令和元年度　成績概要書

課題コード（研究区分）：　６１０１－６２５２９１　（公募型（イノベ強化）研究）

１．研究課題名と成果の要点：

１）研究成果名：土壌凍結深制御技術の適用拡大と技術体系化

（研究課題名：土壌凍結深制御手法の高度化・理化学性改善技術への拡張と情報システムの社会実装）

２）キーワード：土壌凍結、土壌理化学性、作物生産性、凍結深推定、技術体系化

３）成果の要約：秋まき小麦の雪踏みは、野良イモ対策を目的とし、茎葉の損傷を防ぐ積雪深において実施する。直播てんさいでは、砕土性は向上するが、初期生育が劣り増収効果は期待できない。重粘土圃場の飼料用とうもろこしでは、土壌物理性改善により収量向上が期待できる。生産者が凍結深を制御できる土壌凍結深推定システムを整備した。

２．研究機関名

１）担当機関・部・グループ名・担当者名：北見農試・研究部・生産環境Ｇ・主任主査　奥村 理、十勝農試・研究部・生産環境Ｇ

２）共同研究機関（協力機関）：北海道農業研究センター・寒地気象変動Ｇ、気象情報利用Ｇ、ＪＡきたみらい、十勝農協連（網走農業改良普及センター、十勝農業改良普及センター）

３．研究期間：平成 29～令和元年度（2017～2019 年度）

４．研究概要

１）研究の背景

土壌凍結が土壌理化学性の改善を通じて作物生産にプラスの効果を発揮するための最適凍結深と、雪踏みの特性や活用法に関して一定の成果が得られているが、限られた作物や土壌条件での検討に止まり、多様な営農環境にある生産者のニーズに応えた技術体系を提示するまでには至っていない。

２）研究の目的

野良イモ対策を目的とした秋まき小麦の雪踏みの条件を明らかにする。および直播てんさい、重粘土圃場の飼料用とうもろこしに対する生産性向上の可能性を明らかにする。また、土壌凍結深推定モデルの精度を高め、農業気象情報システム上で生産者が凍結深を把握し制御に活用できる土壌凍結深推定システムを整備し、技術の体系化を図る。

５．研究内容

１）秋まき小麦、直播てんさいに対する雪踏みの影響

・ねらい：越冬中の秋まき小麦、4 月下旬播種の直播てんさいに対する雪踏みの影響を明らかにする。

・試験項目等：秋まき小麦（品種「きたほなみ」）は北見農試、オホーツク現地、北農研センター芽室研究拠点、直播てんさい（品種「アンジー」）は十勝農試、十勝現地で実施。雪踏みはタイヤローラー等で実施した。（以下の試験も同様）

２）重粘土圃場における雪踏みの土壌物理性改善効果と飼料用とうもろこしに及ぼす影響

・ねらい：堅密で透水性が劣る重粘土を対象に雪踏みの効果を検証する。

・試験項目等：オホーツク現地で、雪踏みによる土壌物理性改善効果、飼料用とうもろこしへの影響を調査。

３）秋期の土壌管理法と雪踏みの組合せが春期の土壌理化学性と飼料用とうもろこしに及ぼす影響

・ねらい：雪踏み前の秋期の耕起法と雪踏みの組合せによる効果を検証する。

・試験項目等：北見農試場内に耕起法 4 水準と雪踏みの有無を掛け合わせた圃場を設置して調査を実施。

４）土壌凍結深推定モデルの精緻化と農業気象情報システムへの実装

・ねらい：雪踏み過程における土壌凍結深推定法の開発・改善を行い、JA の情報システムへ実装する。

・試験項目等：積雪モデルの開発、現地観測データによる検証と改善、JA 情報システムへの実装

６．成果概要

１）秋まき小麦に対して雪踏みすると、当年春の土壌無機態窒素含量および子実タンパク質含量は上昇し、子実重は増加しなかった（表 1）。また、積雪深が浅い条件での雪踏みにより、茎葉が損傷し、雪踏み区の子実重が無処理区に比べ低下する事例があった（図 1）。これらのことから、秋まき小麦に対する雪踏みは、野良イモ対策として活用するものであり、生産性の向上は期待できない。雪踏みの導入に際しては、茎葉の損傷を防ぐため、積雪深 20cm 未満での作業は避けるのが適当である。

２）直播てんさいに対する雪踏みにより、最大凍結深 30cm 以深で砕土率が向上した。一方、春期の地温上昇の遅れから初期生育は遅延した。糖量への影響は明瞭ではなかったものの、雪踏み区の収穫時期の T/R 比は高い傾向にあった（データ省略）。

３）重粘土圃場での雪踏みは、窒素溶脱抑制効果は明瞭ではなかったが、土壌物理性改善効果が認められる事例があり、20cm 以深まで効果が発現した圃場では飼料用とうもろこしの収量が増加した（表 2）。

４）秋期の耕起法としてプラウ耕、心土破砕後プラウ耕、プラウ耕後スプリングハロー耕および無耕起を比較した結果、耕起法の違いは雪踏みの効果発現に影響しなかった（データ省略）。

５）土壌凍結深推定精度は、雪踏みの有無に関わらず、積雪深を推定する積雪水量保存則に基づく計算法と地域毎の熱的パラメータを整備し、推定誤差 6.8cm（全体）まで改善した（図 2）。オホーツク農協連と十勝農協連の情報システムに雪割りと雪踏みに対応した土壌凍結深推定システムを搭載し、両地域で広域的に生産者自ら活用して土壌凍結深制御が可能な体制を整備した。

＜具体的データ＞

表１　雪踏みが最大土壌凍結深、融凍後の土壌無機態窒素含量と秋まき小麦の収量、品質に及ぼす影響

試験年次	試験圃場	処理	最大土壌凍結深 (cm)	土壌無機態N含量 (kg/10a)	子実重 (kg/10a)	タンパク質含量 (%)	千粒重 (g)
17/18年	A	無処理	17.2	7.2	721	11.1	42.9
		雪踏み	37.0	14.7 **	758	11.9 *	41.1
	B	無処理	15.7	12.9	692	11.3	41.2
		雪踏み	32.0	14.2	689	11.9 **	40.0
18/19年	C	無処理	13.5	7.2	1001	11.1	42.0
		雪踏み	39.0	9.4	918 **	11.2	45.1 **
	D	無処理	18.5	7.9	819	10.1	39.0
		雪踏み	43.0	8.3	738 *	11.5 **	44.1 **

注）同一圃場の処理間でのt検定、*は5%水準、**は1%水準で有意
土壌無機態窒素含量は、土層深0～60cmの値
子実重は、2.2mmふるい上の重量
17/18年は、2017年初冬～18年早春に雪踏みを施工
AとCは北見農試、BとDは現地圃場

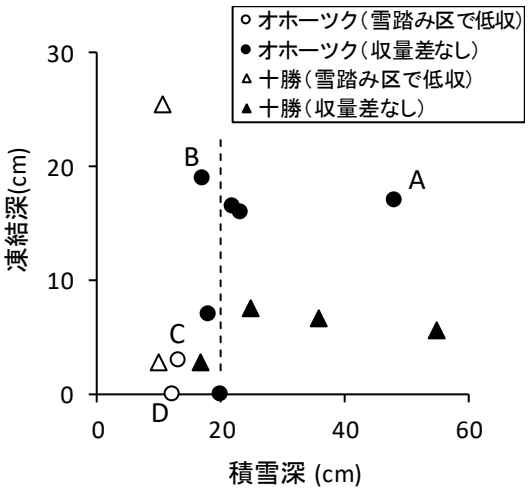

図１　秋まき小麦圃場の雪踏み１回目作業時の積雪深、凍結深と小麦収量の関係

注）低収は、同一圃場の処理間での t 検定において5%水準で有意を示す
A～D は表１を参照

表２　雪踏みが重粘土圃場の土壌物理性と飼料用とうもろこしの収量に及ぼす影響　　（18/19 年、現地 G-2 圃場）

採土深	処理	容積重 (g/100mL)	孔隙率 (%)	飽和透水係数 (cm/秒)
10-20cm	無処理	128.6	47.8	8.1E-05
	雪踏み	121.6	50.4	1.2E-04
20-30cm	無処理	165.6	35.4	7.9E-06
	雪踏み	141.0 *	43.9 **	4.6E-06
30-40cm	無処理	164.3	37.9	1.7E-07
	雪踏み	156.8	40.5	1.6E-06
		最大土壌凍結深(cm)	春耕前の砕土率(%)	収量 (kg/10a)
	無処理	5.0	43.3	5902
	雪踏み	32.5	56.2 *	6889 **

注）採土深別の調査項目は同一採土深の処理間でのt検定
他の調査項目は処理間のt検定、*は5%水準、**は1%水準で有意
採土深別サンプルの採取日は2019年10月28日
砕土率用サンプルの採取深は0-15cm、採取日は2019年4月24日
砕土率(%)=粒径2cm未満の土塊の重さ/全体の重さ×100

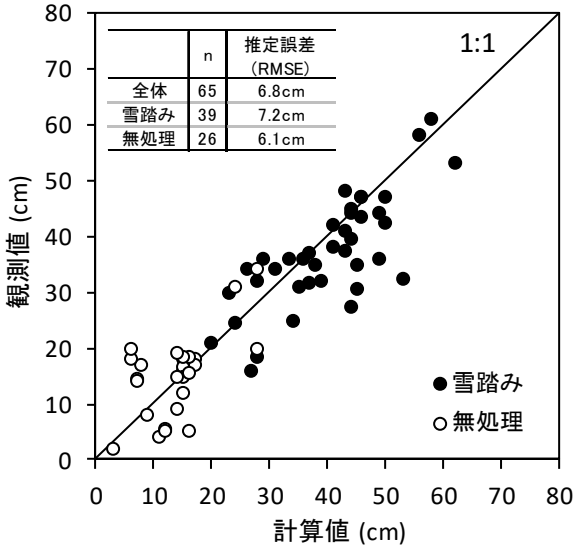

図２　雪踏み（圧雪）モデルの年最大土壌凍結深の計算結果の検証（オホーツク・十勝地方）

注）モデルの作成、検証には変動幅の広いデータ群を対象とすることが望ましいため、極端に深く凍結が入った事例を含めて解析した。

７．成果の活用策

１）成果の活用面と留意点

（１）本成果は、雪踏みを秋まき小麦圃場、直播てんさい作付予定圃場および飼料用とうもろこし作付予定の重粘土圃場において実施する際の参考となる。

（２）秋まき小麦に関する成果は、「きたほなみ」を用いた試験結果に基づくものである。

（３）目標土壌凍結深は各作物とも 30cm であり、過度な凍結は春期の地温上昇の遅れや作土の乾燥の遅延を生じるリスクがある。

（４）秋まき小麦では、雪踏みにより増加傾向にある当年春の土壌無機態窒素を考慮し、土壌診断に基づく施肥対応技術を活用した窒素追肥が望ましい。

（５）土壌凍結深システムの活用は最大土壌凍結深の推定を目的としたものであり、融雪・融凍時期の推定には用いない。

２）残された問題とその対応

なし

８．研究成果の発表等

・S. Shimoda, and T. Hirota, Agricultural and Forest Meteorology, 262, 361-369 (2018)
・広田知良，土壌の物理性，142，13-24 (2019)