

北海道におけるフロストシーディング (初冬季播種) 技術革新への取り組み

1. はじめに

近年、道内における草地の整備・更新率は3%前後と以前と比べ低位に推移しており、さらに外観上気づきにくい地下茎型イネ科雑草の草地への侵入が顕著になっているため栄養価や嗜好性の低下が問題になっています。近年は春の気温が高く小雨・干ばつ傾向にあり、このような年の春播種工事は牧草の出芽・生育不良によって雑草に被われるケースがしばしばあるため、秋に播種床造成、春に施肥・播種・鎮圧といったこれまでの分割工事は大きく減少しています。また道内の草地整備工事は、1番草収穫後の7月中旬から播種晩限を越えない9月上旬までの約2ヶ月という短い期間での施工が主流となっています。運転手の高齢化による人材不足や機械の老朽化により、夏季に工期が集中すると施工体制を維持することが厳しい現状にあり、更新率低推移の要因となっています。そこで工期拡大のためフロストシーディングの有効性を検証するため、実規模レベルでの試験を雪印種苗株式会社と連携し実施しました。

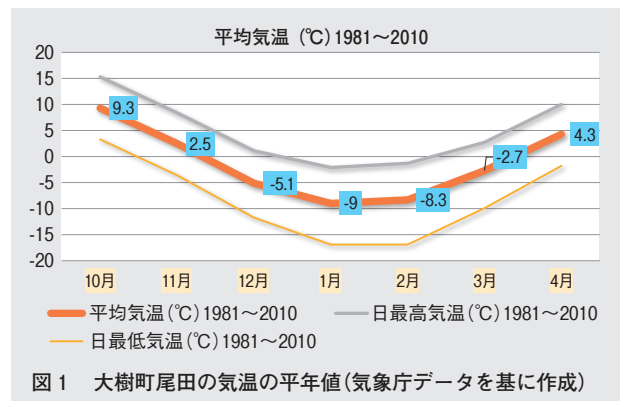
2. 実証試験のねらい

(1) 従来のフロストシーディングの工法(対照区)

は、日平均気温が6℃以下なおかつ7℃以上が3日以上続かなくなる時期～根雪始までが適期とされており、播種時期の見極めの難しさや、土壌条件に機械作業が左右されるといった課題があります。フロストシーディング技術の紹介文献に「(播種時期は)作業機の稼働に影響が出ない限り積雪後においての問題はない」との記載¹⁾があるため、施工上の難点である外気温の制限をクリアするべく、積雪開始頃(積雪深10～20cm程度)に播種する降雪区、同じ積雪状態にある融雪時期において播種する融雪区(残雪20～30cm程度)の3試験区を平成29年度の試験より開始しました。平成30年度からは春播種区も加

表1 各年度の試験地及び試験区

		対照区	降雪区	融雪区	春播種区	夏播種区
平成29年度 試験施工	大樹地区	○	○	○		
	鶴居地区	○	○	○		
	士別地区	○	○	○		
平成30年度 試験施工	大樹地区	○	○	○	○	○
	興部地区	○	○	○	○	
	別海地区	○	○	○	○	
令和元年度 試験施工	大樹地区	○	○	○	○	
	佐呂間地区	○	○	○	○	
	豊富地区	○	○		○	



え、大樹地区においては夏播種区も設置しました(表1)。

(2) 消雪後に生育調査や収量・雑草混入調査を行い、1番草収量の程度や雑草抑制効果を検証するとともに、施工上の課題を把握し、フロストシーディングが実規模レベルで適用可能かを確認しました。

(3) 最終的には、フロスト技術利用による粗飼料確保の優位性、繁忙期の分散による整備・更新率の向上などにより、全道の植生改善・粗飼料確保・粗飼料自給率向上への寄与を目的としました。

今回は大樹町尾田圃場の試験区毎の結果を紹介します。

大樹町尾田は十勝南方に位置し冬季間は気温が上昇しにくく(図1)また根雪始めも12月上～

表2 施工イメージ		9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月
播種床造成 播種作業 (イネ科)	対象・降雪・融雪区			→							
	対照区				→						
	降雪区					→					
	融雪区								→		
播種・鎮圧作業 (マメ科)										→	

中旬頃となり積雪も緩慢の為、フロストシーディングに適している地域性といえます。尾田圃場は地下茎型イネ科雑草が優占した草地の為、グリホサート系除草剤を10月上旬に処理、10日程度の地下茎への移行期間を持ち、完全更新工法にて施工（工程詳細は表2）、pH6.5を矯正目標値とし粒状石灰を投入し、北海道施肥ガイドに準じ施肥設計を行いました。播種は、冬季間に若干の吸水・枯死が発生する場合を考慮して、チモシー「ホライズン」を通常よりもやや多めの25kg/haとしました。

3. 大樹町尾田圃場 調査結果① 対照区

表3 対照区年度別 施行実施日		除草剤	耕起	砕土1	土改	砕土2.3	鎮圧1	施肥 播種	鎮圧2	施肥播種 (マメ科 播種)
H29対照区		H29.10.2	H29.10.12	H29.10.16	H29.10.20	H29.10.21	H29.10.21	H29.11.21	H29.11.21	H30.6.7
H30対照区		H30.10.9	H30.11.5	H30.11.6	H30.11.6	H30.11.7	H30.12.6	H30.12.6		R1.5.17
R1 対照区		R1.10.17	R1.11.11	R1.11.12	R1.11.12	R1.11.12	R1.11.13	R1.11.26	R1.11.26	R2.7月上旬

対照区は、注意深く日平均気温を確認する事、土壌凍結中の未明から早朝にかけての施工が良好な播種・鎮圧作業のポイントです。



写真1 播種(平成29年11月21日) 写真2 鎮圧(同日)

H29対照区：平成29年11月21日に播種（写真1）鎮圧作業（写真2）を行いました。播種の5日前から日平均気温がマイナスで推移し、日平均気温は－4℃で、積雪2cm程度での播種となりました。ローラーへの土の付着による播種ムラの発生を考慮し、凍結中の早朝に作業を行いました。播種後は日平均気温が6℃以下で推移しました。



写真3 播種(平成30年12月6日)



写真4 鎮圧(同日)

H30対照区：平成30年12月6日に播種（写真3）及び鎮圧（写真4）作業を行いました。翌日から降雪の予報が出ており、気温も施工日以降冷え込みが予想され、施工当日も日平均気温が－3℃となりました。最高気温も1℃前後の為土壌の寧泥化が起きず順調に鎮圧作業ができました。



写真5 播種(令和1年11月26日)



写真6 鎮圧(同日)

R1対照区：令和1年11月26日に播種（写真5）及び鎮圧（写真6）作業を行いました。施工当日の平均気温が－3.8℃、最高気温でも2℃前後の為土壌の寧泥化が起きず順調に鎮圧作業ができました。

4. 大樹町尾田圃場 調査結果② 降雪区

表4 降雪区年度別 施行実施日		除草剤	耕起	砕土1	土改	砕土2.3	鎮圧1	施肥 播種	鎮圧2	施肥播種 (マメ科 播種)
H29降雪区		H29.10.2	H29.10.12	H29.10.16	H29.10.20	H29.10.21	H29.10.21	H29.12.7	H29.12.7	H30.6.7
H30降雪区		H30.10.9	H30.11.5	H30.11.6	H30.11.6	H30.11.7	H30.12.11	H30.12.11		R1.5.17
R1 降雪区		R1.10.17	R1.11.11	R1.11.12	R1.11.12	R1.11.12	R1.11.13	R2.1.14	R2.1.14	R2.7月上旬

降雪区は、フロストシーディングの実施適温の見極めが難しい地域に有効と考えられます。根雪を待ち積雪上の鎮圧ではローラーへの付着が見られないため、日中の作業が可能です。20cmを超える積雪にはケンブリッジローラーではなく、タイヤローラーを使用すると良いことが確認できました。



写真7 播種(平成29年12月7日)



写真8 鎮圧(同日)

H29降雪区：平成29年12月7日に播種（写真7）しました。日平均気温 -9.9°C 、最高気温も -3.5°C 、積雪8cm程度での鎮圧作業（写真8）となりましたが、ローラーへの付着もない事から降雪区は通常のプロストシーディングの施工よりも鎮圧作業に優位な施工時期と言えます。



写真9 播種(平成30年12月11日)



写真10 鎮圧(同日)

H30降雪区：積雪深20cm程度を目安とし、平成30年12月11日に播種（写真9）しました。日平均気温 -10°C 、最高気温も 0°C 、積雪20cmでしたがタイヤローラー（写真10）使用の為、鎮圧は非常に良好な施工状況となりました。



写真11 播種(令和2年1月14日)



写真12 鎮圧(同日)

R1降雪区：令和2年1月14日に播種（写真11）しました。積雪深20cm程度を目安としていましたが本年は記録的な雪不足の為、10cm程度での施工となりました。日平均気温 -10°C 、最高気温も -1°C となり、播種後の鎮圧（写真12）は非常に良好な施工状況となりました。

5. 大樹町尾田圃場 調査結果③ 融雪区

表5 融雪区年度別 施行実施日

	除草剤	耕起	砕土1	土改	砕土2,3	鎮圧1	施肥播種	鎮圧2	施肥播種(マメ科播種)
H29融雪区	H29.10.2	H29.10.12	H29.10.16	H29.10.20	H29.10.21	H29.10.21	H30.3.29	H30.3.29	H30.6.7
H30融雪区	H30.10.9	H30.11.5	H30.11.6	H30.11.6	H30.11.6	H30.11.7	H31.3.8	H31.3.8	R1.5.17
R1融雪区	R1.10.17	R1.11.11	R1.11.12	R1.11.12	R1.11.12	R1.11.13	R2.3.31	R2.3.31	R2.7月上旬



写真13 播種(平成30年3月29日)



写真14 積雪状況(同日)

H29融雪区：平成30年3月29日に積雪深は36cmで播種作業を行いました（写真13、14）。日平均気温は 8°C と日々上昇しており、積雪下の寧泥化による播種床の損傷を防ぐため播種作業を強行しました。積雪が深いことから鎮圧は未施工となりました。キャタピラーの轍により種子が密集するといったような施工上の問題点が露呈しました。



写真15 播種(平成31年3月8日)



写真16 鎮圧(同日)

H30融雪区：平成31年3月8日に施工しました。積雪深19cm、日平均気温は -4°C 、日中はプラスの気温で推移し、融雪も進んでいました。翌日から高めの気温推移が予想されており、良い条件下での播種となりました（写真15）。融雪時期特有のザラメ雪上でもタイヤローラー（写真16）を用いたことが功を奏し、良好な仕上がりとなりました。



写真17 播種(令和2年3月31日)



写真18 鎮圧(同日)

R1融雪区：令和2年3月31日に積雪深25cm、日平均気温 3.3°C の条件で播種しました（写真17）。この区においては雪上に播種した場合のマメ科の定着を確認するため、チモシーに加えて、アルファルファ、アカクロバ、シロクロバを各 3 kg/ha 混ぜて播種を行いました。また作業機走行による雪のずれにより生じる播種ムラ軽減のため播種前に鎮圧作業を行い、安定した播種床土への作業となりました（写真18）。播種後は日平均気温 $0\sim 4^{\circ}\text{C}$ で推移し、4月13日に積雪0cmを観測しました。

6. H29大樹地区 出芽・生育状況

平成30年の大樹町は4月17日に積雪0cmを観測し、消雪から10日後に出芽を確認、生育ステージに合わせ適宜調査（図2、3）を行いました。対照区・降雪区の個体数は 1 m^2 当り1,000本超と良好で、融雪区は個体数及び草丈がわずかに劣るが草地として十分に機能する基準には達している状況でした。

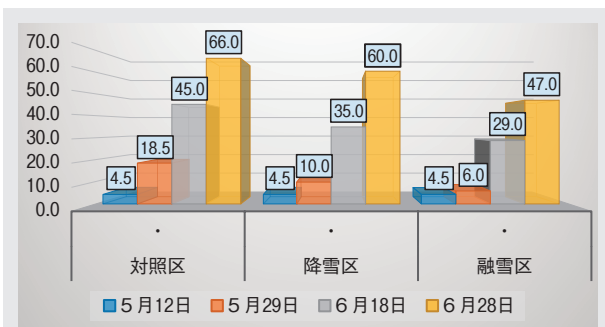


図2 草丈 (cm)

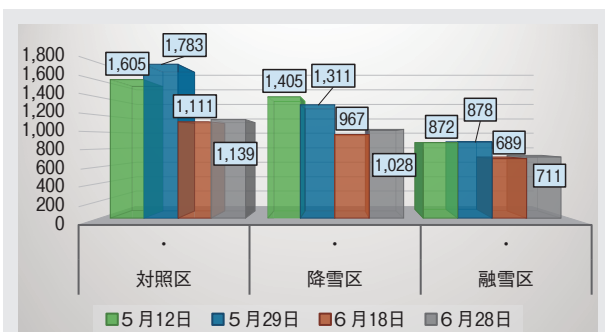


図3 個体数 (本/m²)

7. 収量調査

平成30年7月11日、牧草収穫前に収量調査及び雑草混入調査を行いました(図4)。降雨の影響で高水分ではありますが生草収量は2～3 t/10aと高収量でした。また地下茎型イネ科雑草の混入は見られませんでした。

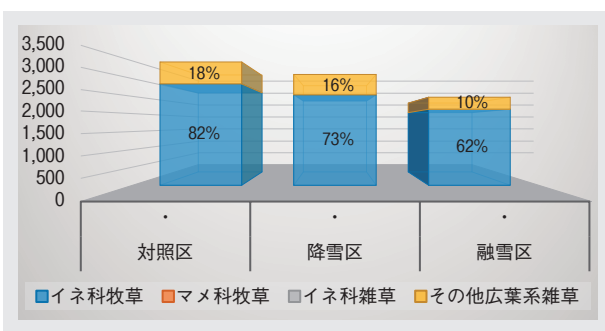


図4 生草収量 (kg/10a)

H29大樹地区 全景 ①対照区 ②降雪区 ③融雪区



写真19 5月12日撮影



写真20 5月29日撮影



写真21 6月28日撮影



写真22 7月11日撮影

8. H30 大樹地区 出芽・生育状況

平成31年の大樹町は4月上旬に積雪0 cmを観測しましたが、その後4月下旬に再積雪を観測しました。消雪から約20日後に出芽を確認し、生育ステージに合わせ適宜調査を行いました(図5、6)。各試験区とも1 m²当り1,000本前後と良好でしたが、降水量不足が影響し草丈はあまり伸びませんでした。広葉雑草繁茂のため、6月下旬に掃除刈りを行いました。図5のとおり春播種区との比較では初期生育でフロストシーディングの優位性が明確に認められました。7月24日撮影では、フロスト試験区(左)に対し春播種区(右)での広葉系雑草の繁茂が目立ちました(写真27、28)。

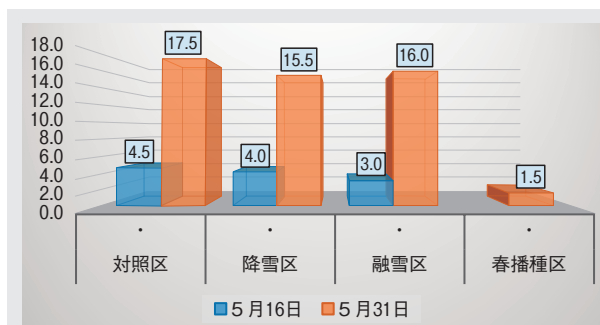


図5 草丈 (cm)

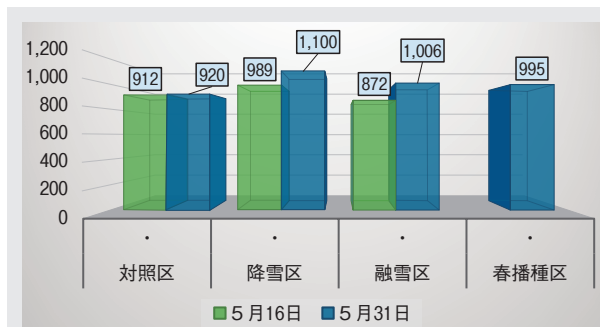


図6 個体数 (本/m²)

H30大樹地区 全景 ①対照区 ②降雪区 ③融雪区 ④春播種区



写真23 5月16日撮影



写真24 5月31日撮影



写真25 7月2日撮影(掃除後)



写真26 7月16日撮影



写真27 7月24日撮影(降雪区)



写真28 7月24日撮影(春播種区)

9. R1大樹地区 出芽・生育状況

令和2年の大樹町は4月上旬に積雪0cmを観測しました。消雪から約1ヶ月後に生育調査を開始(図7)しました。6月24日時点では1㎡当りの個

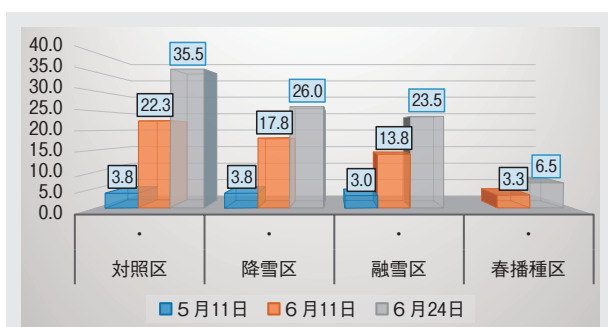


図7 草丈 (cm)

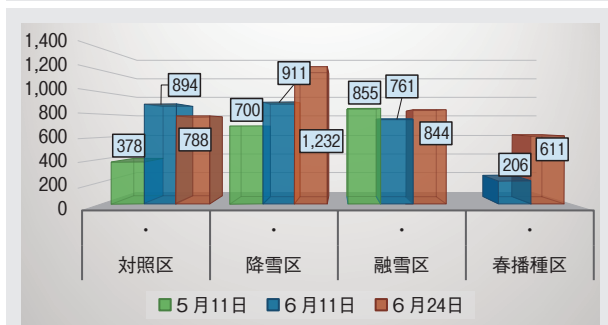


図8 個体数 (本/㎡)

体数が1,000本(図8)未満の試験区もありました。令和元年試験でも、図7のとおり春播種区との比較では初期生育でフロストシーディングの優位性が顕著に確認できました。

R1大樹地区 全景 ①対照区 ②降雪区 ③融雪区 ④春播種区



写真29 5月11日撮影



写真30 6月24日撮影

10. R1大樹地区 マメ科定着試験

マメ科は低温でも吸水・出芽し枯死してしまう特性がありますが、雪上への播種での定着の可能性を検証するため、融雪区にて3月31日にマメ科混播播種(写真31、32)及び小ロット(1㎡)試験を実施しました(写真33、34)。経過観察したところ、いずれにおいても定着した個体を確認する事ができました。雪上ではマメ科種子は出芽には至らずに、融雪後、土壌に圧着した後に出芽できたものと考えられます。このことから今後継続する実証試験においてマメ科の播種可能なタイミングについて検証を行っていきしたいと思います。



写真31 融雪区：マメ科定着個体を確認する事が出来るマメ科定着少ロット試験概要

1. 試験地 大樹町尾田(フロスト試験施工地)
2. 試験日時 令和2年2月19日 AM11:00頃
3. 気象条件 日平均気温: -5.8℃ 11:00: -0.9℃



写真32 2月19日播種



写真33 5月11日撮影
多数のマメ科定着が見られる

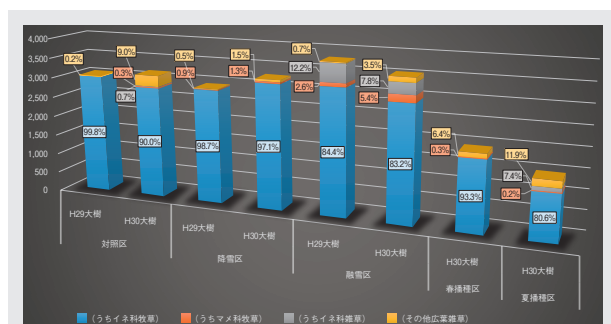


図9 フロストシーディング試験収量調査 (10a/kg)

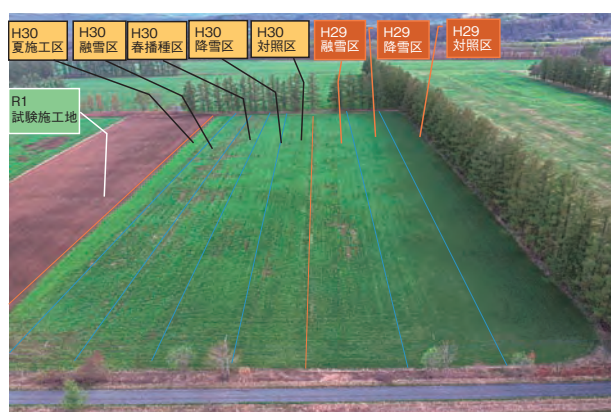


写真34 大樹地区各試験圃場 令和2年6月11日撮影

11. 大樹地区 収量調査

平成29・30年度に播種した各試験区について、令和2年6月上旬の1番草収穫前に収量調査を行いました(図9)。H29試験の各試験区は、更新から2年間経過し生草収量が3t/10aを超える安定した収量でした。対照区・降雪区は高収量で、雑草被度が少なく良質な草地といえます。一方融雪区では播種ムラが発生しやすく、雑草被度が比較的高い草地となりやすく、やや不安定な為、工法の再検討が必要と考えています。またH29各試験区ともマメ科の定着がほぼ見られない結果となっています。H30試験区は降水量不足による初期生育不良が顕著に出た年といえますが、春播種区と比べると融雪水による出芽のアドバンテージがあり、雑草が発芽する前に冠部を覆う事が出来るため、早魃の年の方がよりフロストシーディングの優位性が顕著だといえます。また施工翌年からは安定した収量が確保できます。加えて、イネ科雑草被度の低さから除草剤秋散布の有効性も確認できました。

12. 3年間のフロスト実証試験を終えて

対照区：

過去様々な試験結果・施工実績もあり、施工のツボを押さえることにより、確実な播種ができ安定した成果を出せる工法ですが、外気温制限の見極めの

難しさや土壌条件に左右される機械作業といった煩わしさがあります。

降雪区：

積雪が緩慢な地域や冬季間の気温変動の大きな地域で非常に有効な工法と言えます。積雪上に播種・鎮圧をすることにより、「日平均気温が6℃以下なおかつ7℃以上が3日以上続かなくなる時期～根雪始まで」の気温制限を気にすることなく、さらに土壌表層凍結中の未明から早朝にかけて作業を行う必要がなくなります。R1試験区では1月に播種を行い、対照区に劣らない成果となりました。

融雪区：

消雪間近の施工となり、気温上昇と消雪のタイミングの見極めが困難な工法です。積雪は20cm以下が安定した播種に向きますが、積雪下の融解が進み、機械作業により播種床の損傷が懸念されます。また融雪時期特有のザラメ雪によりタイヤ轍が発生しやすく、播種床が不安定なため播種ムラが起きやすいと言えます。出芽も対照区・降雪区に比べ出遅れる傾向にあります。

フロストシーディングは施工時期の見極めが困難なこと、冬季間に種子の一部が吸水・枯死することから不安定な技術と敬遠されがちですが、施工のツボを押さえることによってより確実に定着させることができます。特に道東地域は初冬季に入った後の気温上昇のリスクが低く、根雪開始までの期間も長いので施工しやすいです。気温変動の激しい沿岸部や豪雪地帯では、従来は施工時期の見極めが困難でしたが、積雪開始時の施工であれば、判断が容易となります。フロストシーディングによる施工は、降雪後の播種であれば工期に余裕ができ機械作業も土壌条件に左右されることが無く施工できます。また、融雪水が豊富にあるうちに出芽し、初期生育が良く、春雑草にも負けづらい草地を作ることができ、通常の春播種よりも優良な草地改良の選択肢であると思います。今後はマメ科の定着率の高い工法の確立と地下茎型イネ科雑草に対する除草剤の秋散布の優位性を検証することを目的に試験を継続していきます。今後はフロストシーディングを有効活用し、粗飼料確保、繁忙期の分散による整備・更新率の向上などにより、全道の植生改善・粗飼料自給率向上への寄与を目指します。

13. 引用文献

- 1) 丸山純孝(1990)フロストシーディングで成功するカギ 牧草と園芸 第38巻 第10号 P14