

学 位 論 文 題 名

圃場の総合的な排水改良技術の確立に関する研究

学位論文内容の要旨

排水が不良な農地においては、圃場の排水性を抜本的に改善するため、地下排水法である暗渠による改良が施されてきた。北海道において排水改良を必要とする農地面積は、全体の48.6 %に及ぶ。これまでに暗渠が施工された面積は全排水不良地に匹敵するが、耐用年数30年以内の暗渠施工面積は全排水不良地の半分である。主要な水田と畑地帯では暗渠の再整備が行われているが、一方で耐用年数を超過した暗渠は増加傾向にあり、暗渠の排水機能を回復する対策の必要性が増している。

また、これまでの排水改良は暗渠単独に偏っていた。その暗渠排水の設計基準は、計画排水量を重要視しており、暗渠間隔を狭くすることで排水量の増加を導いている。しかし、実際には排水量が増加せず排水性が改善されていない問題がある。圃場の排水性向上には暗渠よりも土壌の物理性を改善する土層改良が必要とされるが、土層改良を組合せた暗渠の導入は進んでいない。そのため、圃場の排水性向上を図るには、土壌の物理性を考慮した土層改良を組合せた暗渠による排水改良技術を確立する必要がある。

そこで本研究では、主要な排水改良である暗渠の排水機能低下の要因を明らかにし、その対策として暗渠排水の改善策や新しい土層改良法を開発した。加えて、排水不良土壌の物理性を全国統一的な土壌評価区分を用いて排水改良の観点から整理するとともに、土壌を考慮した土層改良を積極的に活用する排水改良技術の適用区分について提案した。

1. 暗渠の排水機能低下の要因を解明して改善策を確立するため、暗渠施工の実態調査から要因別の排水機能低下の発生割合を明らかにした。暗渠の排水機能が十分に発揮されない要因には、①暗渠施工時に埋戻した部位の土壌構造の消失と暗渠周辺への耕盤層形成による透水性低下など、土壌物理性の関与が大きいこと。②暗渠自体による排水機能低下の要因には、1998年以前に施工された暗渠では暗渠管周辺の通水を促進する資材である疎水材の使用率が43.4 %と低いこと。③暗渠管への沈積物堆積の発生率が13.5 %と若干高いこと。④泥炭土において暗渠管が経年的に浅くなること。⑤暗渠の維持管理と営農による排水対策が不十分なこと、などが明らかになった。

暗渠の排水機能低下の主要因である暗渠施工時に埋戻した部位の土壌の透水性低下に対しては、疎水材を敷設することで改善できる。疎水材には、モミガラ以外に地域発生資材である木材チップや伐根チップ、火山礫と火山灰、砂利、ホタテ貝殻を利用することが有効と考え、素材の特性と機能性、素材の経年変化、作物生育や排水水質への影響などを実験的に明らかにして、疎水材としての適用性を示した。

また、暗渠の排水機能低下要因の一つである暗渠管が閉塞する現象に対しては、発生要因を解明して対策技術を開発した。十勝岳噴火に由来する泥流と泥炭が存在する酸性硫酸塩土壌では、暗渠施工

後の1年という短期間で暗渠管が閉塞した。化学分析により暗渠管の閉塞物質には鉄とイオウの含有量が多く、鉄酸化細菌により生成された酸化鉄であることが判明した。この現象は、還元条件の泥炭層に蓄積していた硫化鉄が溶けて、暗渠に含鉄酸性水として集水され、暗渠管内で鉄酸化細菌が急速に繁殖し、酸化鉄として暗渠管を閉塞するというプロセスが考えられた。そこで、対策技術としては、ケイ酸カルシウムが主成分であるロックウールを疎水材に使用して排水を中和・除鉄し、鉄酸化細菌の繁殖を抑制することで、暗渠管の酸化鉄による閉塞を防止する技術を考案して実用化した。

2. 圃場の排水性を左右する土壌物理性の改善には、土層改良が必要となる。そこで、資材を利用した新しい土層改良法であるカルチタイン式心土改良耕を開発した。これは、心土が堅密な土壌や耕盤層が形成された土壌に対して、心土をヘビーカルチにより耕耘破碎すると同時に完熟バーク堆肥を混和し膨軟にすることで、心土の物理性を改良する土層改良法である。本工法では、心土への有機物投入量を心土の土壌硬度が0.72 ~1.37 MPaの場合には完熟バーク堆肥4 kg m⁻²とし、土壌硬度が1.37 MPa 以上の堅密な場合には完熟バーク堆肥5~6 kg m⁻²とすることで、改良効果を高めて、効果を持続させることが可能であった。さらに、本工法には、心土の物理性改善によって根の養分吸収を改善し、作物収量を良好にする効果も認められた。

資材を利用しない新しい土層改良法であるトレンチャ掘削式穿孔暗渠は、深さ60~120 cmの任意の深さに直径20 cmの円形空洞とその上方に幅7 cmの縦溝の空洞を掘削して、縦溝の途中から溝壁面を寄せて重ねた土蓋により溝を閉じて、これにより通水する溝空洞を保持する工法である。本穿孔暗渠は、暗渠管を用いる暗渠と同じく余剰水を圃場外に排除でき、作物の湿害回避に効果的であった。泥炭土では、10年後で溝空洞が半分程度まで小さくなったが、通水する円形空洞が維持されていた。粘質な低地土では5年後で溝空洞の変形が顕著になる。本穿孔暗渠は、泥炭土と低地土で長期間、通水するための溝空洞が維持される。しかし、台地土では半年で溝空洞が崩落するため適用できない。本穿孔暗渠は暗渠管を用いる暗渠の施工費の4分の1以下と低コストであった。

3. 圃場の排水改良の農業生産性への具体的な影響については、1996年の冷湿害年においてテンサイとバレイショ、アズキの収量が排水改良区において低下しなかった結果から、その効果が大きいことを明らかにした。

畑と水田における排水不良土壌の物理性に対応した排水改良技術を設定するにあたっては、水田土壌のグライ土、灰色低地土、泥炭土、畑土壌のグライ土、多湿黒ボク土、灰色台地土の代表土壌の物理性を定量化した。これらの土壌に対し、暗渠を一般的な10~12m間隔と試験的に高密度な5~6m間隔で設置して、土壌水分や暗渠排水量の変化を計測し、各土壌における暗渠の排水効果から必要性を検討した。その結果は、土壌の全国統一的な分類法である農耕地土壌分類第2次案改訂版の土壌区分に対応する暗渠の要否と適切な暗渠間隔として提示した。これに加えて、土壌物理性を抜本的に改善して圃場の排水性を向上させる土層改良法については、資材を利用するモミガラ心土破碎や有材心土改良耕、新しい改良法であるカルチタイン式心土改良耕、資材を利用しない低コストである心土破碎や弾丸暗渠、新しいトレンチャ掘削式穿孔暗渠などの適用条件を整理した。

以上のように本研究では、暗渠の排水機能低下について要因別の発生割合を解明し、改善策として地域発生資材を利用した疎水材や暗渠管の閉塞防止技術を開発して暗渠の機能向上を図った。また、土壌を考慮した圃場の排水性向上の必要性から、新たな土層改良法を開発するとともに、適切な土層改良法と暗渠の組合せについての排水改良区分を策定し、総合的な排水改良技術として確立した。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 長谷川 周 一
副 査 教 授 長 澤 徹 明
副 査 助教授 相 馬 尅 之

学 位 論 文 題 名

圃場の総合的な排水改良技術の確立に関する研究

本論文は6章からなり、図59、表35、写真7、引用文献225を含む133ページの和文論文である。他に参考論文9編が添えられている。

排水が不良な農地においては、圃場の排水性を抜本的に改善するため、地下排水法である暗渠による改良が施されてきた。現在も暗渠の再整備が行われているが、耐用年数を超過した暗渠は増加傾向にあり、暗渠の排水機能を回復する対策の必要性が増している。また、圃場の排水性向上には暗渠よりも土壌の物理性を改善する土層改良が必要とされるが、土層改良の導入は進んでいない。

そこで本研究では、暗渠の排水機能低下の要因を明らかにし、その対策として暗渠排水の改善策や新しい土層改良法を開発した。加えて、排水不良土壌の物理性を統一的な土壌評価区分を用いて排水改良の観点から整理するとともに、土壌を考慮した土層改良を積極的に活用する排水改良技術の適用区分について提案した。

暗渠の排水機能が低下する要因には、①暗渠施工時に埋戻した部位の土壌構造の消失と暗渠周辺への耕盤層形成による透水性低下など、土壌物理性の関与が大きいこと。②暗渠管周辺の通水を促進する資材である疎水材の使用率が43.4 %と低いこと。③暗渠管への沈積物堆積の発生率が13.5 %と高いこと。④暗渠の維持管理と営農による排水対策が不十分なこと、などが明らかになった。

暗渠の排水機能低下の主要因である暗渠施工時に埋戻した部位の土壌の透水性低下に対しては、疎水材を敷設することで改善できる。疎水材には、従来から用いられてきたモミガラ以外に地域で発生する資材の特長や経年変化、作物生育や排水水質への影響等を検討し、木材チップや伐根チップ、火山礫などが利用可能であることを明らかにした。

また、暗渠自体の排水機能低下の要因である暗渠管閉塞に対しては、発生要因を解明して対策技術を開発した。噴火泥流と泥炭が存在する酸性硫酸塩土壌では、暗渠施工後の1年で暗渠管が閉塞した。暗渠管の閉塞物質には鉄とイオウの含有量が多く、鉄酸化細菌に

より生成された酸化鉄であることが判明した。この現象は、還元条件の泥炭層に蓄積していた硫化鉄が溶けて、暗渠に含鉄酸性水として集水され、暗渠管内で鉄酸化細菌が急速に繁殖し、酸化鉄として暗渠管を閉塞するというプロセスが考えられた。そこで、対策技術としては、ケイ酸カルシウムが主成分であるロックウールを疎水材に使用して排水を中和・除鉄して、鉄酸化細菌の繁殖を抑制することで、暗渠管の酸化鉄による閉塞を防止する技術を考案して実用化した。

圃場の排水性の改善に必要な新しい土層改良法を開発した。資材を利用した新しい土層改良法であるカルチタイン式心土改良耕は、心土が堅密な土壤や耕盤層が形成された土壤に対して、心土をヘビーカルチにより耕耘破碎すると同時に完熟バーク堆肥を混和し膨軟にすることで、心土の物理性を改良する土層改良法である。一方、資材を利用しない新しい土層改良法であるトレンチャ掘削式穿孔暗渠は、深さ60～120 cmの任意の深さに円形空洞とその上方に縦溝の空洞を掘削して、縦溝の壁の土を寄せて蓋をして空洞を保持する工法である。いずれの土層改良法も排水性の改善に大きく寄与することを現地実証試験により明らかにした。

排水が不良な土壤の物理性に対応した排水改良技術を設定するにあたって、水田のグライ土、灰色低地土、泥炭土、畑のグライ土、多湿黒ボク土、灰色台地土の物理性を定量化した。これらの土壤に対して暗渠を一般的な10～12m間隔と試験的な高密度の5～6m間隔で設置して、土壤水分や暗渠排水量の変化を計測することで、各土壤における暗渠の排水効果から必要性を検討した。その結果は、土壤の統一的な分類法である農耕地土壤分類第2次案改訂版の区分に対応する適切な暗渠間隔として提示した。これに加えて、土壤物理性を抜本的に改善する土層改良法については、資材を利用する有材心土改良耕やカルチタイン式心土改良耕、資材を利用しない心土破碎や弾丸暗渠、トレンチャ掘削式穿孔暗渠などの適用条件を整理した。

以上のように本論文は、暗渠の排水機能低下について要因別の発生割合を解明し、改善策として地域発生資材を利用した疎水材や暗渠管の閉塞防止技術の開発による暗渠の機能向上対策を提示している。また、圃場の排水性向上の必要性から、新たな土層改良法を開発するとともに、土壤を考慮した適切な土層改良法と暗渠の組合せについての排水改良区分を策定して、総合的な排水改良技術として確立する提案をしており、関連学会においても高く評価されている。よって審査員一同は、北川巖が博士(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。

慮しても、利他行動の進化条件式は満たされていることが示され、血縁淘汰による異世代間利他行動の維持が検証された。