

畑土壌に対する排水改良技術の動向

北川 巖¹

Technological trend of Drainage improvement for upland soil

Iwao KITAGAWA¹

1. はじめに

日本の食料自給率は、食生活の大幅な変化と濃厚飼料の輸入依存、畑作物の低い生産力により、先進国中で最低水準となっている。一方で、食の安全に対する消費者の意識変化から国産農産物の需要は高まっている。我が国では、自給率の低い品目の生産強化を図るため、輸入依存度の高い大豆、小麦、飼料や野菜等の増産と農産物の高品質化を目指しており、畑作物の生産力強化が重要である。

湿潤気候の日本において畑作物の生産力強化を図るには、効率的な農作業性と安定した生産性、農産物の品質を確保するための圃場の排水改良技術が必要である。特に、最近の極端な気象の変動が発生しやすい条件下では、農業者の排水改良に対する期待も大きい。

国内の畑の大半を占める北海道では、2009年から3年連続で畑作物の生育期間に長雨や大雨があり、生産量が激減するなどの被害を受けている。このことから、畑作物の生産力強化には、畑土壌の排水性の改良が重要である。

そこで本報告では、湿潤気候の日本における畑作物の生産力強化に向けた、畑土壌に対する排水改良技術の開発の動向と事例を紹介する。

2. 畑作物の湿害と排水改良の重要性

2.1 畑作物の湿害に対する排水改良の効果

湿潤気候の我が国では、農業生産性を低下させる大きな要因として、冷害と湿害が挙げられる。畑作が盛んな北海道における冷害や湿害の被害発生年には、1993年や1996年がある。また、2009年以降の3年間は、畑作物の生育期間の多雨や長雨による湿害の発生が顕著となり、国産の畑作物の供給量に影響を及ぼすほどの湿害の被害が発生した。このような畑作物の湿害に対して農業者は、暗渠などの排水改良による収量の維持効果に大きな期待をしている。

湿害に対する暗渠などによる排水改良は、テンサイやアズキ、ジャガイモ、コムギの収量低下を回避する効果

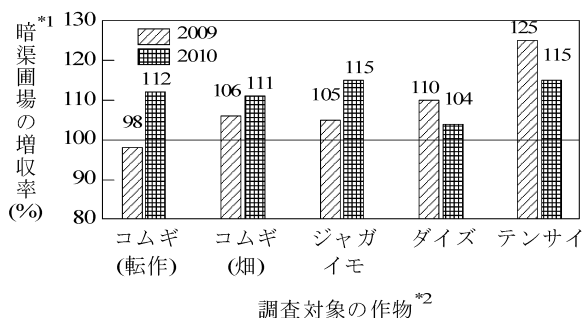


Fig. 1 湿害発生年における暗渠の有無が畑作物の生産性に与える影響 (北海道農政部, 2010;2011, 一部改変)

*1 暗渠圃場の増収率は、近隣の暗渠未施工あるいは施工後30年以上経過した圃場の作物収量と比較した値。

*2 比較調査地点数は、2009年に338ヶ所、2010年に651ヶ所。

が高く (北川, 2005)、経営の安定化に寄与している。

また、北海道における最近の湿害については北海道農政部 (2010;2011) により調査されている (Fig. 1)。ここでは、2009年と2010年に暗渠の有無が畑作物の収量に与える影響を示している。これによると、暗渠の未施工圃場に対する施工圃場での収量は、2009年の水田転換畑のコムギでの98%を除き、畑のコムギ、テンサイやジャガイモ、ダイズで4~25%の増収が認められた。暗渠の整備において、整備費に対する収支から見た目標増収率は5~15%程度であり、湿害時にはこれ以上の効果が得られていた。このことから、農業者の期待が大きいことが理解できる。

2.2 日本の暗渠の整備状況

土地改良事業による暗渠の整備は、毎年1~2万haで行われている。暗渠の整備は、北海道・東北・北陸の積雪寒冷地が多い。また、畑の暗渠の整備は、大部分が北海道で行われ、他の府県では希である。

暗渠の整備は、戦後から盛んになり、土地生産性の向上に貢献してきた。1970年代には暗渠の耐用年数30年を越える暗渠も出てきた。1990年以降になると、毎年暗渠の整備面積が耐用年数を越える暗渠の面積より少なくなり、暗渠の整備済み面積率が減少する傾向となった。そのため、今後、老朽化した暗渠の増加による排水不良圃場の増加が予想される。そこで、これまでに整備した圃場の排水施設の機能をいかに維持して、長寿命化

¹National Institute for Rural Engineering, NARO, Tsukuba, 305-8609, Japan.

Corresponding author: 北川 巖, 農研機構
2012年1月5日受稿, 2012年2月10日受理
土壌の物理性 120号, 15-20 (2012)

することが重要になってきた。

2.3 畑土壌の排水不良

畑土壌に対する排水改良の役割は、土壌中の余剰水を排除して作物根域の通気性を確保することである。亀裂や間隙の停滞水や地下水を排除する機能には、土壌の透水性や保水性が影響する。そこで、代表的な排水不良土壌であるグライ土と多湿黒ボク土の土壌水分環境や暗渠排水量を調査し (Fig. 2)、土壌条件に対応した排水改良技術について検討した。

一般的な沖積土の排水不良土壌であるグライ土では、地下水位が1m以内と浅く、降雨後に上昇高い状態が続く。地表の排水が進み土壌が乾燥してきても、地下水位は緩慢に低下する。そのため、下層ほど地表より乾燥が遅く、過湿である。暗渠排水量は、降雨量に応じて大きくなる。このため、低平地に広く分布するグライ土では、地下水の排除機能の強化が不可欠で、暗渠の整備が求められる。

一方、北海道の畑地に多い火山灰が母材の多湿黒ボク土は、土性が粗く、有機物に富み、保水性の高い土層が厚い。また、多湿黒ボク土は飽和透水係数が高いが、深さ50cmまでの土層全体の易有効水分孔隙量が多い (石渡ら, 1993)。そのため、多雨時には、土層全体の間隙が保水して、気相が減少するため作物根の呼吸が阻害され湿害となりやすい (保井ら, 2000)。しかし、暗渠からの排水は、大きな降雨時にしかなく、暗渠自体の機能を強化する必要はそれほど高くない。このことから、多湿黒ボク土の排水改良は、余剰水排除よりも、心土破碎と疎水材投入によって過湿条件下でも下層土の通気性を確保する有材心土破碎などの改良が適している。

以上のように、畑土壌の排水改良にあたっては、暗渠単独による改良よりも、土壌物理性を考慮して、追加的な土層改良を組み合わせた方法による改良が必要な場合もあり、土壌に対応した排水改良工法の充実が必要である。

3. 暗渠の機能低下の要因と対応

3.1 暗渠の機能性向上の取り組み

農業者から、暗渠は施工年数が経過すると徐々に効果が低下するとの指摘がある。代表的な機能低下の調査事例には、村島 (1992) や北川 (2005)、などがあり、様々な要因が考えられる。

暗渠の機能低下要因の一つには、疎水材の未使用や投入量の不足、資材の分解による機能低下などの問題があった。現在では疎水材の使用が改善され、モミガラ以外の多様な疎水材の提案も増えてきた (柳町・在原, 2011)。ただし、疎水材の耐久性の問題 (吉田ら, 2005) とその対策 (岩佐ら, 2008) の検討については、現在も取り組まれている。

また、暗渠の機能は、暗渠管の埋設時に埋め戻した土壌の練返し、圃場全面の耕盤層や緻密な堅盤層の形成により暗渠管までの透水性が阻害されることで低下する。それにもかかわらず、心土破碎や弾丸暗渠、表面排水を促進させる溝切りなどの営農排水の対応、補助暗渠等の追加的な排水改良の実施の対応は必ずしも十分でない (北川, 2005)。

一方で、暗渠管閉塞もよく指摘される要因だが、前述の要因より発生割合が少なく、また、対策の検討もなされてきた (兼子ら, 1995; 北川ら, 2006a)。

このように、既存暗渠の排水機能低下を回復する技術については、暗渠自体の構造の改善よりも土壌の物理性改善に関する問題が多く、これらの課題を解決するためのさらなる技術開発の取り組みが必要である。

3.2 有資材の補助暗渠工法

既存暗渠の機能を向上させ、畑作物の生産力を強化するには、透水性が不良な土層に透水性の高い資材を溝状に埋設し、透水性を高め、作物根域を抜本的に改善する土層改良が古くから実施されている。

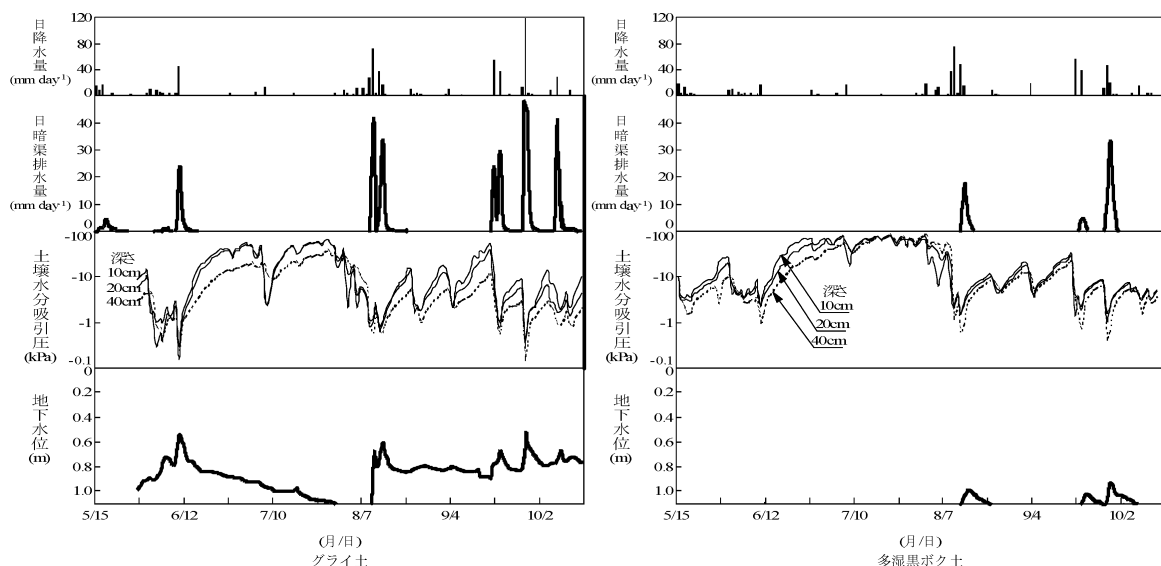


Fig. 2 畑暗渠を整備した異なる畑土壌の土壌環境と暗渠排水量の違い (北川 2005, 一部改変)

水田においてはモミガラ補助暗渠が一般的である。畑地に対しては北海道を中心にパーク堆肥を用いた有材心土破碎（横井ら，2001）がある。これらの工法は、心土破碎による透水性や通気性の理化学的改善と資材を使用することによる効果の持続性に特徴がある。また、改良効果は溝の間隔や資材使用量に応じて高まる。パーク堆肥を用いた有材心土破碎では5年までの収量向上効果の持続が確認されている（北川，2011；横井ら，2001）。しかしながら、この土層改良工法は大量の資材を使用し、大がかりな機械での工事となるため、整備費も高価であった。

そこで、筆者らは、容易に圃場の排水性を改善する低コストな有材心土破碎を実現するため、農業で発生するワラや茎葉の作物残渣、必要に応じて農業者自身が散布する堆肥などの多様な有機質資材を疎水材として活用する土層改良である「カッティングソイラ工法」を開発した。この工法の特徴は、土塊の切断・持ち上げ、ワラや茎葉等の有機質資材等の投入、埋め戻しの3工程を1度に行える簡素化した施工法にある（Fig. 3）。これにより、土層改良資材を運搬する部分が不要となり、機械が小型化できた。

カッティングソイラ工法の施工行程は、作物の収穫後の表面に散在しているワラなどの有機物を、Fig. 3の左上の機械を1度走行させるだけで、オーガーにより

寄せ集めて、溝状に切断した土を持ち上げてできた溝の空洞内に落とし、Fig. 3の右上のように表面の資材を農地下層に溝状に埋設する。地表面に均一に配置できる資材であれば補助暗渠として埋設できるので、多様な資材を使うことができ、資材費の低減を可能にした。

資材埋設溝は、補助暗渠として機能して暗渠に水を集水し、地下水位の低下を早める。また、有機質資材を用いた埋設溝では保水性の向上も期待できる。

さらに、施工費用がとても安いので、作物の増収による増益だけで施工費を返済しても、事業の補助がない場合でも5年以内の短期間で施工費用を完済することができる（北川2011）。

3.3 無資材の穿孔暗渠工法

一般的な管材を用いた暗渠は、整備費用が高く土地改良事業により整備されることから時間がかかる。そのため、低コストで直ちに対応できる排水改良技術の必要性もあり、弾丸暗渠（永石・山下，1972）やシートパイプの浅層暗渠（杉山・津田，1990）などが用いられてきた。その中には、暗渠と同様に圃場外に排水でき、弾丸暗渠と異なる空洞成形方法により空洞の耐久性を高めた穿孔暗渠がある（鈴木，1989；北川ら2006b；2010）。

ここで示す穿孔暗渠は、Fig. 4とFig. 5の資材を用いずに土中に排水孔となる空洞を成形する工法である。

穿孔暗渠は資材を用いないことから排水孔となる空洞

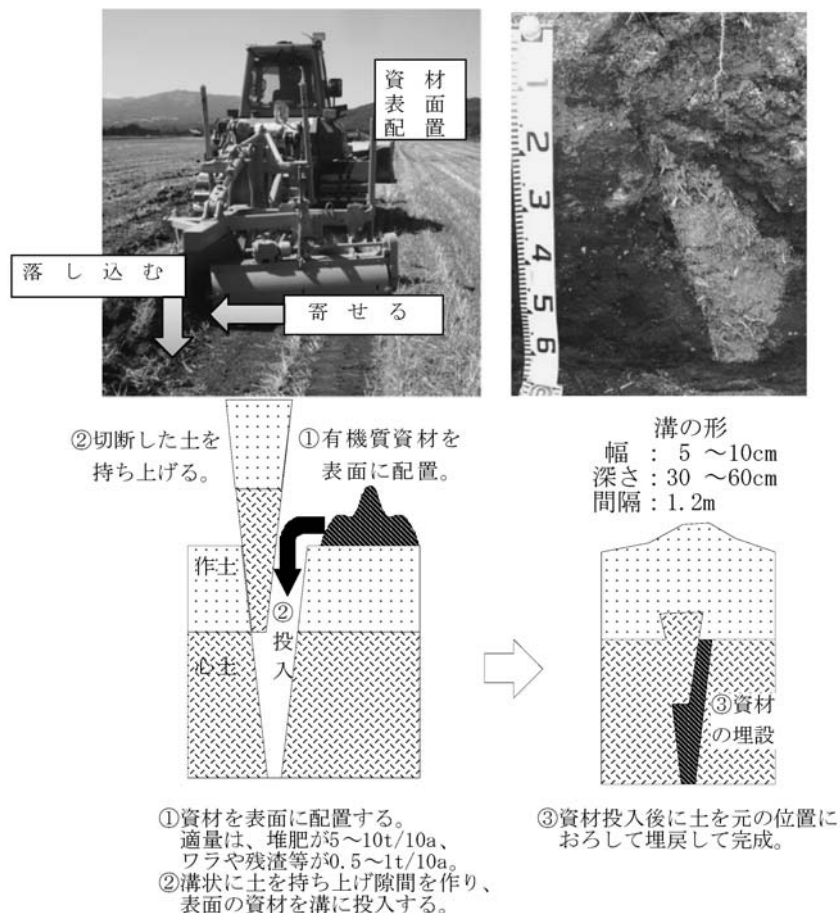


Fig. 3 多様な有機質資材を活用する土層改良「カッティングソイラ工法」の概要

の耐久性が土壌や地目により異なり、トレンチャ式や切断掘削式などの工法が使分けられている。

早い時期から実用されてきたトレンチャ式穿孔暗渠は、Fig. 4に示すトラクタ直装のトレンチャ掘削機を用いる。排水孔となる空洞は、①60～120cmまでの任意の深さに、下部に直径20cmの円形空洞とその上方に幅7cm程度の縦溝の空洞を掘削し、②縦溝空洞の壁面の一部を中央に向けて寄せ合わせて土の蓋をして溝を閉じて、③閉じた土の蓋の上方を掘削土で埋め戻すことで、縦溝の下部と円形の空洞はくり抜かれた状態になる（北川ら、2006b）。

次に、適用土壌と施工効率を改善した別の施工方式の穿孔暗渠をFig. 5に示す。切断掘削式の穿孔暗渠のカッティングドレーン工法は、作業機の牽引力だけで、①土壌を掘削できる切断刃を用いて深さ90cm、幅10cmの長方形の土塊を切断して15～25cm持ち上げ土塊下部を固定し、縦溝の最下部に通水孔となる空洞を形成する。この溝空洞をそのまま通水孔（直下穴）とする。②最下

部に作られた空洞横の壁面から、さらに幅10～25cmで高さ10～20cmの土塊を切断し、溝空洞内にその切断した土塊を寄せる。土塊で埋まった溝空洞の横側に新たに成形した空洞を通水孔（横穴）とする簡単な工法である（北川ら、2010）。

いずれの穿孔暗渠とも、弾丸暗渠と異なり施工時に空洞壁面に対する土圧が小さく、弾丸暗渠に見られる穿孔体や破碎爪による抵抗で発生する亀裂もなく、溝空洞が維持されやすい。

穿孔暗渠の施工効果は、管を用いる一般的な暗渠と同程度の排水機能を有し、穿孔暗渠の施工圃場では、作物生育に適した土壌水分が維持される。その結果、隣接の対照圃場と比較して畑作物で収量が向上した（北川ら、2006b; 2010）。

ただし、これら穿孔暗渠の利用にあたっては、適用できない土壌があることに留意が必要である。トレンチャ式の穿孔暗渠は、泥炭土で10年程度、粘質な低地土で5年程度の耐用実績があった。しかし、その他の土壌で

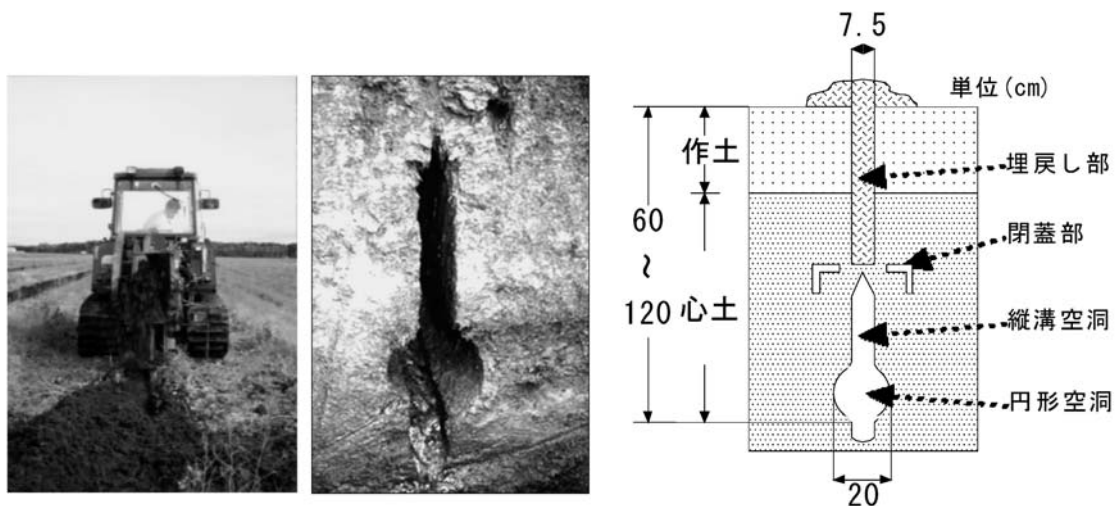


Fig. 4 チャ式穿孔暗渠の概要（北川ら 2006b）

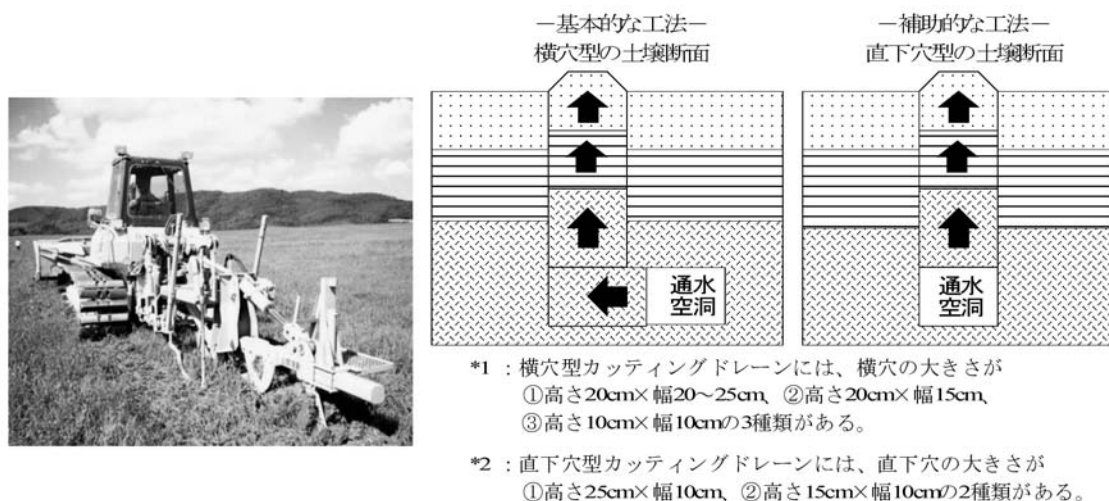


Fig. 5 切断掘削式穿孔暗渠「カッティングドレーン工法」の概要（北川ら、2010）

Table 1 低コストな排水改良工法の事例

	工法名	主な使用資材	施工費の事例 (千円/ha)	備考
有材の 補助暗渠	有材心土破碎	モミガラや木材 チップ、パーク堆 肥など	1,000 ~ 1,800	資材の種類や使用量、施工時の溝の間隔により異なる。
	カティングソイラ	作物残渣やパーク堆 肥など	170 ~ 480	使用する資材の購入の有無、資材の種類や使用量で異なる。
疎水材の 再充填工法	開削式 (モミタス) (岩佐ら, 2008)	モミガラ		使用する資材の購入の有無、資材の種類や使用量で異なる。
	トレンチャ掘削式	一般的な疎水材		使用する資材の購入の有無、資材の種類や使用量、資材を充填する暗渠の間隔により異なる。
穿孔暗渠	弾丸暗渠		70 ~ 130	40cm 深程度に穿孔し、補助暗渠として機能する。
	トレンチャ式		100 ~ 180	60cm 以深に穿孔し、暗渠として機能する。
	切断掘削式 (カッピングドレーン)		60 ~ 120	60cm 以深に穿孔し、暗渠として機能する。

は、施工性や耐久性が明らかに劣るため適用できなかった。切断掘削式の穿孔暗渠のカッピングドレーン工法は、泥炭土と低地土、台地土、黒ボク土のいずれに対しても施工でき、それぞれの土壌に適した形と大きさの空洞を成型できる特徴がある。特に横穴型の空洞ではいずれの土壌でも比較的長く耐用できる。

さらに、それぞれの穿孔暗渠の施工費などを比較すると、トレンチャ式穿孔暗渠は1時間当たり10m間隔で約0.2haを改良でき、施工費が5~10mの間隔で1haあたり約200~420千円である。切断掘削式穿孔暗渠のカッピングドレーン工法は1時間当たり10m間隔で約0.7haを改良でき、施工費が5~10mの間隔で1haあたり約100~200千円である。これら工法は管材を用いる一般的な暗渠の施工費1,000~2,000千円の6分の1以下である。

4. 今後の排水改良の展開に向けて

本報で紹介した排水改良の各工法の特徴をTable 1にまとめた。資材を活用する補助暗渠の有材心土破碎や暗渠の疎水材を補充する工法、資材を用いない無材暗渠など、地域的な偏りはあるが排水改良技術のバリエーションが増えてきた。

今後も、畑土壌に対する排水改良技術は、気候条件の克服による畑作の安定生産と農産物品質向上に貢献できる。Table 1に示した低コストな排水改良技術は、既存排水施設の機能回復を行っていく上で必要な技術であると考えられる。

その一方で、いずれの工法にも特徴があり、適用できる農業形態は異なる。これら技術の活用にあたっては、各技術の特徴を理解して適用していく必要がある。

今後、各地域において本報で紹介した技術などの取り組みが進み、地域の実情にあった新たな技術が導入されることが期待される。

引用文献

1) 北海道農政部 (2010): 基盤整備の有効性に関する調査報告, <http://www.pref.hokkaido.lg.jp/ns/nkk/grp/>

yuukouseityousa100202.pdf, (確認日 2011/12/20).

- 北海道農政部 (2011): 平成 22 年度基盤整備の有効性に関する調査報告, http://www.pref.hokkaido.lg.jp/ns/nkk/grp/h22_yuukousei.pdf, (確認日 2011/12/20).
- 石渡輝夫, 小林信也, 齊藤萬之助 (1993): 北海道の農耕地土壌の孔隙分布特性とその分布図, 土肥誌, 64 (6), 685-689.
- 岩佐郁夫, 菅原強, 千田智幸 (2008): 暗渠もみ殻疎水材の開削充填機および作業方法の考案, 農業農村工学会誌 76 (5), 448-449.
- 兼子健男, 豊田勇, 犬童止, 竹本眞悟 (1995): 動力噴霧機を利用した暗渠目詰まり除去技術, 農土誌, 63 (10), 424-429.
- 北川巖 (2005): 積雪寒冷地における排水改良の現状と今後の展, 土壌の物理性, 100, 43-53.
- 北川巖 (2011): 畑土壌に対する排水性改善技術, 2011 年度土壌物理学会大会講演要旨集, 3-4.
- 北川巖, 竹内晴信, 木曾誠二 (2006a): 十勝岳泥流地帯における暗渠管閉塞要因の解明と回避対策, 農土論集, 241, 117-122.
- 北川巖, 竹内晴信, 小谷晴夫, 千葉佳彦 (2010): 切断掘削方式による穿孔暗渠「カッピングドレーン工法」の効果と適用性, 農業農村工学会論文集 78 (3), 151-156.
- 北川巖, 竹内晴信, 横井義雄 (2006b): トレンチャ掘削式穿孔暗渠の耐久性と適用条件, 農土論集 74 (3), 349-354.
- 村島和男, 荻野芳彦 (1992): 汎用化水田の暗渠排水の機能とその維持管理, 農土誌 60 (1), 13-18.
- 永石義隆, 山下恒雄 (1972): トラクター直装型弾丸暗渠のコウ配布装置について, 農土誌, 40 (9), 625-628.
- 杉山満丸, 津田豊 (1990): シートパイプクロス暗渠工法と施工後の状態, 農土誌, 58 (2), 159-167.
- 鈴木智久 (1989): 2 連式無材暗渠, 暗渠排水 Q&A・施工事例, 全国土地改良総合整備事業制度研究会, 畑地農業振興会, 270-274
- 柳町祥, 在原克之 (2011): サンプスギを原料とした木質系資材の暗渠疎水材への適用性, 農土誌 79 (7), 521-525.
- 保井聖一, 丹羽勝久, 大淵清志, 菊地晃二 (2000): 十勝管

内における湿性畑土壌の物理的特徴と作物生育, 第1報
多湿黒ボク土の物理性とテンサイ根系, 土壌の物理性
(85), 31-40.

17) 横井義雄, 北川巖, 後藤英次, 田丸浩幸: 北海道上川地方
の堅密固結性土壌に対するオープナー式有材心土改良耕の
効果, 土壌の物理性 88, pp.37-44 (2001).

要 旨

湿潤気候の日本において畑作物の増産を図るには, 効率的な農作業性と安定した農業生産性を確保する圃場の排水改良が必要である. 特に, 最近の極端な気象の条件下では, 農業者の排水改良に対する期待も大きい.

本報では, 畑作物生産における減収要因の一つである湿害に対する排水改良の効果を示す. また, 現在の畑土壌に対する排水改良について, 積雪寒冷地における取り組みを紹介する. 特に, 農業で発生する地域の資材を有効活用する簡便な排水改良技術や資材を使用しない新たな低コスト排水改良技術の事例を示す. さらに, 各地域の農業や土壌に対応して, 各種の排水改良技術を組み合わせることの重要性を指摘する.

キーワード: 畑土壌, 湿害, 生産性, 暗渠, 土層改良, 低コスト