壌の熱物性について測定した。

土壌焼結方法は、一度施工すれば再度施工する必要がないという利点があるが、土壌焼結する際の熱効率率は 30% で多大なエネルギーを消費するという欠点があった。

3. 心土層の深耕による粗粒層の設置

実用的に粗粒層を設置する方法として、心土まで特殊プラウで耕起し、心土に土塊を形成し、毛管現象を遮断することを考えた。心土層の深耕を目的として 4 段式心土混層プラウを使用した。この方法により、プラウで心土を耕起して得られた土塊により粗粒層を設置し、毛管現象の遮断効果を検討した。

4 段式心土混層プラウの牽引抵抗は 38kN であった。これは実用的な作業を行うことが充分可能な値である。心土層の破壊と狭雑物の混合によって、膨軟になり、透水性が改善された。夏期に集中して降雨があれば、この部分に含まれる CaCO_3 が洗い流され、表土、心土とも pH 値が低下するものとする。

4. 心土層の深耕によるアルカリ土壌の改良効果

アルカリ土壌を改良するため、粗粒層の設置方法として特殊な 4 段式心土混層プラウを試し、心土層の耕起により作られた土塊を粗粒層として地下水の毛管現象を遮断する方法を試みた。心土を耕起し、土塊を作ることによって毛管現象を遮断し、アルカリ土壌の改良効果があるかどうかについて作物を栽培し調査を行った結果、心土層の深耕はアルカリ土壌の植生、土壌硬度の低減、pH および EC の減少などに効果があった。

以上の結果より、4 段式心土混層プラウでアルカリ土壌を深耕する方法はアルカリ土壌の改良に有効であると認められた。

ある程度雨が降る地帯のアルカリ土壌を改良するために心土層の下に粗粒層を設置し、毛管現象の遮断による改良効果とその設置方法について検討した。その結果、粗粒層の設置により土壌にすでに蓄積されている塩類は降雨で下層へ洗い流され、粗粒層の設置効果が室内実験および圃場実験により確認された。次いで、粗粒層を設置する方法としては、4 段式心土混層プラウの深耕により粗粒層を形成する方法を考案し、その効果について中国において圃場試験を実施した。その結果、4 段式心土混層プラウの深耕はアルカリ土壌の改良に有効であることが認められた。現在、このプラウは中国で試作され実用化試験を行っており、アルカリ土壌の改良が期待されている。

よって、審査員一同は、郭 桂芬が博士（農学）の学位を受けるのに十分な資格を有するものと認めた。