総 説

北海道畑作の大規模化における課題と今後の展望

辻博之

農研機構 北海道農業研究センター

Problems and Subjects of Farming in Hokkaido Awaiting Solution.

Hiroyuki Tsuji

NARO・Hokkaido Agricultural Research Center

北海道の畑作地帯ではコムギ、バレイショ、テンサイ、マメ類の4品目による輪作を基本に、野菜類を含めた輪作体系が行われている。農家戸数の減少に伴い、1戸あたりの経営耕地面積が増加するなかで、作業競合の回避や労働時間を削減する技術を導入して輪作の維持を可能にすることは、北海道畑作の農作業の大きな課題である。そこで、本報では、まず、畑輪作における作業競合の現状、主要作物の作業の概要と、輪作上の課題に対応した技術開発の状況を概説する。次に、高性能収穫機等の機械利用、自動操舵、精密農業等の普及が進みつつある技術や開発中の技術、それらを用いた作業支援等に関する取り組み状況を解説し、最後に、北海道の畑作における農作業の今後の課題について述べることにする。

キーワード：営農上の課題、作業競合、輪作

1. 緒言

北海道では明治以降に開墾が進められ、なかでも、道東地域をはじめとする火山灰土壌地域では、畑作を中心とした農業生産が行われてきた。大正から昭和初期にかけてはバレイショやマメ類の連作が行われたが、センチウ害などの連作障害が深刻になり、アマやテンサイ等の工芸作物に適した作付け間隔を基本に輪作が検討された。その後の作目の変遷を経て、1970年代以降はコムギ、バレイショ、テンサイ、マメ類の4品目（オホーツク海側の一部ではマメ類を除く3品目）による輪作を基本に、野菜類を含めた輪作体系が行われている。

この間、1戸あたりの経営耕地面積は一貫して

増加してきた。十勝地域の1戸あたりの経営耕地面積は1970年には約11haであったが、2010年には約37haと3倍以上に増えており（北海道十勝総合振興局2016）、近年では農家戸数の減少に伴い、1戸あたりの経営耕地面積の増加率はさらに高まる傾向を示している。このような状況の中で、労働生産性が高いコムギの作付面積が増え、テンサイやバレイショのようにコムギよりも面積当たりの所得が高いものの、単位面積あたりの投下労働時間が多い作物の作付面積は減る傾向にある。北海道畑作の農作業の課題として、急激に規模が拡大する中で、作業競合の回避や労働時間を削減する技術を導入することで輪作を維持しつつ、所得向上を図ることの重要性が増している。

そこで、本稿では、北海道の畑輪作における作業競合の現状とコムギ、バレイショ、テンサイ、マメ類の作業の概要と、輪作上の課題に対応した新技術の開発状況を概説する。また、新技術に対する取り組み状況を解説した後、北海道の畑作における農作業の今後の課題について述べることにする。

2018年2月6日受付

2018年2月20日受理

Corresponding author

辻博之 Hiroyuki Tsuji

〒081-0081 北海道河西郡芽室町新生南9-4

9-4 Shinseiminami, Memuro, Kasai, Hokkaido 082-0081, Japan

E-mail : tuzihiro@affrc.go.jp

図1 北海道における35haの経営を想定した旬別労働時間
秋播きコムギ40%, テンサイ, バレイショ, ダイズを各20%ずつ作付した場合.
北海道農政部2013を参考に筆者作図.
本図に示した投下労働時間には圃場外での準備作業や圃場への移動時間を含まない.
北海道の畑農作業の実作業率は0.65から0.8であり, これらの準備や移動を含めた労働時間は, 図に示した数値に比べて25%から54%多い. 図2から図5も同様である.

図2 北海道の秋播きコムギ生産における作業時期と1haあたり投下労働時間
北海道農政部2013を参考に筆者作図.
投下労働時間には圃場外での準備作業や圃場への移動時間を含まない.

2. 北海道の畑輪作において作業競合が大きい時期

図1に経営耕地面積を35haとし, コムギを40%, テンサイ, バレイショ, ダイズを20%作付した場合の旬別労働時間を示した(北海道農政部2013を参考に筆者作図). バレイショの植付け, テンサイの移植が重なる4月下旬と, バレイショの収穫とコムギの耕起と播種が重なる9月上旬から中旬の投下労働時間が150時間を超えており, 作業競合が大きい時期となっている. 北海道の畑農作業の実作業率は0.65から0.8とされており, これらに準備や移動を含めた実際の労働時間は, 図に示した数値に比べて25%から54%多く, この間の何日かは降雨等により作業ができない場合

があることに留意すると, 家族労働(労働者2名)を想定した作業としてはかなりの重労働となる. この時期の作業競合を軽減し, 規模拡大と畑輪作の継続を両立するため, 効率的な作業技術や, 労働分散が可能な技術の開発・導入が検討されている.

3. 各作物の作業体系と課題

1) コムギ

北海道におけるコムギ栽培は, 秋播きコムギが中心であり9月中旬に播種し, 7月下旬から8月上旬にかけて収穫される(図2). コムギの作業は省力化が進んでおり, 2015年度の北海道畑作コムギの投下労働時間は2.8時間/10aと他の作物に比べて短い(農林水産省2017a). しかし,

北海道におけるテンサイ栽培の大きな特徴は、長さ 13 cm の紙筒ポットで約 45 日育苗し、本圃に移植する紙筒移植栽培である。紙筒移植栽培は直播栽培に比べて約 15% 収量が高いため、栽培技術が開発された 1960 年代以降に直播栽培に変えて紙筒移植栽培が普及し、1985 年には全道の 95% 以上が紙筒移植栽培となった（長尾 2013）。紙筒移植栽培では、播種機（紙筒への土詰め、突

図 4 北海道のダイズ生産における作業時期と 1 ha あたり投下労働時間
北海道農政部 2013 を参考に筆者作図。
投下労働時間には圃場外での準備作業や圃場への移動時間を含まない。

き固め、播種)、移植機(機上で紙筒を分離、不良苗自動選別機構、苗振り分け装置)などの専用の機械類が開発され、作業能率が高められてきた。図 3 にはテンサイ移植栽培における投下労働時間と作業時期を示した。

テンサイの収穫は茎葉処理機(タッパ)で茎葉部を切断し、その後ハーベスタで根部を収穫し、収穫物を圃場周辺に設けた土場に堆積する方式がとられている。

このように、機械化を進めた結果、テンサイ栽培の投下労働時間は 1970 年に約 50 h/10 a であったものが、2015 年は約 14 h/10 a (農林水産省 2017b) に短縮された。しかしながら、育苗から移植までの投下労働時間は今なお多く、テンサイの育苗と移植にかかる投下労働時間は 5.6 h/10 a であり、総投下労働時間全体の約 40% を占める。このため、4 月下旬の労働競合は大きく(図 1)、テンサイの作付面積が減少する要因となっている。近年では直播栽培が見直され、十勝地域では 2015 年の約 25,700 ha の作付面積のうち約 5,300 ha が直播栽培により作付けされている(JA ネットワーク十勝・十勝農業協同組合連合会 2017)。

直播栽培の課題は、苗立ち不良や出芽後の風害等による収量の不安定さを克服することにある。このため、栽植密度は移植では約 7,000 本/10 a であるのに対して、直播栽培では約 9,000 本/10 a に高めることが多い。また、出芽率を高める条件の検討が行われ、砕土条件、土壌の特性に対応して鎮圧を行うことで、出芽率は高まることが報告されている(稲野ら 2006a, 稲野ら 2006b, 稲野ら 2007)。出芽直後の風害は欠株を増やすこと

から、風害対策として被覆作物が利用されている(大波ら 2006)。また、テンサイ直播栽培の条間についても検討されており、慣行の 60 cm または 66 cm に対して、狭畦(条間 45 cm 程度)栽培が検討された。有田(2003)はテンサイ直播栽培における収量は標準栽培(条間 60 cm)に比べて狭畦栽培(同 45 cm)で上回ることを報告している。

3) マメ類

北海道のマメ類栽培は、ダイズ、小豆、菜豆を中心に行われている。図 4 にはダイズ生産における投下労働時間と作業時期を示した。マメ類の播種適期はダイズでは 5 月中旬から下旬であり、その後、小豆、菜豆が播種適期となる。畑作地帯ではこの時期の作業競合は小さいが、水田転換畑では水稻の移植期とダイズの播種期は重なっており、水稻の移植が優先して行われる。このため、水田転換畑では水稻移植期前にダイズが播種されることが多かったが、早生品種を田植え終了後に晩播(5 月下旬から 6 月上旬)することにより作業分散がはかられている(渡辺ら 2006)。マメ類の条間は 66 cm が多い。

作業ピークは中耕や除草を行う 6 月下旬から 7 月上旬であり、この時期の除草に取り残しが多いと、収穫前の拾い除草における労働時間が増加する(辻 2013)。マメ類の収穫は菜豆が 9 月上旬から収穫が始まり、その後小豆、ダイズの順番に行われる。マメ類の収穫は機械化が進んでおり、ダイズでは専用コンバインによる収穫が多いが、近年は、コムギ収穫用に用いられる大型コンバインを利用する収穫体系が増えてきた。また、コ

図5 北海道のパレイショ生産における作業時期と1 haあたり投下労働時間
北海道農政部 2013 を参考に筆者作図。
投下労働時間には圃場外での準備作業や圃場への移動時間を含まない。

ムギ用のグレーンドリルを用いたダイズの狭畦栽培（条間 19 cm から 30 cm）も見られ（藤田ら 2015），大型コンバインを用いて収穫することで，コムギと概ね同等の投下労働時間でダイズを栽培する例も見られる。

4) パレイショ

北海道のパレイショは青果用（主に家庭向け販売用），加工用（ポテトチップスやフライ・サラダ等の調理加工用），澱粉原料用，種いも用が生産されており，それぞれ異なる栽培方法がとられている。図5には加工用パレイショ生産における投下労働時間と作業時期を示した。作業のピークはいも切から植付けまでの4月上旬から5月上旬と収穫期にあり，この時期の作業を効率的に行うことが大きな課題となっている。

パレイショは，おおむね 30 g から 70 g ぐらいの種いもは全粒で，70 g から 140 g ぐらいまでは2つに切り分けて（いも切作業）植付けられている。それ以上の大きさの種いもは3つから4つに切り分けられる。植付けは円盤型の半自動プランタや全自動プランタを用いて行われる。また，種いも芋を2つに切断しながら植付けるカッティングプランタも普及している。したがって，全粒と2つ切りで使う大きさの種いもを利用する場合はいも切作業を省略できる。培土は萌芽後に2回に分けて行うのが一般的であるが，加工用品種では萌芽前に培土を行う（早期培土）場合もある。

収穫作業は，収穫の2週間ぐらい前に枯ちよう剤を散布して茎葉を枯らし，収穫は9月上旬から

10月上旬に専用のハーベスタを用いて行われる。収穫時の作業は収穫機を操作するオペレータ，収穫物運搬作業を行う者のほかに，収穫機上で土塊や礫などと生産物とを選別する者が必要であり，このうち選別に多くの労働時間が必要となる。このほかに，パレイショは衝撃を受けると貯蔵中に変色が生じ，食品加工時の歩留まり低下などの品質低下が生じる（打撲黒変）。この打撲黒変の軽減や緑化の防止による規格歩留まりの向上も課題となっている。

大津（2008）は，全粒種いもの利用によるいも切作業の省略，畦から土塊や礫を除去する播種床造成（ソイルコンディショニング），収穫後に定置選別を行うことによる，収穫機上での選別作業の省力化により，パレイショ生産における投下労働時間を慣行の4割に削減できることを報告している。また，若林ら（2012）は，労働費削減による10a当たりのコスト低減（慣行より6%減）を報告している。

また，ソイルコンディショニングは，上いも収量は慣行の栽培法と同程度であるが，緑化割合は減少し，1個重が増加するため，規格品率が增加することが認められている（鈴木 2003）。このほかに，打撲黒変の軽減については品種の耐性等（高田ら 2000）について検討が進められている。

加工用パレイショに比べて，澱粉原料用パレイショ生産は，選別にかかる労働時間が少ないため省力的な栽培が可能である。これに対して，種いも生産では，植物防疫法に基づく検査に対応するため，ほ場の選定，土壤検診，種いも予措・施

肥・植付け方法、ほ場における病株等の抜き取り等について、生産管理基準が定められており（北海道 2017）、加工用バレイショに比べて投下労働時間が長い。国産バレイショの供給の安定化を図るには、種苗供給の安定化は不可欠であり、種いも生産の省力化は大きな技術的課題である。

図6 バレイショ栽培跡地の野良いも対策の冬季の雪割り（帯広市）
厳冬期に雪割りをを行い土壌の表面を露出させた圃場（右側）。土壌が露出した部分の凍結を進める。凍結深が約 30 cm となる時期を積雪量と気温を用いた土壌凍結深モデルにより予測し、再度雪割り作業を行う。現在雪を集めている場所を露出させることで圃場を均等に凍結させる。

また、バレイショ栽培ではジャガイモシストセンチュウ対策が重要な課題であり、掘り残したいもが越冬後萌芽し雑草化する「野良いも」もセンチュウ害発生の一因となっている。「野良いも」を枯死させるため、厳冬期に雪割りをを行い、土壌を露出させて凍結させる作業が行われている（図6）。この作業は、気象データ（積雪深と気温の日平均値）から土壌凍結深を推定するモデルを用い、凍結深を予測しながら行われ、凍結深を最適に制御している（Hirota et al. 2011, 矢崎ら 2012）。

4. 新技術導入の状況

1) 高性能機械利用による省力化

繁忙期の作業競合を大型の高性能機械の利用によって緩和しようとする場合、個別の生産者が機械を導入すると、導入コストが過大になりやすい。前述した、バレイショのソイルコンディショニング、全粒種いもの植付け、オフセットハーベスターによる収穫体系は、バレイショの集荷業者や農協による作業受託が一部で行われており（細山 2014）、高能率な 2 畦収穫機も使われている。

テンサイでは、欧州製の大型機械を用いた収穫体系（図7）の導入が検討されており、機械体系が定着する条件（樋口ら 2009）、直播栽培の導入

慣行体系
タッピング（茎葉除去）

収穫機（1 畦収穫）

収穫物の一時堆積

大型機械収穫体系
6 畦収穫機（タッピングは収穫と同時に実施）

収穫物の堆積

図7 テンサイ収穫における慣行の作業体系（上）と大型機械収穫体系（下）。

表1 トラクタオペレーションへの自動操舵導入の期待と実感

調査項目	導入前期待値	導入後実感	
作業精度	4.8	4.9	(1:下がる, 2:やや下がる, 3:変わらない, 4:やや上がる, 5:上がる)
作業負担	5.0	5.0	(1:つらくなる, 2:ややつらくなる, 3:変わらない, 4:やや楽になる, 5:楽になる)
一人当たりの負担面積	4.2	4.2	(1:減る, 2:やや減る, 3:変わらない, 4:やや増える, 5:増える)
年間作業時間	3.2	3.1	(1:減る, 2:やや減る, 3:変わらない, 4:やや増える, 5:増える)
収量	3.8	3.6	(1:減る, 2:やや減る, 3:変わらない, 4:やや増える, 5:増える)

オペレータに対するアンケート（回収数19）のうち、自動操舵によるトラクタオペレーションを経験している者（回答数11）を集計した。上記項目に対する有効回答は10である。

回答者の年齢は平均45.9歳（29歳から62歳）、オペレータの経験年数は平均25年（7年から44年）、自動操舵の導入年数は平均2.8年（2年から5年）で、性別はすべて男性である。

表2 自動操舵の使用により負担軽減を感じる作業時間と作業内容

負担減を感じる作業時間	人数	負担減を感じる作業内容
2時間未満	5名	播種, 長時間作業, 直線作業（播種, 整地）
2時間以上4時間未満	3名	播種・植え付け, 整地, 低速作業（ばれいしょ収穫, ロータリ耕）
4時間以上6時間未満	0名	
6時間以上8時間未満	1名	播種・植え付け（コムギの夜間作業）
8時間以上	1名	碎土・整地・畦立て

と収穫の外部委託による省力性等が明らかにされている（若林ら2012）。

野菜生産においても高能率な機械を共同で利用することが検討されている。鹿追町の加工・業務用キャベツ生産は、育苗は農協が運営する育苗センターで行われ、生産農家は全自動移植機（2条植1日当たり最大80アール）を共同利用して定植し、その後の管理を行う。収穫作業は作業を受託した業者がキャベツ収穫機を用いて収穫・機上選別・調製を行い、農協が集荷し販売する体系が定着しつつある（青木2013, JA鹿追町農産課2014）。

2) 自動操舵や精密農業の試み

北海道の農業では、GPSやGNSS（全地球測位システム）を用いたガイダンスシステムのトラクタオペレーションへの導入が早くから検討され（井上ら2012）、その後、自動操舵の導入が

都府県に先駆けて進んでおり、2016年度の自動操舵装置の北海道向けの出荷台数は、1220台で、2008年度以降の累計出荷台数は2800台を超えており、この間の全国出荷台数の94%が北海道向けとなっている（北海道農政部2017）。自動操舵に対する生産者の期待と実感について自動操舵を導入した11名のオペレータにアンケートを実施したところ、オペレータは作業精度の向上と作業負担の軽減に対する期待が大きく、実際にその効果を感じていた（表1）。一人当たりの負担面積の増加に対する期待と評価も高く、自動操舵の導入は経営面積の拡大に対応するために進められていることがうかがえる（表1）。また、オペレータの多くは自動操舵の負担軽減効果を4時間未満で実感しており、播種・植付けや、碎土・整地作業のように、一定速度の直線作業を長時間続ける作業で負担の軽減を感じていた（表2）。

精密農業に関しては、土壌診断結果を基にした

土壌肥沃度に応じて圃場ごとに施肥量を変えることが以前より指導されており、この施肥量をベースに、生育センサを用いて圃場内のばらつきを把握し、コムギ追肥の可変施肥を行うシステム（原ら 2015）が実用化され、テンサイやバレイショを対象にしたマップベースの可変施肥も実用化が検討されている（丹羽ら 2016）。生育状況や土壌肥沃度の把握には衛星画像、無人ヘリ、ドローンの利用がすでに実施されており、礫の深さ等のセンシングも検討されている（若林ら 2016）。さらに、それら複数の情報に基づいた可変施肥をさらに効率的に実施することが検討されている（原 2016, 丹羽ら 2016）。これらの、精密農業技術を進める上で取得される生育マップなどの生育情報や、自動操舵を用いた作業で得られる位置情報とこれに紐づけされた燃料消費量等の生産情報は、ボーダレスな土地利用により大型機械を効率的に運用使用とした場合に、収益や費用の按分に欠かせない情報となることが予想される。

2017 年度に始まった農林水産省平成 28 年度補正予算「革新的技術開発・緊急展開事業」（うち経営体強化プロジェクト）では、研究機関、実需、機械メーカー、農協、生産者等 18 機関が参画し、大型収穫機の運用方法の検討等とともに、精密農業技術の開発や、情報利用の方法を検討している。

3) 耕起方法に関する取り組み

北海道の畑作における耕起体系は、反転プラウによる耕うんと、碎土の組み合わせが一般的であったが、トラクタ等の農業機械の大型化が進み、踏圧の影響が懸念されている。また、北海道では地温を高めるため、ロータリ耕等により土壌を膨軟にすることが行われてきたが、これらの耕起法を見直す動きがある。

テンサイ直播栽培において、稲野ら（2006a, 2006b, 2007）は、適度な鎮圧が出芽・生育に好影響を及ぼすと報告しており、耕起体系の見直しが行われている。また、チゼル耕等による簡易耕はコムギ播種前で検討され、碎土が良好で（稲野、鈴木 2011）、越冬後の茎数が増えること（稲野ら 2011）が報告されている。ダイズ、テンサイでは浅耕や不耕起栽培が検討され、慣行栽培と概ね同等の生育と収量を示すことが報告されている（Bource et al. 2009, Miyazawa et al. 2004a）。また、省耕起栽培時の雑草の多様性についての検討

や（Miyazawa et al. 2004b）、農家圃場の埋土種子密度と雑草発生量の観点から、不耕起栽培の導入可能面積の試算が行われた（辻ら 2013）。このほかに、温室効果ガス削減や土壌炭素蓄積の観点からも耕起法の影響が検討されたが、有機物還元や堆肥施用の効果に比べて耕起法の影響は小さいことが報告されている（Koga and Tsuji 2009, Yazaki et al. 2011）。不耕起栽培や簡易耕栽培については、地温が上昇しにくい北海道の気象条件が不利に働くことから、試験研究段階のものが多く、前述した間作等の播種技術の変更とあわせて見直しが進むものと考えられる。

5. 今後考えられる北海道の畑農作業の課題

以上のように、急激に進行する規模の拡大の中で輪作を維持するために、より省力的な作業技術や大型機械利用技術、情報利用による適切な作業や精密農業技術の開発が進められてきた。しかし、家族経営による規模拡大は限界に達しつつあり、今後は農業経営外の労働力による高精度な作業支援が必要になると考えられる。円滑な支援には自動操舵や情報支援技術がより重要になると考えられる。また、ロボットトラクタ作業等の無人作業技術についても開発が進められているが（野口 2016）、実際の農作業は多岐にわたり、補助的な作業も含めた無人化には長期的な取り組みが必要となる。

今後、人口の減少が進む北海道の農村地帯では、地域の限られた労働力が他産業と競合する中で、農業生産を続けていく必要がある。農作業技術の進歩は重労働から生産者を開放してきた。しかし、農作業は今でも野外での長時間の作業を短い期間に集中して行う構造になっており、このような作業に従事する労働力を外部から調達する場合には、不利に働く可能性がある。

これらを考慮すると、今後の作業技術は圃場での生産技術に限らず集荷・流通システムを含めた改善が必要となってくると考えられる。前述したキャベツの機械収穫では、体系の定着はキャベツの流通を従来のダンボール包装からコンテナ流通に変更したことが、収穫機の開発と同様に重要なイノベーションとなった（JA 鹿追町農産課 2014）。また、テンサイにおける大型収穫機の利用についても、産地における生産から製糖工場に

おける受け入れまでの体制をあわせて支援体制を見直すことが検討されている（木山ら 2015）。

今後も個別の作業技術の開発により省力化や軽労化を進めるとともに、集荷や流通段階を含めて農業生産システムを見直し、労働力を外部から得られやすい作業環境作りを進めていく必要がある。

謝辞

本稿に示した、自動操舵に関するアンケート調査は農林水産省平成 28 年度補正予算「革新的技術開発・緊急展開事業」（うち経営体強化プロジェクト）で実施した。調査にあたり、ご協力いただいた鹿追農業協同組合の今田伸二氏、ご回答いただいた「ICT 等先進技術研修会」に参加された生産者の皆様に深く感謝いたします。

引用文献

- 青木 循（2013）：新型キャベツ収穫機，農機誌 75：239-241。
- 有田敬俊（2003）：テンサイ直播畦畦栽培の収量性とその要因，てん菜研究会報 45：14-19。
- Bource M, Kataoka T, Tola E, Okamoto H and Shibata Y（2009）：Yield report for soybean under No-tillage and conventional tillage field. (Phase 1 in 2007-2008), J. Hokkaido Branch Jpn. Soc. Agric. Machinery 49：21-26。
- 藤田正平・黒崎英樹・大西志全・笛木伸彦（2015）：道央転換畑地帯における大豆狭畦栽培の現状と適正な栽植密度，北農 82(1)：34-43。
- 原 圭祐（2016）：光学センサ等複数の圃場情報を活用した精密圃場管理，日本写真測量学会誌 55(1)：42-45。
- 原 圭祐・須田達也・渡部 敢（2015）：センサベース可変施肥の小麦生産における評価，農業食料工学会誌 77(6)：485-493。
- 樋口昭則・渡邊大樹・仙北谷康（2009）：てん菜自走式多畦収穫機の定着可能性の検討，農業経営研究 47(1)：70-75。
- Hirota T, Usuki K, Hayashi M, Nemoto M, Iwata Y, Yanai Y, Yazaki T and 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: 791-802。
- 北海道（2017）：平成 29 年種馬鈴しょ生産管理基

準，<http://www.pref.hokkaido.lg.jp/ns/nsk/grp/H29seisankanrikijun.pdf>（2018 年 1 月 17 日閲覧）。

- 北海道農政部（2013）：北海道農業生産技術体系，北海道農業改良普及協会，札幌市。
- 北海道農政部（2017）：農業用 GPS ガイダンスシステム等の出荷台数の推移，<http://www.pref.hokkaido.lg.jp/ns/gjf/jisedai/syukka.htm>（2018 年 2 月 6 日閲覧）。
- 北海道十勝総合振興局（2016）：とかちの統計，農林業センサス，農家数・経営耕地面積の推移，<http://www.tokachi.pref.hokkaido.lg.jp/ts/tss/move/toukei/index.htm>（2018 年 1 月 16 日閲覧）。
- 細山隆夫（2014）：加工用ばれいしょ作業委託者の性格と展望—帯広市を対象として，北農研センター農業経営研究 112：43-56。
- 稲野一郎・前野眞司・鈴木 剛（2011）：秋まき小麦の簡易耕の導入が土壌物理性と小麦の生育に及ぼす影響，農機北海道支部報 51：33-38。
- 稲野一郎・桃野 寛・鈴木 剛・有田敬俊（2006a）：直播てんさいの出芽率向上に関する研究（第 1 報）播種機鎮圧輪による出芽率向上技術，農機誌 68：75-82。
- 稲野一郎・大波正寿・鈴木 剛（2006b）：直播てんさいの出芽率向上に関する研究（第 2 報）中層鎮圧による出芽率向上技術，農機誌 68：83-90。
- 稲野一郎・大波正寿・鈴木 剛（2007）：直播てんさいの出芽率向上に関する研究（第 3 報）粗碎土および仕上げ碎土時の中層鎮圧法，農機誌 69：59-66。
- 稲野一郎・鈴木 剛（2011）：バレイショ収穫後の圃場における簡易耕うん機の性能，農機北海道支部報 51：27-32。
- 井上慶一・大内秀樹（2012）：GPS とジャイロを内蔵した高精度・高安定ハイブリッド GNSS 航法装置，北農 79(3)：289-299。
- JA ネットワーク十勝・十勝農業協同組合連合会（2017）：十勝農業ビジョン 2021，<http://www.nokyoren.or.jp/pdf/vision2021.pdf>，（2018 年 1 月 13 日閲覧）。
- JA 鹿追町農産課（2014）：キャベツ機械化とコスト削減で産地再生を目指す，ニューカントリー 722：60-61。

- 木山邦樹・小野寺俊幸・清野政彦・山下邦昭・岡本一男・仙石幸三・今村城久・川本靖信 (2015): てん菜収穫・輸送作業体系再編集約事業について (農作業受委託仲介システム確立を目指して), てん菜研究会報 56: 26-29.
- Koga N and Tsuji H (2009): Effects of reduced tillage, crop residue management and manure application practices on crop yields and soil carbon sequestration on an Andisol in northern Japan, *Soil Sci. Plant Nutr.* 55 (4): 546-557.
- Miyazawa K, Tsuji H, Yamagata M, Nakano H and Nakamoto T (2004a): Response of soybean, sugar beet and spring wheat to the combination of reduced tillage and fertilization practices, *Plant Prod. Sci.* 7: 77-87.
- Miyazawa K, Tsuji H, Yamagata M, Nakano H and Nakamoto T (2004b): Responses of weed flora to combinations of reduced tillage, biocide application and fertilization practices in a 3-year crop rotation, *Weed Biol. Manag.* 4: 24-34.
- 長尾正克 (2013): 第3章寒地畑作の要 - テンサイ, 新北海道農業技術発達史, 北海道地域農業研究所, 札幌, pp.200-233.
- 中道浩司・五十嵐俊成・高松 聡・佐藤三佳子・柳原哲司 (2014): 秋まきコムギ品種「きたほなみ」の越冬前生育と播種後有効積算気温の関係, *日作紀* 83 (3): 267-272.
- 丹羽勝久・横堀 潤・米山 晶・品川浩一 (2016): 低層リモートセンシングによる圃場の土壌情報モニタリング, *農業農村工学会誌* 84 (9): 749-752.
- 野口 伸 (2016): 情報システムの利活用による農業の産業競争力の向上- 農業ロボットの社会実装に向けた課題と展望, *学術の動向* 21 (5): 71-75.
- 農林水産省 (2017a): 田畑別小麦の作業別労働時間, 平成 27 年産米及び麦類の生産費, <http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/List.do?lid=000001181483> (2017 年 12 月 26 日閲覧).
- 農林水産省 (2017b): 原料用かんしょ・原料用ばれいしょ・てんさい生産費, 投下労働時間, 平成 27 年産工芸農作物等の生産費, <http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/List.do?lid=000001156946> (2017 年 12 月 26 日閲覧).
- 奥野林太郎 (2005): 衛星リモートセンシングを用いた小麦適期収穫支援システム, *農機誌* 67 (5): 17-19.
- 大波正寿・稲野一郎・鈴木 剛・梶山 努 (2006): テンサイ直播栽培における被覆作物利用による風害軽減効果, *育種・作物北海道談話会報* 47: 61-62.
- 大津英子 (2008): 加工用バレイショのソイルコンディショニング栽培体系, *農機誌* 70 (6): 8-11.
- 佐々木康洋 (2015): 空知型輪作における大豆間作小麦栽培の取り組み, *あぐりぼーと* 118: 8-9.
- 佐藤導謙・沢口敦史 (1998): 北海道中央部における春播コムギの初冬播栽培に関する研究 - 播種期と越冬性について -, *日作紀* 67 (4): 462-466.
- 佐藤導謙・土屋俊雄 (2002): 北海道中央部における春播コムギの初冬播栽培に関する研究 - 窒素施肥法が収量および子実粗タンパク含有率に及ぼす影響 -, *日作紀* 71 (4): 455-462.
- 沢口敦史・佐藤導謙 (2001): 北海道中央部における春播コムギの初冬播栽培に関する研究 - 適正播種量について -, *日作紀* 70 (4): 505-509.
- 鈴木 剛 (2003): バレイショ播種床造成栽培法における収量性の向上と適応土壌型, *北海道立農試集報* 85: 21-24.
- 高田明子・小林 晃・津田昌吾・森元 幸 (2000): バレイショにおける塊茎打撲耐性の品種・系統間差, *育種・作物北海道談話会報* 41: 77-78.
- 辻 博之 (2013): 大豆除草管理目標値の設定, *ニューカントリー* 707: 70-71.
- 辻 博之・永田 修・矢崎友嗣 (2013): 北海道の水田輪作体系における不耕起栽培体系の可能性と転換畑から発生する温室効果ガス抑制効果の試算, *米麦改良* 2013 年 9 月号: 12-19.
- 若林勝史・石田茂樹・大津英子 (2012): てんさい直播とばれいしょソイルコンディショニングを核とする新生産体系の経営的評価, *北農* 79: 39-44.
- 若林勝史・丹羽勝久・北川 巖・澁谷幸憲 (2016): 電磁誘導探査装置 EM38-MK2 を用いた土層構成マップの作成, *農作業研究* 51 (別 1): 59-60.

渡辺治郎・大下泰生・本多健一郎・小西和彦・辻博之 (2006) : 北海道におけるダイズの遅まき栽培によるダイズわい化病の発病率低下, 日作紀 75(2) ; 136-140.

矢崎友嗣・広田知良・鈴木 剛・白旗雅樹・岩田幸良・井上 聡・臼木一英 (2012) : 北海道の気候条件から見た土壌凍結深制御による野良イモ防除の作業日程, 生物と気象 12 ; 12-20.

Yazaki T, Nagata O, Sugito T, Hamasaki T and Tsuji H (2011) : Nitrous oxide emissions from an Andosol upland field cropped to wheat and soybean with different tillage systems and organic matter applications, J. Agric. Meteorol 67 (3);173-184.

Abstract

In Hokkaido, a four-crop rotation system consisting of wheat, potato, sugar beet, and beans was executed for vegetable production. The number of farm households has decreased, whereas the

area of farmland per farmer is rapidly increasing. Under these circumstances, introduction of new technologies for avoiding farm work competition and working time are important for maintaining crop rotation. In the present study, we first presented an outline of the farm work competition in field crop rotation and farm work involved in the production of each major crop, and provided information of the techniques corresponding to the farming problems in crop rotation. In next, we gave the information of spreading novel technologies, e.g., the use of high-performance harvester, automatic steering tractors, and precision farming, and developing support systems. Finally, we discussed the new subjects of farm work and farming awaiting solution in the future in Hokkaido.

Key Words

crop rotation, farm work competition, problems of farming