

令和 5 年 6 月 1 日現在

機関番号：82105

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20K06151

研究課題名（和文）防風林によるジャガイモ生産安定化：畝の風食との関係

研究課題名（英文）Windbreak effects on potato production: relationship with wind erosion of ridges

研究代表者

岩崎 健太（Iwasaki, Kenta）

国立研究開発法人森林研究・整備機構・森林総合研究所・主任研究員 等

研究者番号：70723047

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：数値表層モデルから求めた畝の高さを風食の空間分布の指標とする新たな解析手法を考案した。無人航空機およびiPad LiDARを用いた調査に本手法を適用することで、防風林の風食防止効果を高解像度で可視化できた。ジャガイモ緑化に対する防風林の効果は、イモのできる深度が浅い品種ほど大きくなることが示唆された。現地観測と風洞実験の結果から、気象条件や林帯構造が異なる場合における畝の風食防止に対する防風林の効果を予測できるモデルを構築した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

防風林による風速低下が、畝の風食を防ぎ、ジャガイモ緑化を防止するという本課題で解明した現象は、今まで知られていなかった防風林の効果であり、森林科学と作物学の境界領域にある防風林に関する学術的知見を深められた。また、畝の高さを指標とした解析手法は、リモートセンシングによる風食研究で幅広く活用できる。本成果の社会的意義は、地域住民に対する防風林の効果の説明に活用され、耕地防風林減少という問題の解決に貢献できることにある。

研究成果の概要（英文）：We used soil ridge height, which was derived from digital surface models, as a new indicator to assess the spatial distribution of wind erosion. By applying this indicator to unmanned aerial vehicle and iPad LiDAR surveys, windbreak effects on wind erosion could be visualized at high spatial resolution. Windbreak effects on potato greening were suggested to be greater for varieties with shallower tuber formation depth. Based on field observations and wind tunnel experiments, we developed a model to predict windbreak effects on soil ridge erosion under different weather conditions and forest structures.

研究分野：森林気象学

キーワード：防風林 風食 減風効果 ジャガイモ緑化 リモートセンシング 無人航空機 スマートデバイス 数値表層モデル

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

防風林は風による災害から農作物や人々の生活を守るため、古くから造成されてきた。また、防災にとどまらず、景観向上や生物多様性保全など多様な側面から防風林による生態系サービスは発揮されてきた。現在でも盛んに防風林が造成されている地域もある一方、造成から長い年月が経った国ではその重要性が世代間で受け継がれていないため、農業の効率化に伴い防風林の減少が進み、風食の増加などが危惧されている。我が国でも、特に北海道で耕地防風林の減少が社会問題となっている。十勝地域では、農地からの土埃が原因で多重事故が発生するなど春先の風食による被害が深刻化している。防風林は再度造成しても効果を発揮するまで長い年月がかかるため、防風林減少の防止が急務である。

農家が自分の所有する防風林を伐採することにより、防風林の減少は進む。農家の意思決定を変えるには、防風林の作物生産への効果を農家に認識してもらうことが不可欠である。防風林の作物への効果は、風や飛ばされた土による作物体の直接的な損傷の防止と、減風に伴う昇温や水分条件の向上による作物の生育促進という二つの側面から、これまで理解されてきた。

ジャガイモは日光に当たると緑色になり、ソラニンなど有毒成分を含むようになる(「緑化」と呼ばれる)。緑化したジャガイモは食中毒の原因となり、商品価値を失う。育ったイモが日光に当たらないよう種イモは畝の中に深く植えられるが、春先の強風時には畝の風食や崩壊によって種イモの深さが浅くなり、そのまま放置すると育ったイモが緑化し収穫時に大幅な減収につながる恐れがある。そのため、防風林は畝の風食を防ぎ、畝の修復にかかる農家の負担軽減やジャガイモ生産の安定化に貢献している可能性がある。これは、これまで認識されてこなかった新たな防風林の効果であり、そのうえ作物生産に直接関わることから、防風林減少を防ぐため、実態解明に至急取り組む必要がある。

2. 研究の目的

防風林が農地の微気象に及ぼす影響、畝の風食が生じる風速・土壌水分条件、畝の風食とジャガイモ緑化の関係を野外観測と風洞実験から定量的に評価する。これらの結果と、先行研究で得られた防風林の林帯構造と減風効果の関係を基に、防風林による畝の風食・ジャガイモ緑化防止効果を、代表地点の気象データと防風林の林帯構造から予測できるモデルを構築し、気象条件や林帯構造が異なる場合における防風林の効果を評価する。

3. 研究の方法

北海道農業研究センター芽室研究拠点の耕地防風林に隣接した圃場を調査地とした(図1)。春の強風時における主風向は北西であるため、北西側の防風林を対象とした。防風林からの距離は、この防風林の樹高(12.5m)の倍数として表した(例えば、8Hは防風林から風下側に100mの地点)。気象観測は通年で実施し、畝の形状と風食量の観測は土が移動する4月から6月にかけて実施した。防風林が圃場の微気象・畝の風食に及ぼす影響を把握するために、防風林からの距離が異なる複数地点に気象観測機器と飛砂計を設置し、観測した。また、防風林からの距離が異なる5~6地点にイモのできる深さの異なる二品種(スノーデンとトヨシロ)を植え、生育調査と収穫調査を実施した。さらに、畝の風食が起こった箇所の空間分布を把握するために、種イモの植え付け直後(4月後半~5月前半)と出芽時期(5月後半~6月)に無人航空機(RTK-UAV)を用いた空撮および2022年度にはLiDARが搭載されたiPad(iPad LiDAR)による調査を実施し、圃場の数値表層モデル(DSM)を作成した。

現地観測とあわせて、森林総合研究所が所有する飛砂風洞において、調査圃場の表土を用いた風洞実験も実施した。風洞内に実寸大の畝を設置して送風し、風速と畝の形状変化の関係を調べた。また、複数の土壌水分条件を設定した実験により、風速・土壌水分・風食量の関係式を作成した。現地観測と風洞実験の結果をもとに、畝の風食防止に対する防風林の効果のモデル化を実施した。

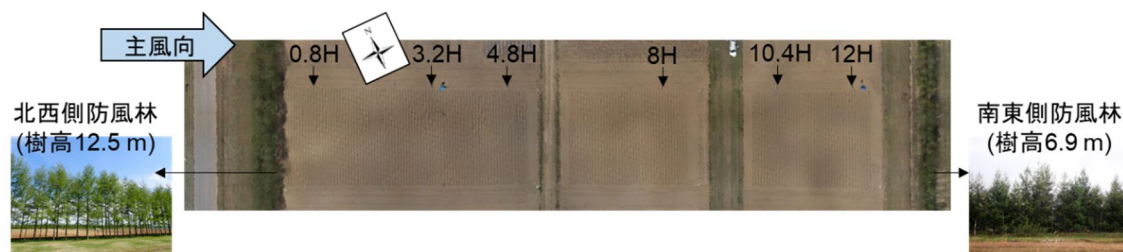


図1. 調査地と観測機器の配置

4. 研究成果

(1) 観測された防風林の風食防止効果

2021年は春に降水量が多く風食がほとんど発生しなかったのに対し、2020年には小規模な風食、2022年には大規模な風食が発生した。最大の風食は、2022年4月27日に発生した。風食日の風速は、0~6Hで8~12Hよりも小さく、防風林による減風効果が観測された(図2a)。風食日における風速と風食量の関係式から風食量の空間分布を推定すると、風食量に対する防風林の効果は、風速への効果と比べて大きくなった(図2b)。

ジャガイモ圃場における畝が機械を用いて均質に作られることに着目し、本課題では、畝の上部から下部までの高さを指標とした新たな風食分布の評価手法を考案した。GIS上で一畝が含まれる大きさのグリッドを作成し、グリッド内の最大値と最小値の差を求めることで、DSMから畝の高さを算出した(図3)。UAVから得られる畝の高さの空間分布は、作設直後(2022年のデータは取得できなかったため、2021年4月28日の結果を示す)には、防風林からの距離によらず23cmと同程度であった(図4a)。一方、2022年の風食後(5月30日)には、2~5Hで最も高く、6Hから8.4Hへと防風林から離れるにしたがって5cm低下した。草の生えた道路を挟んで10Hでは2~5Hと同程度の高さになったものの10Hから11.1Hへと進むにつれて再度5cm低下し、11.1Hから12Hにかけて2cm上昇するという空間分布が得られた(図4b)。2~5Hで最も高かった結果は、風速分布(図2)と整合性があり、北西側の防風林の減風効果によると考えられた。それに対し、10Hと12Hで高くなった結果はそれぞれ、道路上の草本で風上側から飛んできた土が捕捉されたこと、南東側防風林の風上で風速が弱まったことが原因と考えられた。このように畝の高さをリモートセンシングの指標とすることで、風食の空間分布を高解像度で可視化できた。防風林からの距離による畝の高さの違いは、iPad LiDARを用いた調査からも得られた(図5a,b)。UAVは畝が高い場合に、その高さを数cm過小評価したが、iPad LiDARではそのようなことは起こらず、UAVよりも高精度で畝形状を再現できた。iPad LiDARでは圃場全体のデータを取ることは困難であったが、防風林からの距離を変えて小面積のプロットでスキャンすることにより、防風林の効果を把握できた。さらにその結果から3Dプリンタで作成したモデルは、防風林の効果の普及啓発に有用であった(図5c)。

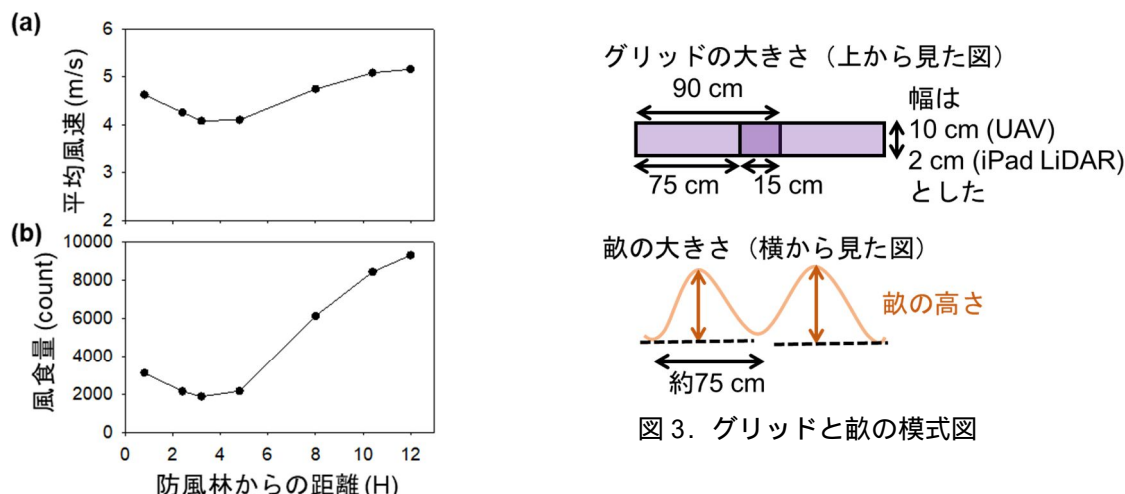


図2. 2022年の風食日における(a)平均風速と(b)風食量の水平分布。風食量は観測期間中における風食計のカウント値の総量として示した。

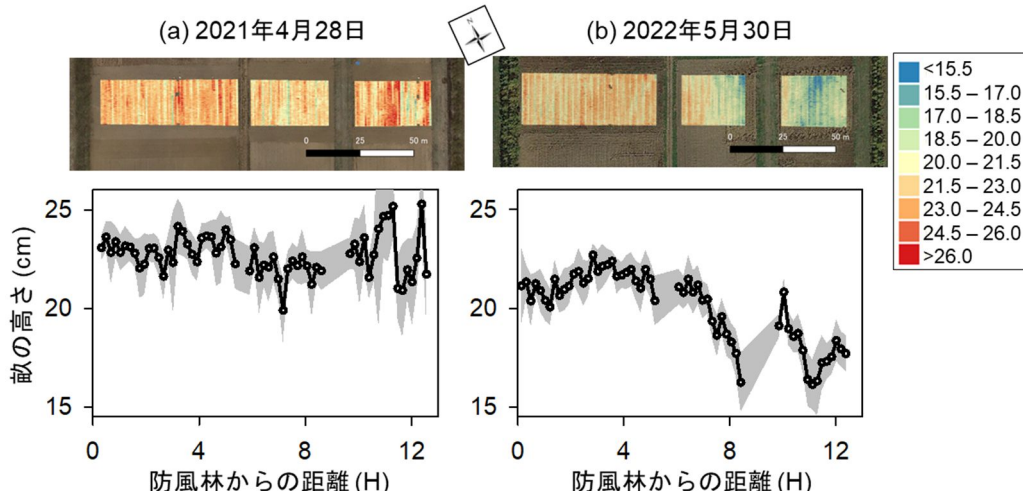


図4. (a)作設直後と(b)風食後におけるUAVから得られた畝の高さの空間分布。下段のプロットとエラーバンドは、3畝ずつの平均値と標準偏差。

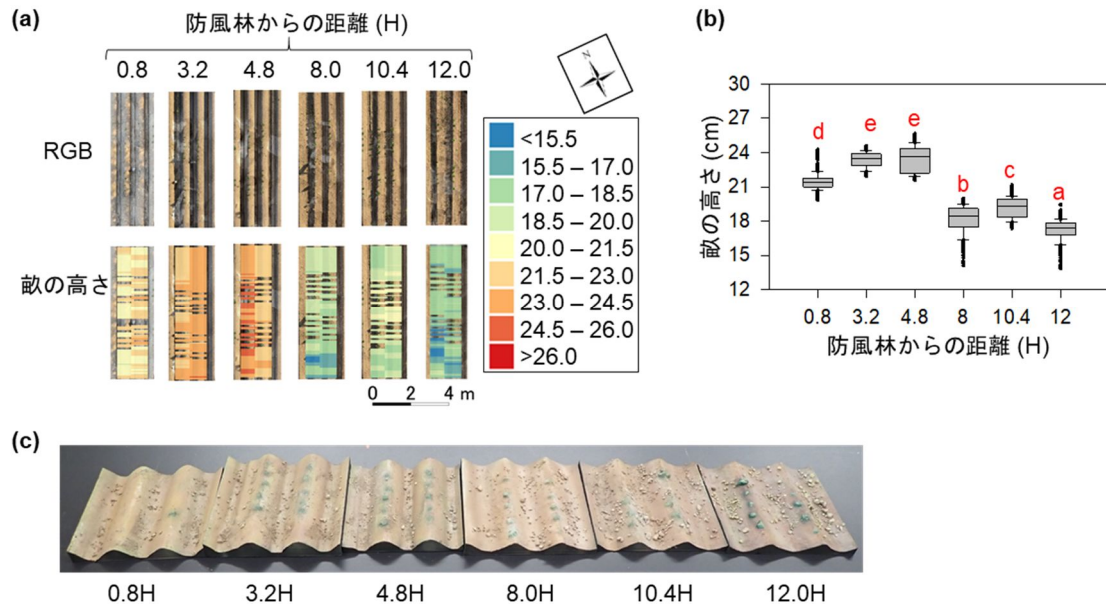


図5. 2022年5月30日にiPad LiDARから得られた(a)RGB画像と畝の高さ、(b)防風林からの距離と畝の高さの関係、(c)畝の立体模型。ジャガイモの芽が出ている箇所は、畝の高さの解析から除外した。

(2) ジャガイモ緑化への効果

雨が多く風食が起らなかった2021年度には両品種とも緑化が起らなかった(図6)。一方、風食が起った2020年度と2022年度には、防風林から離れた地点で減風域と比べてトヨシロ(スノーデンと比べてイモが浅くできる)の緑化割合が大きくなった。防風林からの距離の異なるプロット間で収量自体にも相違があったことから、圃場内の土壌化学性のばらつきなど風食以外の要因も結果に影響してしまった可能性がある。しかし、緑化割合はスノーデンでは防風林からの距離によらず一定であったのに対し、トヨシロでは防風林の減風域(0~6H)と離れた地点(8~12H)で明瞭な違いがあったことから、防風林は緑化防止効果を発揮しており、イモのできる深度が浅い品種ほどその効果が大きくなること示唆された。

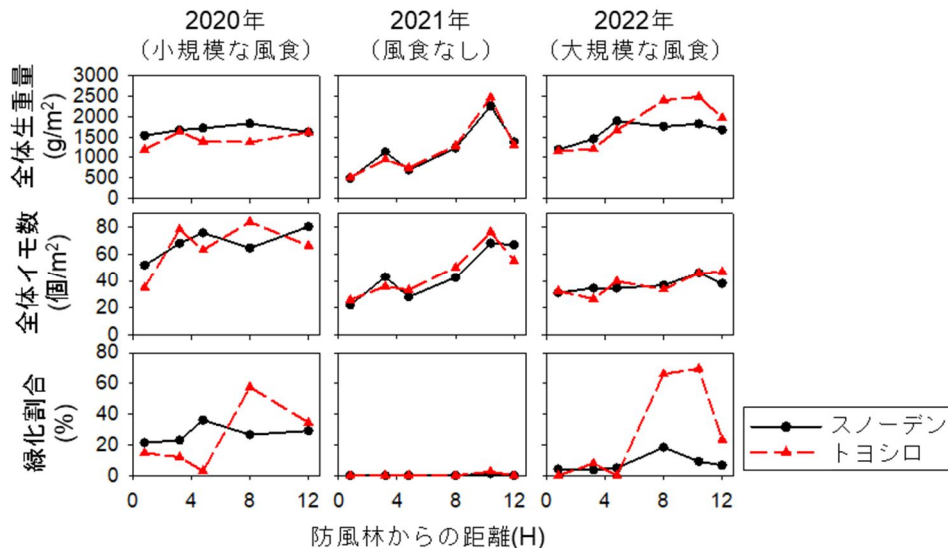


図6. 各観測年におけるジャガイモ収量、個数、緑化割合の空間分布。緑化割合は、イモの総数に対する緑化したイモの個数の割合として求めた。

(3) 風洞実験から得られた畝の風食が生じる風速・土壌水分条件

実寸大の畝を用いた実験において、土が乾燥した条件では風速5 m/sで風食が始まった。この結果は、風速計・飛砂計から得られた現地観測結果と一致した。また、調査地の土壌を用いて、松田ら(1981)と同様の実験を行い、風食量と風速・土壌水分の関係を得た。

(4) モデル構築とシミュレーション

(1)の現地観測をもとにパラメータを決め、有森ら(2009)をもとに、降水量や気温などの気象データから表層土壌水分を推定できるタンクモデルを構築した。これと、過去の観測データから得られた防風林の林帯幅・葉面積密度と減風効果の関係 (Iwasaki et al., 2020)、(3)から得られた風速・土壌水分・風食量の関係を結合し、防風林による風食防止効果を代表地点の気象データと防風林の林帯構造から予測できるモデルを構築した。さらに、予測される風食量と、現地観測された畝の高さの変化量の関係から、畝の風食防止に対する防風林の効果を予測できるようにした。このように構築したモデルでシミュレーションした結果、観測年と同様に風食防止効果が発揮される年が多く存在することがわかった(図7)。

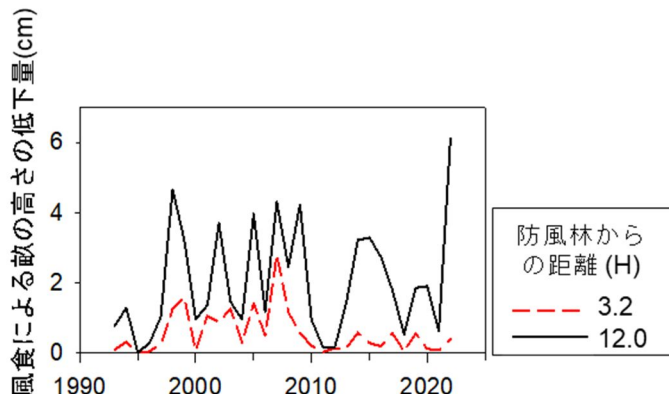


図7.モデルから推定された風食による畝の高さの低下量の年次変動。畝の高さの低下量は、4/26~5/30の期間で求めた。帯広気象官署の気象データを使い、防風林の構造(樹高・設置方位・林帯幅・葉面積密度)は調査地と同じとして、シミュレーションした。

(5) まとめ

現地観測から防風林の微気象・風食への効果を定量化しただけでなく、リモートセンシングから得られた DSM から畝の高さを求め、風食の空間分布の指標とするという新たな解析手法を考案した。そして、本手法を用いて、防風林の風食防止効果を高解像度で可視化することに成功した。この調査には、UAVだけでなく、より簡易に使える iPad LiDAR も有用であった。防風林からの距離が異なる地点における iPad LiDAR を用いた調査から作成された立体モデルは、防風林の効果の普及に行政で活用されており、本課題の成果は社会実装にもつながった。さらに、現地観測と風洞実験の結果をあわせ、気象条件や林帯構造が異なる場合における畝の風食防止に対する防風林の効果を予測できるモデルを構築した。ジャガイモ緑化については、圃場内の土壌化学性のばらつきなど風食以外の要因も影響してしまった可能性があり、モデル化までは達成できなかった。しかし、防風林の効果における品種間差の可能性を示したという当初計画の想定以上の成果も得られた。

引用文献

- 有森正浩, 遠藤泰, 小林孝至 (2009) 風食防止用水量算定のための表層土壌における水分量推定モデルの検討. 農業農村工学会論文集, 77(4), 329-334.
- Iwasaki, K., Torita, H., Abe, T. (2020) A simple process-based model for estimating windbreak effects on soil temperature during early crop growth stage. Agroforestry Systems, 94(6), 2401-2415.
- 松田豊, 土谷富士夫, 辻修 (1981) 風洞実験による十勝火山灰土壌の受食性に関する研究. 帯広畜産大学学術研究報告. 第1部, 12(3), 261-267.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 3件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Iwasaki Kenta, Torita Hiroyuki, Touze Marie, Wada Hideo, Abe Tomoyuki	4. 巻 308-309
2. 論文標題 Modeling optimal windbreak design in maize fields in cool humid climates: Balancing between positive and negative effects on yield	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Agricultural and Forest Meteorology	6. 最初と最後の頁 108552 ~ 108552
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.agrformet.2021.108552	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 岩崎健太	4. 巻 2022年3月号
2. 論文標題 連載 / 防風林の効果と樹種特性 強風から土と作物を守る効果	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 農家の友	6. 最初と最後の頁 29 ~ 31
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Iwasaki Kenta, Torita Hiroyuki, Abe Tomoyuki	4. 巻 94
2. 論文標題 A simple process-based model for estimating windbreak effects on soil temperature during early crop growth stage	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Agroforestry Systems	6. 最初と最後の頁 2401 ~ 2415
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10457-020-00561-y	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 岩崎健太	4. 巻 73(4)
2. 論文標題 農と林の垣根を越えるために：耕地防風林に関する最近の成果と取組み	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 北方林業	6. 最初と最後の頁 5 ~ 8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 岩崎健太・鈴木正則
2. 発表標題 防風保安林更新に関わる課題解決に向けた取組
3. 学会等名 第61回治山研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岩崎健太・下田星児・中田康隆・鳥田宏行・蝦名益仁・南光一樹
2. 発表標題 防風林が畝の風食とジャガイモ緑化に与える影響
3. 学会等名 日本農業気象学会2021年全国大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岩崎健太・下田星児・中田康隆・速水将人・南光一樹・蝦名益仁・鳥田宏行
2. 発表標題 畑の畝形状のリモートセンシングから 防風林の風食防止効果がわかる
3. 学会等名 第134回日本森林学会大会
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

速水将人・岩崎健太 (2023) 普及用パンフレット「役に立つ防風林 - 防風保安林の効果と更新方法 - 」 https://www.hro.or.jp/list/forest/research/fri/kanko/fukyu/pdf/boufuurin_v2.pdf アウトリーチ活動：石狩管内市町村職員技術力向上支援研修（2020年・2022年）、北海道立農業大学校（2021年・2022年）、JA大樹町青年部における学習会（2021年）の講師
--

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	下田 星児 (Shimoda Seiji) (80425587)	国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構・北海道農業研究センター・上級研究員 (82111)	
研究分担者	南光 一樹 (Nanko Kazuki) (40588951)	国立研究開発法人森林研究・整備機構・森林総合研究所・主任研究員 等 (82105)	

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	中田 康隆 (Nakata Yasutaka)		
研究協力者	鳥田 宏行 (Torita Hiroyuki)		
研究協力者	速水 将人 (Hayamizu Masato)		

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関