

令和 6 年度
(公社) 農業農村工学会
九州沖縄支部大会
シンポジウム



Kyushu Okinawa 2024

令和 6 年 10 月 31 日

福岡市
福岡県中小企業振興センター

(公社) 農業農村工学会九州沖縄支部

令和 6 年度（公社）農業農村工学会九州沖縄支部シンポジウム

日 時：令和 6 年 10 月 31 日（木） 10：00～11：10

会 場：2 階ホール

講演題目

S-1 農地環境の保全技術の展開と資源の有効利用

九州大学大学院農学研究院 教授 金山 素平

S-2 灌漑・土壌物理研究のこれまでとこれから

－農研機構でやったことと九州大学でやりたいこと－

九州大学大学院農学研究院 教授 岩田 幸良

令和6年度農業農村工学会九州沖縄支部大会
シンポジウム

農地環境の保全技術の展開と資源の有効活用

九州大学大学院 農学研究院 環境農学部門
生産環境科学講座 土環境学分野
金山 素平

研究の背景

農地・農業用水利施設等
→農業生産における基礎的な資源
↓戦略的な保全管理

農業の成長産業化
国土強靱化に資する農業生産基盤整備

将来を想定した農業生産を持続可能とする農地
生産基盤とその維持管理手法の構築に資する

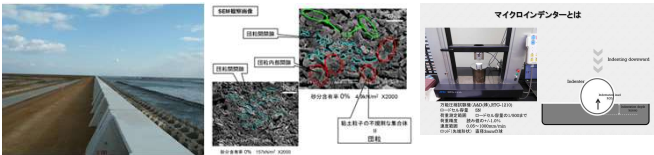
土環境学研究室の略歴

1964年 土質理工学講座 初代教授 藤川武信 先生
有明粘土などの海成軟弱粘土の物理的・力学的特性の解明、農作業車両の水田圃場での走行能についての調査研究、水食と地すべりに関する農地保全
1981年 高山昌照 先生
沖積粘土の物理的・化学的・粘土鉱物学的性質や強度・圧密特性に関する研究、重粘土の地盤改良に関する研究、特殊土の侵食特性に関する研究
2000年 土環境学研究室 大坪政美 先生
農業・農村地域における持続可能な土環境の保全・修復・創生、地盤材料として利用可能な地域資源の有効利用などの環境地盤工学的な研究
2013年 東 孝寛 先生
沖積粘土の物理的性質や強度・圧密特性、有限要素法による盛土構造物の安定性評価、微生物の代謝機能を利用した地盤改良工法に関する研究

研究内容の柱

- 力学的材料としての土の土質理工学的性質
海成粘土の鉱物学的・化学的・工学的性質に関する研究
マイクロ技術を援用した粘土の力学的挙動評価
塩類溶脱が粘土の構造に及ぼす影響とその変形特性
- 軟弱粘土地盤における農業用土構造物の挙動予測・安定性評価
非線形最適化手法を利用した実測値に基づく軟弱地盤の長期残留沈下予測と適用性
機械学習を利用した地盤の圧密沈下予測手法の検討
八郎潟粘土の圧密変形特性と水利構造物の沈下予測
- 環境に配慮した施工技術の開発
産業廃棄物（カキ殻・竹繊維）を利用した土の固化処理技術の確立
リン酸カルシウム化合物を用いた固化技術に関する研究
CO₂を固定した土の強度特性の変化

—力学的材料としての土の土質理工学的性質—



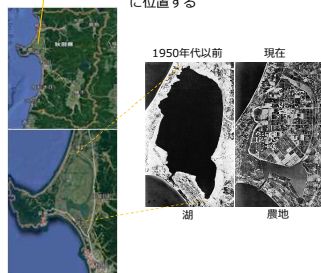
- 沖積粘土地盤の土質定数評価と新たな評価手法の提案 (Kanayama et al., 2000 ; 金山ら, 2005 ; Kanayama et al., 2007など)
- 圧密による砂-粘土混合土の微視的構造の変化 (金山ら, 2009)
- Micro-indenterを使用した粘土の微小力学的挙動の定量的評価 (Kanayama et al., 2010 ; 2012, 金山ら, 2020)
- 塩類溶脱が八郎潟粘土の構造に及ぼす影響を解明 (Takahashi and Kanayama, 2022, 2023)

超軟弱な沖積粘土地盤の土質工学的問題を解明
土質定数の算定・処理方法について提案
粘土の物理化学的要素から力学的性質を追及する一面を持つ

溶脱を受けた軟弱粘土地盤の
圧密変形特性とその動態予測

研究背景

八郎湯干拓地 … 秋田県南秋田郡大潟村に位置する



厚い軟弱沖積粘土層が広がる
→ 不同沈下発生

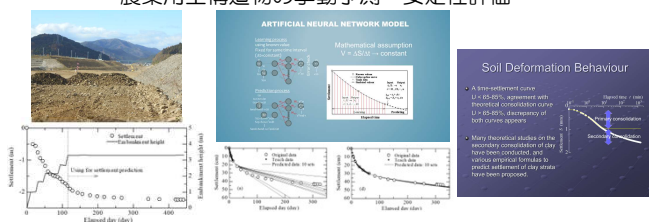


→ 農業生産に支障
(送水効率の低下)
→ 粘土の圧密変形特性の再検討、
適切な維持管理が必要



- 局所的な塩類溶脱の発生が地盤の不同沈下を促進させる一因である可能性が高い
- EC値の測定が地盤の弱部を特定する指標として活用できる
- 九州有明海に分布する有明粘土地盤ではどうだろうか？
- 現在より良い状態の生産基盤を維持し、50年後の農業に貢献

一農業用土構造物の挙動予測・安定性評価一



- 実測値に基づく圧密沈下予測手法の検討 (金山ら, 2008など)
- 早期の実測沈下データによる沈下予測精度の検討 (Kaneyama et al., 2014; 2022など)
- 長期にわたる地盤の二次圧密挙動の解明と予測 (金山ら, 2001; 2004; 2020; 高橋ら, 2021; Takahashi and Kaneyama, 2022など)

ANNによる沈下予測モデルの構築→早期の実測データから長期の予測が可能
国内外の沈下データに対して予測精度を検討し、汎用性の高さを確認
沈下予測精度の向上、フィールドの管理・マネージメントに資する

機械学習を利用した地盤の 圧密沈下予測手法の検討

盛土構造物の維持管理のために

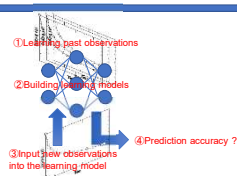
軟弱地盤上に築造される盛土構造物の沈下は古くから地盤工学上の重要な問題であり、数多くの研究者によって幅広く研究されてきた。

軟弱地盤は、その高い圧縮性と低い透水性のため築造後も長期間にわたって沈下が継続する。

海岸堤防等を建設・管理・維持することは、人々の様々な活動を保証する意味において重要である。



研究概要



学習モデル（構築されたネットワークモデル）の利用

他の地点の観測沈下量を予測した際、
モデルの性能は？

—環境に配慮した施工技術の開発—



- カキ殻を用いた土の微生物固化処理に関する基礎的研究 (山本, 2012など)
- リン酸カルシウム化合物を用いた固化技術に関する基礎的研究 (山本, 2017; Abe et al., 2022など)
- 竹繊維を混合した土の強度特性 (Kawamura et al., 2017など)
- 脱窒による間隙圧の発生を使用した微生物による砂の脱飽和 (Nakano, 2018など)
- CO₂を固定した土の強度特性の変化 (山本, 2023など)

産業廃棄物の有効活用→持続可能な農業生産基盤の構築へ
環境配慮型の固化技術の創出

CO₂の固定化に基づいた 土の安定化処理技術

研究背景

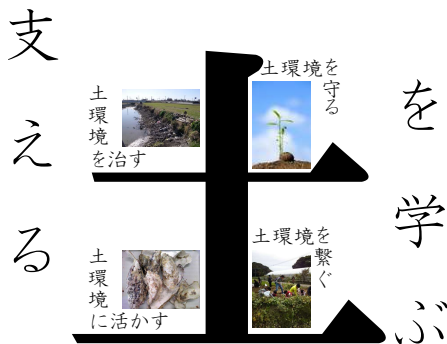
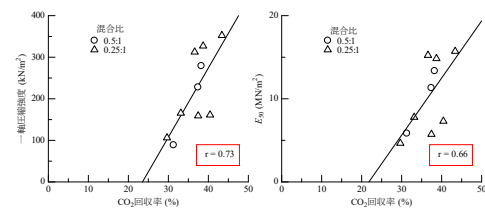
- 環境保全や資源の有効利用等に対する社会的関心の高まり
→ **周辺環境に配慮した地盤改良技術の開発**
- 海洋中のCから生成され、産業廃棄物として処分されるカキ殻
→ **カキ殻の有効な活用方法**

- 地球温暖化の進行によりCO₂削減への取り組みが加速化
→ **低環境負荷で農用地基盤・農業用構造物の強化および保全管理、炭素貯留の更なる展開に資する技術を開発**

強度とCO₂回収率

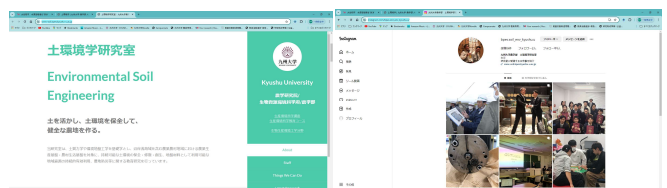
一軸圧縮強度、変形係数 E_{50} とCO₂回収率に**正の相関**が確認された。

より多くのCを貯留することによって、**強度が増大**することが予想される。



Please visit our website

<https://www-soil.bpes.kyushu-u.ac.jp/>
https://www.instagram.com/bpes.soil_env_kyushu.u/



フィールド研究を中心とした灌漑・土壌物理研究の紹介

ー農研機構で実施したことと九州大学で実施したいことー

九州大学大学院農学研究院 岩田幸良

1. はじめに

今年の4月から九州大学農学研究院の環境農学部門の灌漑利水学研究室に教授として着任しました。私は1997年に農林水産省北海道農業試験場に入省して以来、独立行政法人化等を経て現在の研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構（農研機構）でずっと研究者として働いてきました。この間、細々とではありますが、ずっと畑地灌漑の研究に携わってきました。九州大学では畑地灌漑の専門家としての役割を期待されており、これまでの知識を活かして研究や教育に取り組んでいこうと考えております。

今回、九州の皆様への自己紹介を兼ねて、これまで私が取り組んだ研究を話してほしいと依頼いただきました。私は、大学のころから土壌中の水や肥料成分、熱の移動に関する現象等を扱う土壌物理学を実施してきました。学位（博士号）研究も、どちらかというと土壌物理学の研究になります。また、農水省の研究所で研究をしたいと思ったきっかけの1つに、卒業論文や修士論文でお世話になった農水省の研究所の方が野外で楽しそうに観測をされているのをみて、自分もこのような研究をしたいと思ったことがあります。そのため、灌漑の研究を含め、野外観測を実施して、その結果を解析するという研究を農研機構では主に実施してきました。

そこで今回は、野外で実施した試験を中心に、そこから得られた結果についてご紹介させていただこうと思います。また、九州大学でこれから実施したい研究の方向性について、若干紹介させていただこうと思います。今回参加いただいた方に、私のことやフィールド研究の楽しさについて、少しでもお伝えできれば幸いです。

2. 農研機構での研究

2. 1 北海道農業試験場

大学院の修士課程を修了し、農水省に入省して、何とか希望する研究所に配属になりました。最初の配属先は札幌の羊ヶ丘にある北海道農業試験場でした。ちなみに、クラーク博士の立像の写真が観光案内などで見かけることがあります。その背景の草地や畑は北海道農業試験場の試験圃場です。最初に配属された研究室は、企画連絡室の研究技術情報科というところでした。私が配属される少し前までは、インターネットを研究所内に普及させるために作られた部署でしたが、インターネットの普及が一段落してその役目も終わったことから、これからは情報研究をするように、ということで、新規採用者が配属されるようになりました。私が配属されたときには、まだ昔の名残が残っていて、パソコンがネットワークに繋がらないとか、ソフトウェアのインストールの仕方が良くわからない、といった電話が研究部長からよくかかってきて、そのたびに部屋に伺ってパソコンの

設定をしていました。

今流行りの AI の基本的なアルゴリズムであるニューラルネットワークが当時は流行っていましたが、農業情報研究がまだ新しい分野だったこともあり、何をしたら良いのかよくわかりませんでした。研究室の先輩方も病理や栽培が専門だけれども、パソコンが得意だからという理由で配属された方々で、農業情報の専門家は全国的にもほとんどいなかったと思います。このような状況の中、研究成果はほとんどなく、何とか形になったのは総合研究チームの方々からいろいろと教わりながら作成した北海道の水稲直播栽培適地マップくらいでした (Fig. 1)。しかし、この研究成果も、成果情報という農研機構が出している冊子に掲載しただけで、札幌にいた4年間の研究で研究業績のリストに記載できるものは全くありませんでした。

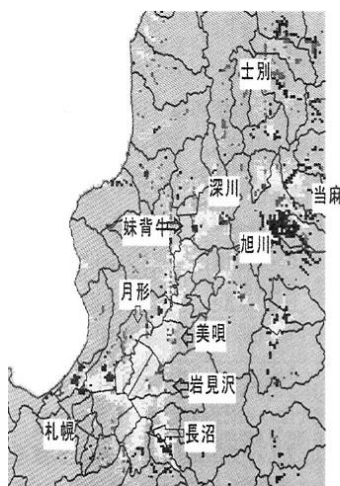


図1. 温度条件からみた石狩、空知、上川南部地域の再現期間5年の乾田直播の難易性区分図

赤 (I): 900℃以下 (直播栽培は困難、全水田メッシュの14.3%)
橙 (II): 900~1000℃ (困難、生育促進 技術の開発で可能性、全水田メッシュの24.1%)
黄 (III): 1000~1100℃ (可能であるがやや不安定、栽培技術を厳守、全水田メッシュの19.5%)
水 (IV): 1100~1200℃ (安定、全水田メッシュの14.8%)
青 (V): 1200℃以上 (安定、条件によっては中生の良食味品種直播が可能、全水田メッシュの4.7%)
黒: 土壌の透水性が大で、乾田直播は困難 (全水田メッシュの22.6%)

Fig. 1 北海道農業試験場で作成した水稲の直播栽培適地マップ

2.2 農研機構北海道農業研究センター

そんな私に転機が訪れたのは、入省から4年後の2001年です。この年、行政改革の一環として、イギリスで先行して実施されていたエージェンシー化の真似をして、省庁の各機関を独立行政法人に移行することになりました。農水省の試験場もその多くが独立行政法人化され、北海道農業試験場も北海道農業研究センターと名称変更して農研機構の傘下に入りました。その際、私が所属していた研究技術情報科は3名から2名に定員削減があり、当時目立った成果もなく、転勤しても何の問題もなかった私が異動することになりました。異動先は同じ北海道農業研究センターの畑作研究部の生産技術研究チームというところで、十勝平野の芽室町というところにあります。

生産技術研究チームは土壤肥料、農業機械、栽培の各研究者が2名ずつ、計6名から構成される研究室です。昔は分野ごとに人事が動いていて、私は農業土木の試験を受けて農水省の職員になったので農業土木の分野か、もしくは農業情報の分野だと思っていたのですが、前任者の分野が土壤肥料だったため、土壤肥料の枠でここに配属されたようです。

北海道も九州と同じで日本海側と太平洋側では気候が異なり、札幌を含む日本海側は冬に雪が多く、畑作研究部がある十勝は太平洋側で冬に晴れの日が多く、比較的降雪が少ない地域になります。雪が多いと、積雪が断熱材の役割をするため、北海道農業研究センターの本所がある札幌では土がほとんど凍結しません。一方、太平洋側の十勝平野は日本を代表する土壤凍結地帯であり、帯広畜産大学の先生などが昔から土壤凍結の研究をしてきました。現在、九州大学農学研究院の廣田知良教授が当時は主任研究官として北海道農業試験場に在籍されていたのですが、私が十勝に異動する前年に2年間のカナダでの

在外研究から戻ってきました。カナダのサスカチュワン大学で土壤凍結の研究をされていたのですが、札幌では土壤が凍結しないので、研究を続けることができなかったところ、丁度私が土壤凍結地帯の十勝に行くということで、一緒に土壤凍結の研究をしないか、と誘われました。また、北海道農業研究センター畑作研究部は隣に北海道立十勝農業試験場があるのですが、当時この試験場の技術普及部におられた三木直倫博士が、土壤が凍結した翌春に圃場の硝酸陰素の量を測定したところ、ビックリするほど高濃度の硝酸陰素が表層で検出された、ということをお教えしてくれました。この現象は冬の土壤水分の移動と関係があると思うけれど、詳細はよくわからない、とのことでした。そこで、土壤肥料の研究として、冬の土壤水分移動を詳細に観測する研究を実施することにしました。

当時はまだ各研究センターに予算の余裕があり、先行投資として新しい研究を始めるための独自の予算申請システムがありました。これに応募し、100万円程度の予算をもらって、研究室の機材もかき集めて、まずは冬季の農地における土壤水分やエネルギー収支を測定する観測を開始しました (Fig. 2)。

この観測システムは、雪面の短波・長波収支や積雪重量、地温プロファイルや地中熱流量、土壤水分量など、圃場における熱収支や水収支を観測できる総合的な観測の実施を目的として設計されました (Hirota et al., 2005)。

その中でも特に新規性が高かったのが、凍結層の下層のマトリックポテンシャルを測定可能なテンシオメータでした (Fig. 2c)。試験圃場は黒ボク土で透水性が良いことから、融雪期に深層に無視できない量の土壤水が浸透することが予想されました。当時、北海道大学で教授をされていた長谷川周一先生がかつて、つくばの農業環境技術研究所の試験圃場で下層の動水勾配を測定し、それに不飽和透水係数を掛けることで水フラックスを計算し、それで評価できない分をバイパス流として評価する、という研究を発表されました (Hasegawa and Sakayori, 2000)。この研究に着想を得て、同様の方法で融雪期の下層への浸透量を測定しようと考えました。北海道大学の長谷川教授の研究室を訪ね、相談したところ、大変だからあまりお

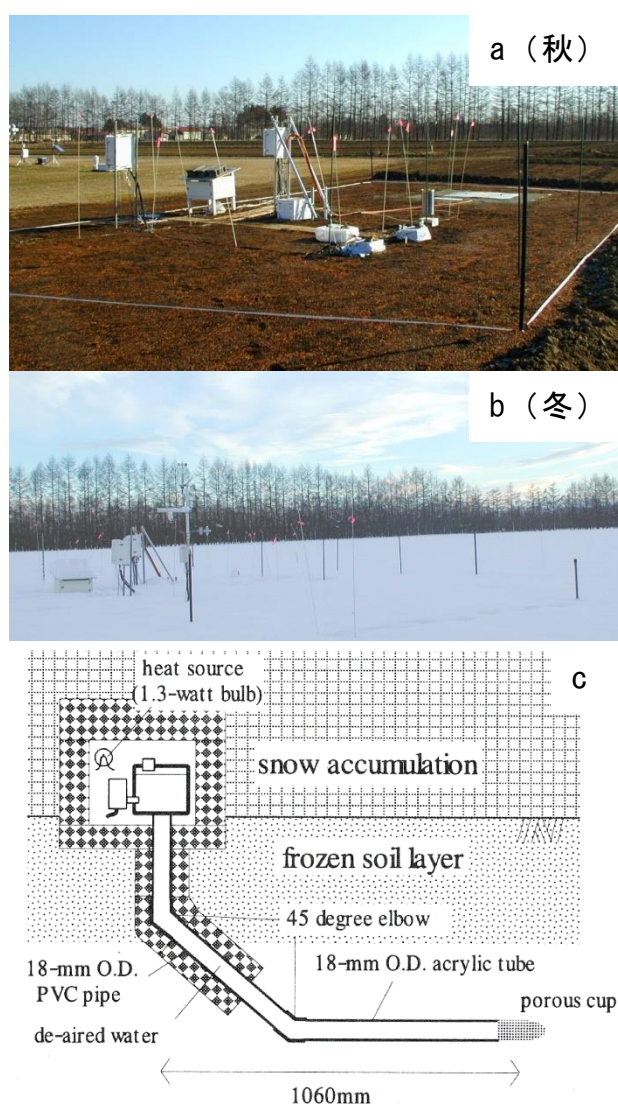


Fig. 2 土壤凍結地帯の土壤水分動態や熱収支の観測サイト (a と b) と凍結防止により長期的な下層土の圧力水頭の測定を可能にしたテンシオメータ (c)

勧めはしないけれど、とおっしゃった後で、いろいろなアドバイスをいただきました。

テンシオメータは中に水を入れる必要があることから、氷点下では凍結してしまい、測定できなくなってしまいます。そこで、凍結の恐れがある地上部と土壤凍結層の部分を断熱し、かつ小さな熱源を中に入れることで凍結を防止し、冬の間の凍結層の下のマトリックポテンシャルが測定できるように工夫しました。最初はサーモスタット機能がついた水道管の凍結防止に用いられる電熱線をテンシオメータのチューブに巻いて熱源としたのですが、電熱線の ON・OFF に伴って測定値が激しく変動してしまいました。急に熱が供給されることで、テンシオメータ内の水やわずかに含まれる空気が膨張し、計測機器内の圧力（負圧）が変動してしまうことが原因でした。そこで、豆電球を地上部の中に入れて点灯させておくことで、凍結せずにマトリックポテンシャルの測定が可能になりました。

計測を開始した 2001 年から 2002 年にかけての冬には、1 月上旬まで積雪深が 20 cm 以下で、土壤が 20 cm 以上凍結しました。下層のマトリックポテンシャルは土壤凍結の発達と後退に対して明確な反応を示し、初冬に土壤凍結が深くなるにつれて土壤が乾燥し、1 月上旬に積雪深が 80 cm 以上になると、土壤の断熱によって凍結層がゆっくりと浅くなるのに伴って下層もゆっくりと湿潤になる現象を見事に捉えていました。また、融雪期に融雪水の浸透に伴って急激に下層が湿潤化して、融雪期には動水勾配が 1 になり、下方浸透が卓越していると考えられるようなデータも得られました。これを、共同研究者の広田氏（現、九大教授）に報告したところ、面白いデータだから、ぜひ国際誌に投稿した方が良く、とのアドバイスをもらいました。初めて英語で論文を書くということもありましたが、この頃の私は論文の書き方自体をよくわかっておらず、これを論文化する際には、広田教授にご迷惑をおかけすると共に、大変お世話になりました。また、広田教授がカナダで在外研究員をされていたときに知り合いになったカルガリー大学の林正樹教授にも論文を見ていただき、かなり手を加えていただきました。その時の詳細は、岩田（2005）を参照いただければと思います。これらの方々のおかげで、何とか論文としてまとめることができました（Iwata and Hirota, 2005a）。

観測開始から 2 年目の冬には最大土壤凍結深が 15 cm 程度でした。しかし、3 年目の冬は土壤がほとんど凍結しませんでした（Iwata and Hirota, 2005b）。4 年目もほとんど凍結しませんでした。対象圃場は透水性が良好で、よほど降雨強度が強くないと表面流出は確認できません。そこで、土壤が凍結しなかった 3 年目と 4 年目は融雪水が全て浸透したと仮定して不飽和透水係数を算出し、この値を土壤が凍結した 1 年目と 2 年目に当てはめて下方浸透量を計算し、融雪水量と比較しました。その結果、最大土壤凍結深が 20 cm 程度であれば、融雪期に土壤が凍結しても融雪水と同程度の水が下方浸透しており、観測圃場では凍結層の有無にかかわらずほとんどの融雪水が土壤に浸透することが明らかになりました（Iwata et al., 2008）。

十勝は土壤凍結地帯なので、深くまで土壤が凍結することを期待していたのですが、4 年間観測を実施しても最大で深さ 20 cm 程度までしか土壤が凍結せず、しかもそのうちの 2 年間はほとんど土壤凍結層が形成されない年でした。そこで、そもそもこの地域ではどれくらい土壤が凍結するのか、ということが気になりました。北海道農業研究センターには業務科という研究サポート部門があり、圃場での栽培や調査用具、実験器具の作成な

ど、研究に関するいろいろなことを柔軟にサポートしてくれます。特に畑作研究部は育種の研究室が多く、多くの業務科職員がいました。業務科職員は、冬にも例えば食味試験や物性値の測定など、いろいろな業務がありますが、畑の作業が中心の夏に比べるといくらか余裕があります。そこで、業務科職員のスキル向上の一環として、土壌凍結深をずっと測定していました。この存在を知り、相談したところ、データを快く提供していただくことができました。観測データから、年最大土壌凍結深のトレンドを見たところ、私たちが観測を開始する 10 年ほど前から土壌凍結深が顕著に減少していることが明らかになりました (Fig. 2)。そこで、気象庁の AMeDAS の気温や積雪深を使って十勝地域全域の土壌凍結深の変動傾向を調べたところ、十勝平野の広い範囲で同様の傾向が認められました。また、気温が上昇したわけではなく、積雪深が深くなることで土壌が積雪層により断熱されるタイミングが早まったことが、この地域でみられる土壌凍結深の顕著な減少の原因であることが明らかになりました (Hirota et al., 2006)。

このことから、いくら待っても土壌が深さ 30 cm とか 40 cm くらい深く凍結することが期待できないことがわかりました。そこで、断熱材の役割をする雪を除いて土壌凍結を発達させることで過去の条件を再現し、土壌凍結深が浅い現在と土壌中の水分動態を比較しようと思い、試験圃場を設置しました (Fig. 3)。各試験区に Fig. 2 の観測サイトと同様の観測機器を設置し、土壌水分動態を観測したところ、最大土壌凍結深が 40 cm 以上になるような過去は現在に比べて、土壌凍結深が発達するときに下層から凍結層に向かって移動する水の量が多く、逆に融雪水の深層への浸透量は少なかったと考えられることが明らかになりました (Iwata et al., 2010)。

融雪水の浸透量が少なくなるということは、圃場からの表面流出量が多くなる可能性を示唆しています。しかし、Fig. 3 のようなプロットスケールでの試験では、実際に多量の融雪水が圃場の外に流出するかどうかはわかりませんでした。そこで、農業研究センター内の 1ha 程度の試験圃場を二つに分

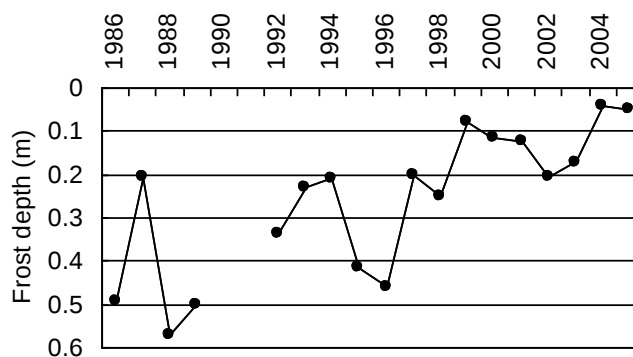


Fig. 2 北海道農業研究センター畑作研究部（北海道芽室町）で観測された年最大土壌凍結深の推移



Fig. 3 北海道農業研究センター畑作研究部（北海道芽室町）の試験圃場に設置した除雪により土壌凍結深を発達させることで過去の圃場の条件を再現した試験区（左）と現在の積雪・土壌凍結条件の対照区（右）

け、片方を圧雪により土壌凍結を発達させる試験区とし (Fig. 4a)、片方を自然積雪状態の対照区として表面流出量の比較試験を実施しました。Fig. 3 の圃場では除雪により土壌凍結深を促進させましたが、大きな面積の土壌を均一に凍結させるために圃場の雪を全て移動させた場合、雪を置いておく広い場所が必要ですし、除雪にかなりの労力が必要になります。そこで、圧雪により雪の中の空気を減らすことで雪の熱伝導率を上げることで土壌凍結を促進させることにしました。この方法でも、深さ 40 cm 以上土壌を凍結させることがわかり、過去の土壌凍結条件を再現することができました。

各試験区の低いところに溝を掘り、一番低いところに深さ 2 m 程度の穴を掘ることで集水し、中に三角堰を置いて表面流出量を測定しました。その結果、対照区では融雪期でもほとんど表面流出が生じていないのに、圧雪区だと厚さ 30 cm 以上の土壌凍結層が融雪水の浸透を抑制し、多量の融雪水が圃場の外に流出することや、それによって硝酸態窒素の溶脱が抑制されることが明らかになりました (Iwata et al., 2018)。もともと土壌凍結に伴う肥料成分の土壌凍結の研究として始めた研究でしたが、ここに来てようやく、当初の目的に答えるような結果を得ることができました。

これらの研究を芽室で 11 年間実施していたのですが、この間、土壌が凍結しなくなったことで取りこぼしたジャガイモが雑草化して、翌年の作物の栽培の邪魔になることや、ジャガイモの品種が混じってしまうなど、大きな問題となりました。これに対して生産者は除雪 (雪割り) を実施して冬に土壌を深くまで凍結させてジャガイモ (野良イモ) を退治する取り組みを始めました。私たちはこれまでの研究の蓄積を利用し、雪割りを実施するタイミングや、それによって裸地になる期間がどれくらいあれば目標とする土壌凍結深に到達し、野良イモを防除できるかを予測するシステムを作成しました (Hirota et al., 2011)。研究を始めたときにはこのような研究に発展するとは思っていませんでしたが、この研究は洞爺湖サミットと重なったこともあり、目に見える温暖化とその対策技術としてマスコミにも注目されました。また、このシステムは十勝農協連を通じて十勝の生産者の方々に役立っています。冬のマニアックな研究と思われていた私たちの研究が、思いもよらないところで注目され、実際に役立つ技術開発までつながりました。これまでの研究の蓄積があったからこそ、農業現場の動きにすぐに対応し、研究を役立つ農業技術にまで発展させることができました。この経験から、研究というのはいつ必要とされるかなかなかわからないので、とにかく続けることが大切なのかもしれない、と思いました。

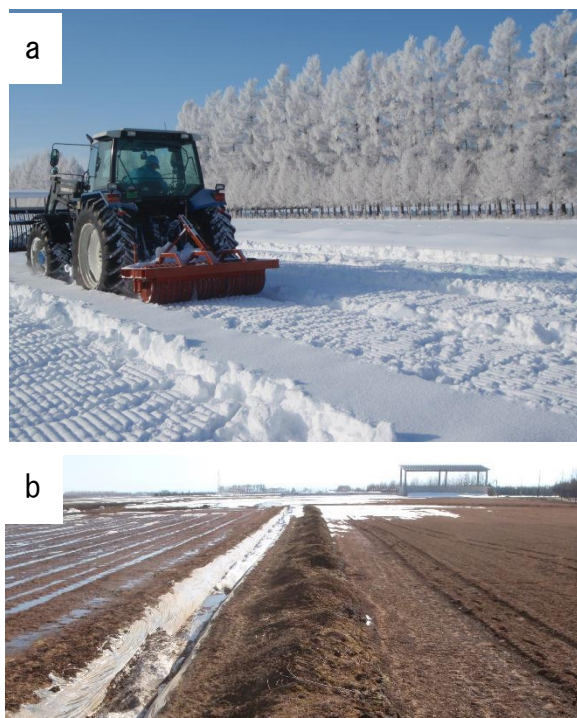


Fig. 4 土壌凍結を発達させるための圧雪処理 (a) と消雪直後の土壌表面の様子 (b, 左側が圧雪区)

十勝をフィールドにこういった研究を 11 年間続けました。この間、最初に配属された生産技術研究チームはなくなり、札幌に本体がある寒地温暖化研究チームに所属したり、農業機械の人たちと同じチームになったりして、私の周囲の環境や同僚の顔ぶれがだいぶ変わりました。そんな中、野良イモの仕事が一段落した頃、つくばの農村工学研究所から、新しい研究プロジェクトを立ち上げるにあたって、土壌中の熱の動きの解析ができる人を探しているのだけれど来ないか、というお誘いを受けました。領域長に相談したところ、もう芽室も長いし転勤した方がよいよ、と歓迎していただき、惜しまれることもなく、つくばに転勤することになりました。

2. 3 農村工学研究所

農村工学研究所（以下、農工研；現、農村工学研究部門）では、農水省の委託プロジェクト研究「施設園芸における熱エネルギーの効率的利用技術の開発」が始まり、農工研の代表者の奥島里美博士と共に地中熱ヒートポンプの研究に携わることになりました。当時は原油価格の高騰を受け、温室の暖房費の削減が求められており、省エネ効果が高い地中熱ヒートポンプを温室の暖房に導入するという課題です。3 年間の研究プロジェクトで、50～100 m 程度の深さに熱交換器を埋設するボアホールタイプに比べて、浅層に熱交換器を埋設することで安価に施工できると考えられる水平型地中熱ヒートポンプでも、補助金がないと温室の暖房への導入は難しいという結論が得られました。プロジェクト研究実施期間中に原油価格が落ち着いてきたこともあり、このプロジェクトによって地中熱ヒートポンプの農業への利用が促進されることは残念ながらありませんでした。

この研究プロジェクト終了後しばらく、原油価格が比較的落ち着いていることもあり、エネルギー関連の大型研究プロジェクトが実施されることは農業分野ではほとんどありませんでした。何とか導入コストを削減しないと地中熱ヒートポンプの農業分野での普及が難しいことがわかったので、導入コストを削減する方向で、科研費の基盤研究（C）の予算等を獲得しながら地中熱ヒートポンプの研究を続けました。この間、原油価格は落ち着いていて、特に地中熱ヒートポンプが注目されることはありませんでしたが、2018 年にアメリカ地球物理連合（AGU）の Fall Meeting に参加した際に、ワシントン DC にある AGU のゼロエミッションビルディング（二酸化炭素の正味排出量をゼロにする建物）を見学し（岩田，2018）、アメリカは京都議定書のような国際的な枠組みには参加しないのに、研究レベルでは二酸化炭素削減の取り組みが進んでいるのが不思議でした。また、2020 年のアメリカ土壤学会に参加した際には、カルフォルニア大学に留学している日本人の大学院生から、アメリカでは多くの博士課程の学生がバイオ炭の研究を実施しているという話を聞きました。丁度その年、当時の菅総理大臣が日本は 2050 年までにカーボンニュートラルを目指す、と宣言しました。すると、日本のバイオ炭やエネルギーの研究にも再び予算が付きはじめました。私も大型予算への参画を誘っていただき、2021～2022 年度は NEDO 先導研究プログラムで、2023 年度からは内閣府の戦略的イノベーション創造プログラム第 3 期（SIP3）の中で地中熱ヒートポンプの研究を続けています。

農工研での地中熱ヒートポンプの研究を通して、エネルギーなどの政策と密接に関係する研究は、研究予算についても社会情勢に大きな影響を受けるということを実感しました。土壌凍結と同じで、ここでも研究を続けていたことで、社会的なニーズが高まった

ときに大型予算の研究プロジェクトに誘ってもらえたと思うので、細々とでも研究を続けることが大切だと思いました。原油価格が安定していたときも、科研費は社会情勢の変化にあまり影響されずに予算をつけてもらえたので、このような研究予算は研究を続けて将来に備えるためにはとても大切だと思います。また、アメリカ合衆国では2020年にトランプ政権からバイデン政権になって脱炭素社会の実現に舵を切ったにも関わらず、それ以前にエネルギーやバイオ炭による炭素貯留の研究にたくさんの予算がついていたようでした。これは、日本では社会情勢が変化した後から研究予算が付き始めるのと対照的です。日米でなぜこのような違いが生じたのか私にはよくわかりませんが、偶然ではない何らかの理由があればとても興味深い違いだと思います。

農工研に転勤になったきっかけは地中熱ヒートポンプの研究でしたが、配属された研究室は伝統的に畑地灌漑の研究をする部屋でした。そのため、畑地灌漑の調査等で農水省から協力依頼が来ることがあり、新潟県の苗場地区におけるユリやアスパラガスの試験（岩田ら，2016a, b）や、佐渡島の羽茂地区におけるカキの試験（岩田ら，2019）、三重県の伊勢平野におけるサトイモの試験を実施しました。また、隣の水田灌漑の研究室が忙しかつたからか、本来水田の研究室の所掌範囲の水田転換畑の排水改良に関する農水省からの協力依頼にも対応し、宍道湖西岸地区農地整備事業所の地下灌漑システム FOEAS を施工した水田転換畑におけるアズキの圃場排水性と収量に関する調査や（岩田ら，2020）、三重県の伊勢平野の水田転換畑におけるキャベツの試験（岩田と長利，2022）、茨城中部地区の調査（宮本ら，2021）などを実施しました。

これらの研究は地域性が強いことや試験区の設定に制約があることなどから、国際誌に論文を掲載できるような研究ではありませんでした。しかし、これらの研究のうち、アスパラガスの露地栽培に関する研究をまとめたものがたまたま農研機構の野菜花き研究部門の方の目に止まり、アスパラガスの新しい栽培体系である「柰板式高畝栽培」を全国に広めるための研究プロジェクトに灌漑の専門家として誘っていただきました。この栽培方法は九州大学の近くの糸島や長崎県の壱岐など、九州でも普及してきた栽培方法であり、日本のアスパラガス生産に働き方改革を実現するためのキーテクノロジーとして期待されています。

3. 九州大学で実施したいこと

これまで述べてきたように私は野外での研究を中心に、畑地灌漑や水田転換畑の排水改良、土壌凍結の研究等を実施してきました。研究の過程でいろいろな方の協力をいただきました。特に農研機構で数本論文を書くまでは、論文の執筆が遅く、諸先輩方に根気強く論文の書き方を教えていただきました。これらの恩を直接世話になった諸先輩方にお返しすることはできませんが、九州大学で私が身に付けてきたスキルを後輩に伝授することで科学に少しでも貢献することが、恩返しにつながるのではないかと思います。

また、アスパラガスの柰板式高畝栽培では非常に高水分でも生育が旺盛なことなど（岩田ら，2023）、これまでの露地の畑地灌漑の研究では常識だと思っていたことが園芸の分野では当てはまらないことがわかりました。わからないことはまだまだたくさんあり、それらを一つ一つ、確実に解明していく必要性を感じています。

私の研究生活は地域の農業試験場からスタートしました。いきなり他の専門家に囲まれて研究することになり最初は戸惑いましたが、このような環境の中で、よく言われる分野横断型の研究が私にとっては当たり前のことになりました。その後、農工研では専門家が集まり、毎日専門的な議論ができるメリットも感じました。九州大学では専門的な研究の議論ができる場として研究室や農業土木の分野をしっかりと維持していきつつ、他の分野の研究者とも積極的に議論し、共同研究をすることで面白い研究を実施できればと考えております。九州・沖縄の皆様には、これからお世話になることが多いと思いますが、どうぞよろしくお願いいたします。

謝辞：本要旨で紹介した研究を実施するにあたり、農研機構の北海道農業研究センターや農研機構農村工学部門、野菜花き研究部門、西日本農業研究センター、九州沖縄農業研究センター、ならびにカルガリー大学や北海道大学、香川県農業試験場、気象庁気象研究所、海洋開発研究機構の方々、現地の生産者の方々にご協力いただきました。ここに記して感謝いたします。これらの研究は、生研支援センター「イノベーション創出強化研究推進事業」（JPJ007097）、JSPS 科研費（課題番号「15K07672」「19K06327」「22K05917」）、環境省「地球環境総合推進費」ならびに「地球環境保全試験研究費（地球一括計上）」、農水省「農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業」ならびに「受託研究費」、NEDO 先導研究プログラム、内閣府「戦略的イノベーション創造プログラム第3期（SIP3）」の助成を受けて実施したものです。

引用文献

- Hasegawa S., Sakayori T. (2000) : Monitoring of matrix flow and bypass flow through the subsoil in a volcanic ash soil. *Soil Science and Plant Nutrition*, 46(3), 661-671.
- Hirota T., Iwata Y., Hamasaki, T., Sameshima R., Hayashi M. (2005) : Micrometeorological conditions and the thermal and moisture characteristics of seasonally frozen soil in Eastern Hokkaido: New comprehensive hydro-meteorological observation system for atmosphere-snow-frozen soil interaction, *Journal of Agricultural Meteorology*, 60(5), 673-676.
- Hirota T., Iwata Y., Hayashi M., Suzuki S., Hamasaki T., Sameshima R., Takayabu I. (2006) : Decreasing soil-frost depth and its relation to climate change in Tokachi, Hokkaido, Japan. *Journal of Meteorological Society of Japan*, 84, 821-833.
- Hirota T., Usuki K., Hayashi M., Nemoto M., Iwata Y., Yanai Y., Yazaki T., Inoue S. (2011) : Soil frost control: Agricultural adaptation to climate variability in a cold region of Japan. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global*

Change, 16(7), 791-802.

岩田幸良 (2005) : 論文が書けない私へ. 土壌の物理性, 100, 77-78.

岩田幸良 (2018) : AGU 2018 Fall Meeting に参加して. 農村工学研究部門メールマガジン, 105, <https://www.naro.affrc.go.jp/org/nkk/m/105/03-03.pdf>.

Iwata Y., Hirota T. (2005a) : Monitoring over-winter soil water dynamics in a freezing and snow-covered environment using a thermally insulated tensiometer. Hydrological Processes, 19, 3013-3019.

Iwata Y., Hirota T. (2005b) : Development of tensiometer for monitoring soil-water dynamics in a freezing and snow covered environment. Journal of Agricultural Meteorology, 60, 1065-1068.

Iwata Y., Hayashi M., Hirota T. (2008) : Comparison of snowmelt infiltration under different soil-freezing conditions influenced by snow cover. Vedose Zone Journal, 7, 390-396.

Iwata Y., Hayashi M., Suzuki S., Hirota T., Hasegawa S. (2010) : Effects of snow cover on soil freezing, water movement, and snowmelt infiltration: A paired plot experiment. Water Resources Research, 46, W09504.

岩田幸良, 成岡道男, 宮本輝仁, 中村俊治, 松宮正和, 亀山幸司 (2016a) : 水フラックスの計算による有効土層深決定方法の検討: HYDRUS を用いた数値シミュレーションによる新しい手法の提案. 農業農村工学会論文集, 302, I_175-I_183.

岩田幸良, 宮本輝仁, 松宮正和, 中村俊治, 受川隆志, 成岡道男, 亀山幸司 (2016b) : ユリ圃場とアスパラガス圃場の有効土層と土壌水分消費型の検討. 畑地農業, 695, 9-16.

Iwata Y., Yanai Y., Yazaki T., Hirota T. (2018) : Effects of snow-compaction treatment on soil freezing, snowmelt runoff, and soil nitrate movement: A field-scale paired-plot experiment. Journal of Hydrology, 567, 280-289.

岩田幸良, 中川文男, 相田信幸, 名和規夫, 宮本輝仁, 亀山幸司, 菖蒲淳 (2019) : 新潟県佐渡市羽茂地区のカキ圃場におけるドリップ灌漑の効果. 農業農村工学会論文集, 309, I_227-I_237.

岩田幸良, 原口暢朗, 大屋輝宣, 亀山幸司 (2020) : 宍道湖西岸地区の FOEAS を設置した水田転換畑における暗渠管理設深さと地下水位・作土層の土壌水分量の関係. 農業農村工学会論文集, 311, IV_9-IV_10.

岩田幸良, 長利洋 (2022) : 伊勢平野の水田転換畑における高収益作物導入の調査事例: 営農レベルの排水改良によるキャベツ栽培の検討. 畑地農業, 766, 1-13.

岩田幸良, 柳井洋介, 山地優徳, 池内隆夫, 吉越恆 (2023) : 水田転換畑でアスパラガスを安定して栽培できる枠板式高畝栽培. 畑地農業, 770, 19-27.

宮本輝仁, 岩田幸良, 亀山幸司 (2021) : 農業気象データを活用した水田転換畑の保水量の簡易推定. 農業農村工学会論文集, 89(1), II_33-II_39.