J. Jpn. Soc. Soil Phys.
土壌の物理性
No. 148, p.53～56 (2021)

研究成果の社会実装の取組から思うこと

北川 巌 [1]

1. はじめに

時代の変化や社会全般の相対的な技術の進歩により，どのような技術にも改善や革新の必要性が生まれ，新たな研究が芽生える．最近は，情報化技術の進歩がめざましく，時代に対応するための破壊的イノベーションが叫ばれるなかで，スマート農業に代表される情報化技術を利用した研究が進展している．このような最新の研究トピックがある一方で，身の回りの生活や活動に寄り添う技術開発では，より高性能で快適，或いは，環境に優しい製品のための技術の進歩が続いており，地道な進展により社会を支えている．

研究成果を社会実装するには，現状の課題やユーザーの要望・技術動向を的確に捉えて社会に対する改革性を想像し，キラリと光る革新性を有する研究成果を創出することが求められる．また，研究成果をどのように社会に定着させるかが大きな課題であり，社会への浸透性を確保することが重要である．さらに，技術は人との関わりが最も重要であると考える．

ここでは，我々の研究グループと称して，これまで私と共働していただいた多くの方々との取組について紹介しながら，排水改良技術に関する研究成果の社会実装について振り返ってみたい．

2. 排水改良技術の開発のきっかけ

北海道立中央農業試験場で研究を始めた私は，大冷害直後で暗渠の疎水材であるモミガラが不足したことから暗渠工事が行えないとの行政的な課題が発生し，代用資材の開発が急務となり，その解決に取組んだ．上司の横井義雄氏と二人三脚で北海道立林産試験場や行政機関と連携しながら耐久性のあるカラマツ木材チップの暗渠の疎水材への利用を提案し，北海道の全域に定着させた．現在，本知見は全国で利用されている．この各機関との連携による理想的な技術開発の経験が基礎となり，土壌の理化学性のみならず，作物，病虫害，農業機械などを学び，実践的な研究を積み重ねた．現在の私は，これらの経験から土壌の機能を上手に利用する重要性を直感し，安全・高品質・おいしい農産物を作るため農地の質を最適化する技術について，「農業」を実践しながら「研究」している．

さて，我々が取組んできた農業生産に直結する排水改良技術に関する研究について考えてみる．暗渠排水について，水田における排水組織や水田汎用化の研究では多くの提案がある．我が国における水田や畑の基本的な排水組織の考え方（例えば，田渕, 1984; 多田, 1984; 小川, 1984）や施工技術（例えば，梅田・赤沢, 1982）は，整理されている．しかしながら，畑作の振興が進められている生産現場においては，未だに排水不良は主要な課題として取り上げられている．

生産現場では，「提案どおりの暗渠排水が整備されているのか.」,「適切な土壌管理が行き届き，排水機能が発揮されているのか.」などの声が聞かれる．基本的な考え方を多様な土壌や立地条件に適用するためには，様々な課題が浮かび上がる．ここでは，土壌の透水性を補強する補助暗渠である弾丸暗渠を事例に課題解決の取組を紹介する．適切な深度に空洞を成形する弾丸が挿入されることが望まれるが，多くのほ場で適切な深度まで刃が到達できずに耕盤を貫けない施工状況を目の当たりにする．私は各地で排水対策を実演するため，様々なトラクターと施工機の組合せで実演する機会がある．自ら施工する場合でも，弾丸暗渠や心土破砕の刃が耕盤の上までしか挿入できないことはよくある．生産者にこの状況を確認すると，「深さは確認していない．この程度だと理解している.」との答えが返ってくる．「これではいけない.」と思い，多様な条件でも目的の土層を改良できる補助暗渠機を自ら作って実用化しようと，新たな施工機の開発を続けている．

従来の機種で十分であると言う方も多いと思う．しかし，現状，従来機種では排水不良の問題を解決できていない現実がある．より大型化したトラクターや作業機による踏圧や高性能化した耕耘機による一定深度の耕耘により，緻密な耕盤層が生成されるなどの影響がある．また，地域に密着した農機具メーカーが廃業して地域用の機種がなくなってきたことも影響している．所定の深度まで破砕することが土層改良の本来の目的であり，耕盤層を貫くことが難しい機種があることは課題である．

各メーカーには製品開発の思想がある．ある地域では，省抵抗で省エネルギーな作業機種（例えば，Odey and Manuwa, 2018）が求められる．しかしながら，我々

[1] 農研機構 農村工学研究部門
2021 年 5 月 25 日受稿　2021 年 6 月 21 日受理

の基本的な考え方は，トラクターの油圧機構は作業機械を持ち上げることはできるが, 下方に押しつけることができない前提がある中で，この条件でも，多様な土の性質に応じた土圧と摩擦抵抗，機械の重量と構造によるモーメント力，牽引抵抗のバランスを考えて，土中の深い位置まで施工機の刃を挿入する力を確保することを重視した．これに加えて，施工効果の持続性が高い，これまでにない革新的な施工方法の施工機を開発することを目標にした．

トラクターが低馬力の時代には，抵抗が小さい刃やそのための工夫が採用された．現在は，刃が自然に耕盤の下方まで挿入できる能力が必要になっていると考える．これまでの研究でも刃の挿入性と弾丸部分の形状の工夫がなされてきた．最近は，規模拡大に伴いトラクターの馬力や性能が向上し，機械力を十分に活用できる時代になった．一方，農産物の求められる収量や品質の水準も高くなり，地域により格差が生まれてきた．生産者も，研究者も，その時代背景に対応して，従来技術を改善するため，創意工夫，新発想の検討を行うことは自然な流れである．このことから，生産現場が必要とする技術の研究は尽きない．

3. 研究成果の実用化 · 普及に向けて

自然を対象にする場合，万能な技術はない．必ず適否があり，改善点はある．特に農業では，生産阻害要因を考えても，多様な特性の品種，ダイナミックに変動する気象条件，日々変化する土壌の理化学性や生物性，生産性を大きく左右する病虫害や雑草害，年々発展する農業機械など，多様な要因がある．自然界における多様な現象の発現度と人為による課題解決のための技術力のバランスは，刻々と変化する．この自然に対する人為の影響のバランスとその投下コストの妥当性を見極める「勘」を養うことは，生産現場に研究成果を社会実装する場合に必要となる．本人でなくても共同研究者の誰かが長けていることが武器になる．

これらの「勘」を養う方法は様々である．事例として私の場合は，実際にトラクターに乗り農作業を行い，種や肥料，農薬を蒔いて作物を栽培して，一般的な生産者と同じレベルで生産しながら，多くの方に見てもらうことにより，生産技術の中における自分の開発技術の効果や役割のインパクトを体感してもらうことを重視してきた．積極的に国内のみならず海外の現地に赴いて実演や実証を行い，より多くの生産者に体感していただいて意見をいただき，改善のヒントにすることに重点をおいた．これにより，生産阻害要因と各技術のインパクトや欠点を見出し，これらに対応する研究成果を開発した．このような取組により，実用化した技術の生産者への説得力を高めることができたと考える．

私の技術開発の一つの到達点は，これらの取組に基づいて，経済的 · 環境的にもリーズナブルな技術開発を進め，生産者や一緒に技術開発に携わっていただいた方々が経営的に成立して「笑顔」になることである．また，自分が携わることができる分野は限られるが，この積み重ねにより，科学的に裏付けられた土壌の機能発揮と地域資源の有効活用による農業を実現することが目標と考える．

4. 開発技術の社会実装から普及に向けた取組事例

我々が共働しているいくつかの企業や団体では，社会への貢献を前提にした製品の開発が進められている．さらに，継続的な新機能付加や高付加価値化に努めている．企業では，外部からの提案を取り入れることは，経営に大きく影響するため，経営陣による判断が必要となる．我々の共同研究では，いくつかの段階を踏み，マッチングにより新規市場の開拓や優位性を高めるため，研究成果を活用した新機能付加製品の実用化と普及に，複数の企業にご協力いただき取組んできた（北川ら, 2017）．

本学会のメンバーは，大学や国 · 地方の公的研究機関などの方が多い．公的機関には専門的な研究による革新的な知見の創出が期待されている．これらは論文などとして公表されることが多い．ただし，これら研究成果に対する企業側からのアプローチは希であると思われる．世界中からの多くの情報を選択できる時代において，大企業ほど多くの知見を参考に，独自に技術開発を進める．研究成果を社会で活用してもらうためには，これまで以上に研究者からのアプローチの取組が不可欠となっている．

いずれにしても，研究者が 1 人だけでは思いを達成することはできない．それぞれの研究者の思いは異なるが，メンバーの思いを尊重しながら，研究成果を持ち寄ることで，より良い技術の開発から普及に至ることができる．

ここでは，我々の研究グループが，最近の 10 年程度で取り組んできた排水改良技術である営農排水対策カットシリーズのラインアップ（Fig. 1）とこれを社会実装した時の進展事例の概要（Fig. 2）を紹介したい．

4.1 技術開発の「道なき未知」を突破して製品化の「魔の川」を超えろ

無材で穿孔暗渠を作る技術の実用化においては，先行研究はあったが，トレンチャなどの特殊機械であり耐久性と適用性に欠点があった．そのため，以前から，簡単な構造と施工方法を検討して新しい方法の発想を思いついていた．

当初は，私の研究の経験が浅いこともあり，共働していただける企業の探索には時間が掛かった．ある経営者とは，私の土壌と機械に対する考え方とが異なり，マッチングしなかったことがあった．いくつかの企業の紹介もあり，最終的には，土層改良研究のつながりを伝って現在のパートナー企業にご協力いただけた．なお，関係した全ての企業とは，いまでも交流がある．

最終的に開発できた穿孔暗渠機カットドレーンは，今もそうだが，誰もが，見る前は，従来の弾丸暗渠より圧倒的に深い暗渠と同じ深度に水を通すことができる大きな連続した空洞を，これまでにない方法で開けることができることに半信半疑であった．パートナー企業も最初

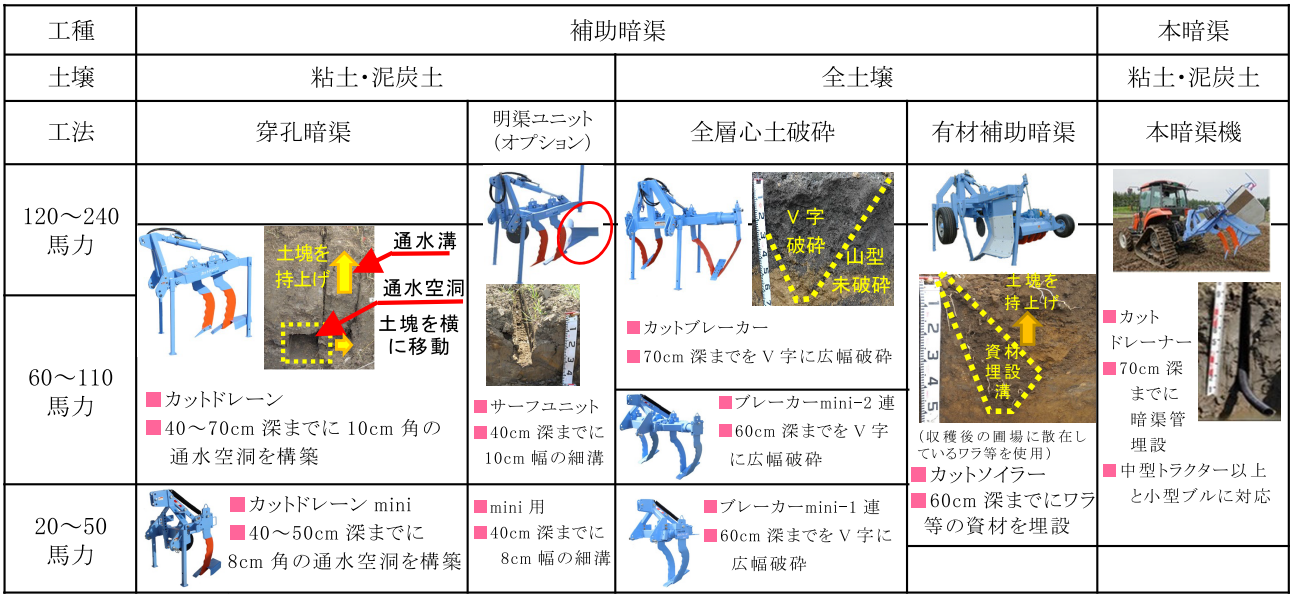


Fig. 1　営農排水改良機「カットシリーズ」のラインアップと適用土壌の概要.

段階	障壁	必須要素	概要	活動・関与の規模	備考
基礎研究	道なき未知	先見性	・基礎研究による新知見や新技術を創出	・個人・グループ（個人～数人） ・支援機関や特定企業	・研究費による検討の規模
技術・製品の開発	魔の川	改革性	・社会的な課題解決のための技術や製品を開発	・研究組織等の技術供与側（数十人） ・製品開発・販売する経営側（数十人）	・企業、銀行やスポンサー、支援機関が関与
製品販売	死の谷	革新性	・製品としての上市と販売活動	・複数企業関与（数十～数百人以上） ・評価者は購買者（数千～数万人）	・企業投資で「人・物・金」が動く
普及	ダーウィンの海	浸透性	・製品の利用促進 ・リピーター獲得 ・全国的な販売競争 ・関連事業も含め黒字化が必須	・複数企業関与 ・購買者評価が販売に影響 ・個人や団体のヘビーユーザーを獲得	・競争を勝ち抜き市場定着 ・黒字化実現。・バージョンアップ ・複数企業や銀行、支援機関関与
国際化・経営拡大	最後のダーウィンの海	適応性 商業性 国際性	・各地で支援組織の協力獲得 ・販売商圏の国際化など ・現地化やライセンス生産で適応	・国内外の企業や銀行、支援機関の支援必要（数十～数百人以上） ・評価者は国内外の利用者や購買者（数千～数万人）	・現地生産体制の検討 ・国際取引、相手国の支援機関

Fig. 2　本研究グループによる社会実装の進展の概要.

は半信半疑で試作機を作成してくださり，実際に使用して納得いただいた．最初の試験施工時の関係者の驚きの顔は，今でも忘れない．

ただし，これら試作や製品化は無料ではない．研究者の研究費だけでは割に合わない．企業にとっては大きな投資である．そのため，研究成果のアイディアを活用してもらうための研究業績や知名度の向上は必要であった．自分の研究成果のアイディアを社会実装するためのスタートまでには約 10 年が費やされていた．

4.2 「死の谷」を突破して実用化，「ダーウィンの海」を航海して普及させよ

パートナー企業により製品を作ることはできるが，それを広く市場で販売するためには，組織力が不可欠である．資金，原料調達・製造・流通・販売，宣伝，アフターフォローとメンテナンスなど全国規模での協力体制の構築が必要である．穿孔暗渠機カットドレーンは，新技術として研究成果を公表したものの，当初の販売は特定地域に限られていた．その時に，本技術を利用してみたいとのお話を，農研機構の先輩研究者である足立一日出氏（当時，株式会社クボタ 技術顧問）からいただいた．この現地実証や技術紹介がきっかけとなり，各地において企業や組織から多大なる支援が得られ，大手トラクターメーカーによる全国販売体制が構築できた．本技術は足立氏によって構築していただいたものと思っている．これらの支援を多くの方々から受けてきた．私もこのような支援を見習い，「良い」と思った技術に対しては，同じように取組みたいと考えている．

各地域の現地実証を通してヘビーユーザーの生産者や団体，自治体の普及組織などが現れ，増えていった．今や，これらの方々が核となり，普及を支援していただき，「ダーウィンの海」を航海している．現在，営農排水改良機「カットシリーズ」（Fig. 1）は，全ての国産トラクターメーカーと JA 系列販売店，一部の海外のトラクターと農機のメーカーに取り扱っていただき，安定した全国販

売がなされるまでに成長した．今後は，JA 全農や各地域組織 · 企業にご協力いただき，レンタルや請負作業により，安価に使用していただける体制の構築を進めていきたい．

4.3 「最後のダーウィンの海」へのチャレンジ

新技術などの社会実装において，研究者は研究だけに関与していれば良いものではない．実用化に踏み出した以上は，開発技術の経営的な成功まで，全ての段階で積極的に関与しなければ商業的な成功はあり得ない．これは，どの業界にも言えることであると考える．

我々はチャレンジャーである．現在は，多くの研究者や支援機関の支援を受けて海外展開（北川ら, 2020）の「最後のダーウィンの海」にチャレンジを始めたところであった．（国研）国際農林水産業研究センター（JIRCAS）による塩害対策となる地下浸透法の土壌管理技術としての活用 (奥田ら, 2017) が検討された．また，国際協力機構（JICA）によるインドにおける大豆多収化技術開発にも関わり，有用な技術になると考えていた．さらに，農林水産省による日本の農業技術の国際展開支援などを想定していた．しかし，残念ながら世界的な COVID-19 の感染拡大で全ての海外展開の取組は中断している．このような取組は，気運の高まりとタイミングがある．今後，どのようになるかは不透明である．ただし，国内の農業関連産業の発展を考えると，機会があれば，日本型暗渠排水組織の施工機の技術例として海外展開の取組を進めたいと考えている．

5 おわりに

これまでの研究活動では，内閣府官民研究開発投資拡大プログラム（PRISM）「ほ場の保水機能を活用した洪水防止システム開発」や農林水産省委託プロジェクト「豪雨に対応するためのほ場の保水 · 排水機能活用手法の開発」の総括リーダー，いくつかのプロジェクトの課題リーダーを担う機会があった．そこでは，多くの研究者，企業や行政の方々と一緒に研究を進めてきた．研究者は十人十色．皆さんキラリと光る武器を持っている．また，若手研究者は，例えば IT 革命児の言葉どおり情報を自在に扱い，誠実でスポンジのような吸収力と柔軟性があり，研究の切り札となる新たな技術や知見などをいち早く見つけて習得する能力に長けている．これを武器として効果的に使うためには，前記の「勘」を養う必要がある．

私の研究成果の実用化の経験から考えると，研究成果やアイディアに対する批判は真摯に受け止め思案し，良いコメントを受けた内容を温めて成熟させて仲間を増やし，自身が確信したタイミングで，実用化に向けた取組に移行することが，技術を実用化して現地に普及させる時のパターンになっている．大事なのは，批判を受けた点は弱点であることが多く，真摯に受け止めて，できる限り改善することである．また，良いアイディアも実用化するには協力パートナーが不可欠である．しかしながら，そのための「人との出会い」には時間がかかる．そこで，この時間を使い技術を成熟させるとともに，人とのつながりの開拓にも注力すべきである．さらに，実行に移すタイミングの判断には「時代」を読む必要がある．このための「勘」も，個人により養われるものではなく，多くの方々との関わりの中で培われる．同じ研究分野の方々だけでなく，多くの業種の方々と交わる機会を持ち，「人との出会い」を大切にすることが必要である．

偉そうなことを言っているが，私も年代によって考え方は変わってきた．若手の時期は，お互いを意識しつつ自分を高めるために切磋琢磨することで精一杯であった．時が流れ，それぞれの思いや役割が高まっていく中で，純粋に同じ目標に向かう方々が集まり，プロジェクト研究などで相互に共働し，さらに広いつながりで連携を強めてきた．

人の思いは社会を変えることができる．お互いに育んできた思いを持ち寄り，未来の農業を輝かせるため，一歩前へ歩みを進めてみましょう．

今回，紹介させていただきました取組は，多くの方々の支援によるもので，私が代表して書かせていただきました．また，土壌物理学会の事務局には執筆の機会をいただきました．ここに記して謝意を表す．

参考文献

田渕俊雄 (1984): 農業と土壌物理, 1–1 粘土質水田の排水改良. 土壌の物理性, 50: 3–6.

多田 敦 (1984): 農業と土壌物理, 1–2 重粘土水田の土層改良. 土壌の物理性, 50: 6–9.

小川和夫 (1984): 農業と土壌物理, 1–3 重粘土畑土壌の改良. 土壌の物理性, 50: 9–13.

梅田安治, 赤沢 伝 (1982): 暗渠排水 — その施工技術の発達—, pp. 1–100. 北海道開発局農業調査課.

Odey, S.O. and Manuwa, S.I. (2018): Subsoiler development trend in the alleviation of soil compaction for sustainable agricultural production. International Journal of Engineering Inventions, 7(8): 29–38.

北川 巌, 後藤幸輝, 露崎 浩, 柏木淳一, 巽 和也, 塚本康貴, 中川進平, 進藤勇人 (2017): 産学官連携による営農排水改良技術の開発 · 普及の取組み. 農業農村工学会誌, 85(6): 543–546.

北川 巌, 奥田幸夫, 大森圭祐, 大西純也, 中川進平 (2020): 営農排水改良技術「カットシリーズ」の海外展開への取組み. 農業農村工学会誌, 88(12): 27–30.

奥田幸夫, 藤巻晴行, 北村義信, 北川 巌 (2017): ウズベキスタン国の土壌条件下におけるカットドレーンの適用上の課題と対策. 農業農村工学会論文集, 85(2): 83–90.