

シンポジウム「不良栽培環境下における粗飼料生産の問題点と対策」

アルファルファの冬枯れ問題と対策

小松 輝行 (滝川畜産試験場)

はじめに

アルファルファ安定栽培の最大の障壁は冬枯れ問題にある。アルファルファの冬枯れパターンは、①凍上害、②凍害、③アイスシートの害、④雪腐病の4つに区分される(図1)。しかし、これまでのアルファルファの冬枯れ問題の認識は凍上害問題とその回避策^{1,2,3)}に集中し、その他の原因についての認識はほとんどないまま、事実上見逃されてきた。

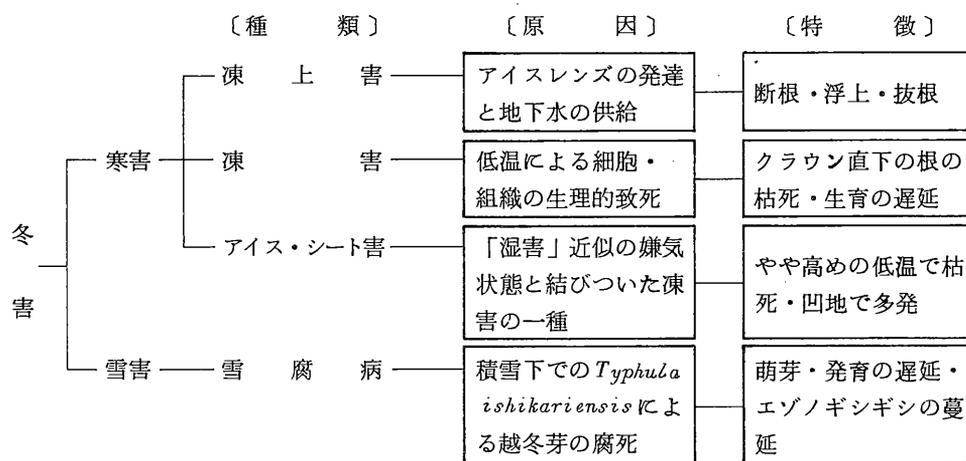


図1 アルファルファの冬枯れ

1986年度に全道のアルファルファ栽培面積は待望の1万haの大台に乗ったとはいえ、その大半は宗谷・上川等の多雪地帯と土壤凍結地帯に属しながら全道一(3,500 ha)の網走管内等での成功によるものである。一方、太平洋側の土壤凍結地帯の十勝・釧路・根室・日高・胆振地方では依然低迷が続いており、昨年十勝でようやく1,500ha⁴⁾に達したにとどまっている。しかも、十勝での中心は日高山脈沿いの多雪～中雪地帯の町村であ

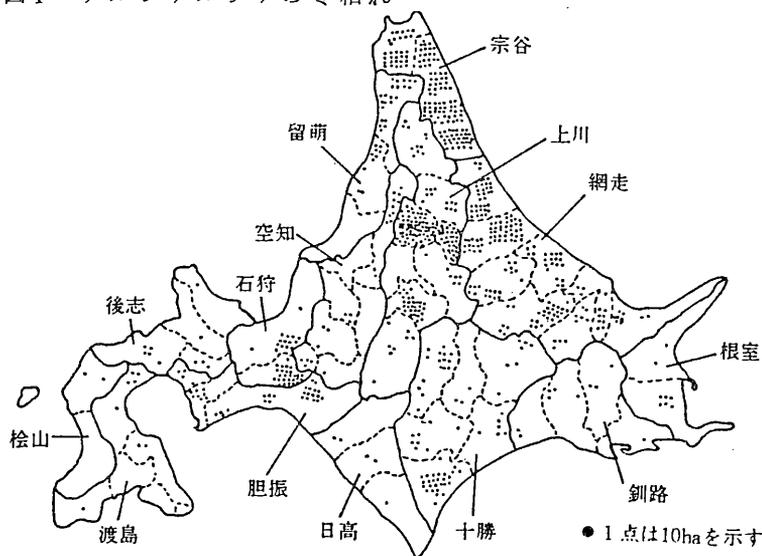


図2 アルファルファ草地(単・混播)の分布状況(昭59現在)

り、土壤凍結問題の厚い壁を打ち破るまでにいたっていない(図2)。

そこで演者らは、十勝地方におけるアルファルファ栽培の問題点とその解決方向を探るため、1981年以来プロジェクトチーム(新得畜試・帯広畜大・十勝農協連)を結成して、越冬性問題を軸に管内全域にわたる実態調査と実証試験を進めてきた。その結果、アルファルファは十勝の極めて複雑な冬の条件—僅かな積雪・凍結深の違いに鋭敏に反応する牧草であり、各種冬枯れの発生条件と地帯区分が明らかとなり、地帯別の対応策についても基本的考え方を取りまとめることが出来たので、話題提供する。

I アルファルファ栽培の難易度を特徴づける北海道の気象・土壤条件と植生

積算寒度(零下の日平均気温の積算値)だけでみると、道北や網走管内が最も高く、寒い地帯となる。しかし、積雪深が20cmに達するまでの積算寒度値は十勝・釧路・日高地方で高く、寒いのに対し、アルファルファ適地帯での値は著しく小さい⁵⁾。

また、土壤易有効水分の道内分布⁶⁾(図3)は、太平洋側の地帯で特徴的に高い傾向にある。これは、①暖候期の降水量が大きいこと、②保水性の高い火山性土が多く分布する等の条件が重なっているためと考えられる。この土壤水分が高いということは、後述のようにアルファルファの凍上害の多発や耐凍性を低下させる方向でこれが作用する点で注目値する。

ところで、現在のアルファルファの栽培分布の片寄りを最も総合的に反映しているのが、クマイザサとミヤコザサのすみ分け・分布であろう⁸⁾(図4)。第1に、最深積雪75cmラインに沿って「ミヤコザサ線」が走り、その北側の多雪地帯(土壤凍結地帯の網走管内を含む)にはクマイザサが分布し、75cm未満の太平洋側の地帯にはミヤコザサが分布する。第2に、クマイザサは越冬芽を地上部に多く着生し、雪で保護された状態でのみ越冬できるタイプであるのに対し、ミヤコザサの越冬芽は耐凍性に優れるだけでなく、そのほとんどが地中にあり、地上部が枯れても越冬できるタイプである。第3に、この積雪を介してのササのすみ分けは現在のアルファルファ栽培(品種)の適・不適地帯の分布と非常によく一致している。網走管内は土壤凍結地帯であっても、クマイザサの植生を維持できるだけの積雪条件を満たしていると推定される。

アルファルファと似た根系をもつエゾノギシギシは多雪環境下では見事に越冬して夏期間の強害雑草となる。しかし、少雪で土壤凍結の深く入る地帯では、エゾノギシギシも凍害のため容易に越冬できない。ミヤコザサ帯に属する十勝では、エゾノギシギシの生態分布の方がアルファルファ栽培の難易度を知るう

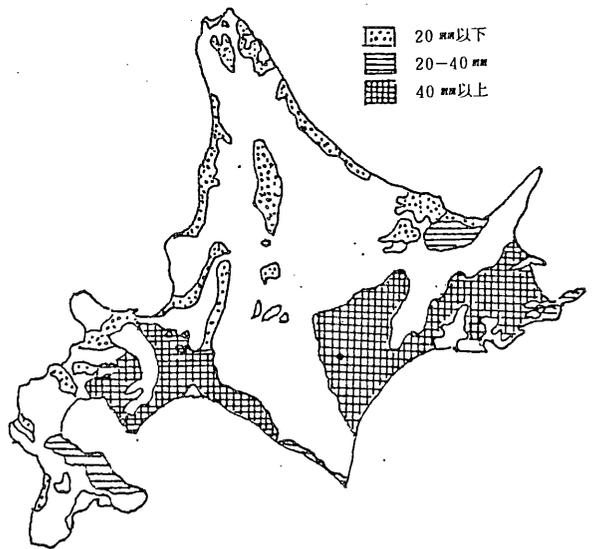


図3 土壤易有効水分量による区分
(深さ30cm当たり)赤沢原図

Ⅲ 積雪・凍結分布と冬の地帯区分

図6に1981~83年の十勝の積雪・凍結深の分布状況を示した。1981, 82年は多雪年, 83年は少雪年にあたる。東大雪山系の糠平から日高山脈沿いの広尾まで多雪地帯で, 比較的浅い凍結を示している。また, 足寄, 本別の東北部から土幌・音更の中央部に向って深い凍結を示す傾向にある。沿海付近の町村では, 根雪が遅いため, 多少気温の高い地域であっても凍結が深い傾向にあった。凍結後の降雨によってアイスシート害が発生しやすいのもこの地帯である。

この積雪, 凍結分布に対応して, 冬枯れの原因や被害程度の分布も著しく異なり, おおむね図7のように十勝の冬は地帯区分される。すなわち, ①多雪に起因する雪腐病地帯, ②凍上作用による断根地帯—この地帯は, 少雪年には低温による生理的障害の軽度・重度の凍害発生地帯となる, ③両地帯の狭間に雪腐病や凍害の発生が少ない中間地帯, とに区分した。

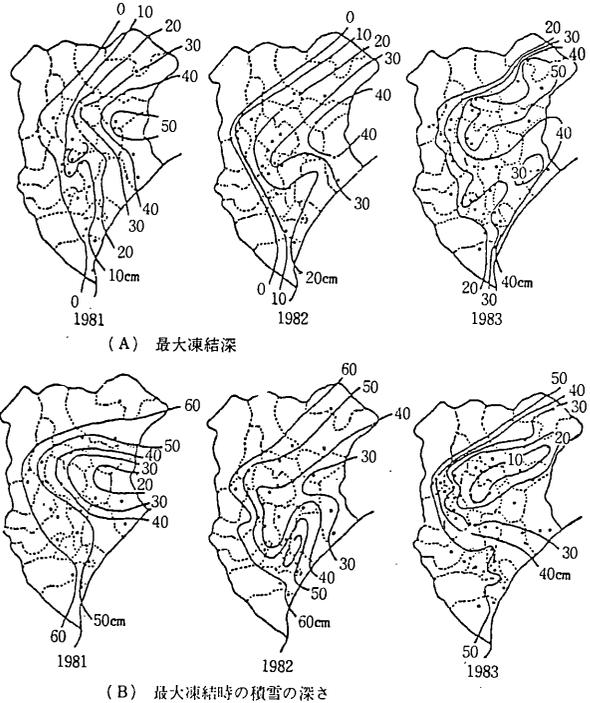


図6 1981~83年の十勝における凍結深(A)と積雪深(B)の分布状況

Ⅳ 十勝における凍上害の位置付けと対策

1. 凍上作用と断根・浮上害の関係

地表面から凍結が始まると, そこに発生した凍結層に向かって, 下層からゆるやかな水分移動が開始する。凍結層にアイスレンズが発生すると, これが下層からの水分供給によって発達したアイスレンズ層となり, 地表面が隆起する。これが凍上である。

温度低下が急速で下層からの水分供給が間に合わなければ, 凍上は起っても僅かである。地下水位が高く, 地温の低下がゆるやかであると, 水分供給が時間的に間に合うためかなりの凍上が発生する。¹¹⁾

アルファルファの断根は最も発達したアイスレンズ層の凍上力に根が抗し切れずに切断される現象である。

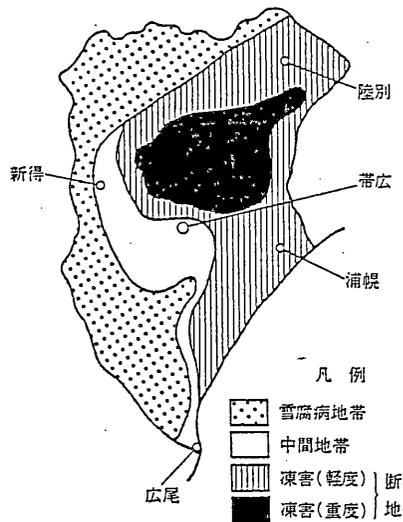


図7 1982~84年冬におけるアルファルファの雪腐病被害と凍害, 断根の発生分布(十勝)

浮上・抜根(断根しているケースが多い)、冬期間土と共に凍上した植物体が、根系の発達が悪い場合、融凍後凍上した位置にそのまま残り残される結果生ずる被害である。側根や分枝根等のよく発達したアルファルファは、凍上しても、土と一緒に元の位置に戻るため、浮上害の発生は少ない(図8)。

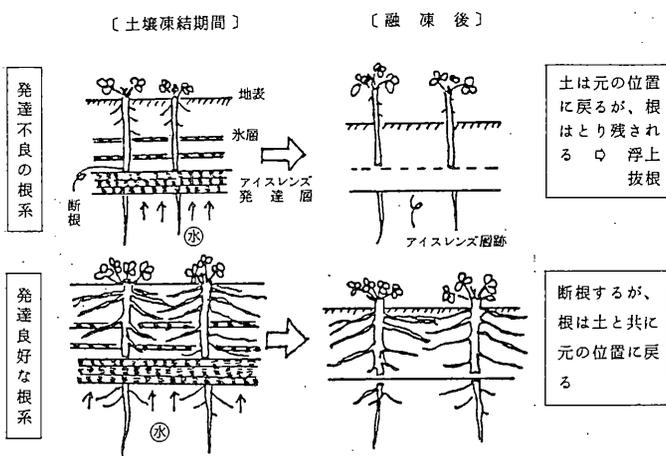


図8 凍上作用と断根、浮上害の発生のかた

2. 十勝における凍上害の位置付け

これまで、土壤凍結地帯でアルファルファが定着しづらく、低収、不安定化する主因は断根や浮上害にあると、広く認識されてきた。その最も簡便で、低コストで効果的な凍上害回避策として、山口ら(1981)はイネ科牧草(とくにチモシー)との混播方式を提唱した³⁾。これは、イネ科牧草の根系がアイスレンズ層の発達を強く抑制するため、凍上害がほとんど発生しないことを見事に実証したものである。この技術は急速に普及され、十勝でも80%以上のアルファルファ草地は混播方式で栽培されている。

そこで、十勝管内のアルファルファの断根被害の実態を把握するために、125地点の経年草地から根を採集し、調査した^{11,12)}その断根率の管内分布を図9に示した。断根の著しい地帯は凍結の深い地帯と一致しており、陸別、足寄、本別、浦幌などの東北部・東部では断根率75%以上にも達していた。こゝでは、混播で造成されたにもかかわらず、断根回避効果がほとんど認められなかった。多雪地帯に近づくほど断根率は小さくなり、日高山脈沿いの凍結の浅い町村では断根率25%未満にすぎなかった。

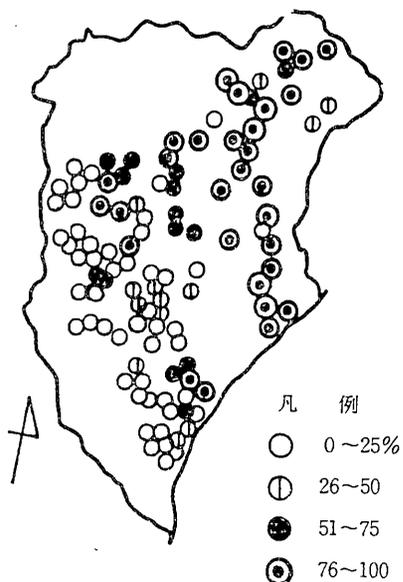


図9 十勝管内のアルファルファの断根率分布

土谷(1986)は「ライシメータによる地下水位と凍結・凍上の試験」¹¹⁾で、「凍上は、ある程度の積算寒度を得ると、寒さよりも水分供給状態に大きく影響されるから、凍結深さとは直接結びつかず、積雪下といえども凍上の発達は大い」ことを指摘している。十勝管内の断根率分布にこのような大きな差異の生じた原因は、やはり凍結深さよりも混播されたイネ科牧草がどれだけ残存しているかの違いに起因する可能性が強い。このことは、「十勝地方におけるアルファルファとチモシー早晩性品種との混播組合せ」試験¹³⁾からほぼ推察される。断根の余り発生しない雪腐病地帯では、チモシーの方が混播下でアルファルファより優占する傾向が強い。他方、凍結の深く入る地帯ほど夏の条件のよい所が多く、凍害の発生がな

ければ、アルファルファがチモシーをほとんど駆逐してしまい、アルファルファ単播同様の状態に急速に変化してしまう。凍結の深い地帯では、夏の条件がアルファルファに有利に働く傾向が強いため、混播しても断根抑止効果が期待できないのであろう。

断根される位置(深さ)をみると、管内平均で12.7cmである。地域的には、断根深15~20cmの範囲では凍結の深い東北部で最も多く(40%)、深い位置で切れるのに対し、凍結の浅い南部では6%、中部4%、西部11%となり、浅い位置での断根が多い。断根位置は、地中にアイスレンズ層の最も厚く、多発する位置と一致すると考えられる。すなわち、凍結の深い地帯では凍結速度が速いため、比較的下層で発生しやすいのに対し、凍結の浅い地帯では凍結速度が遅く、凍結の停滞する浅い位置に発生するのであろう¹¹⁾

さらにアルファルファの根型の地域的な分布の違いについて検討した。多雪地帯の根型は典型的な深根性の直根タイプが主体であるのに対し、凍結の深く入る地帯ほど、断根後、側根、分枝根あるいは根粒のつき易い繊維根を発達させ根系に変化したものが多く、作土層中心の根系分布が主流であった。いったんこのような分枝根タイプの根系が確立されると、凍上しても浮上・抜根の心配は少ない。

3. 凍上害対策の視点

- 1) 凍上の大きさは、ある程度の積算寒度を得ると、寒さよりも下層からの水分供給量の多寡に支配されるので、凍結による吸水量を軽減する方法、とくに農地の排水の強化が基本となる¹¹⁾
- 2) 凍上害対策にイネ科牧草との混播が有効であるが、とくに十勝の断根地帯ではイネ科牧草の維持が難しい。当面、イネ科牧草のうちで耐凍性、競合力に優れるチモシー極早生品種「クンプウ」との組合せが効果的であろう¹³⁾
- 3) 造成年の越冬前までに側根や繊維根の充分発達したアルファルファ草地をつくれれば、浮上害はかなり軽減できる。井芹ら(1987)は、陸別町の試験¹⁴⁾で、6月上旬までの早播きが最も有利で、それより播種が遅れる程、根系の発達が悪くなり、雑草も多発し、2年目以降の収量もかなり低い草地になることを指摘している(表1)。

表1 アルファルファの播種時期の違いが2年目収量、根系に及ぼす影響(井芹ら, 1987)

播種日	株数 (m^2 当り)		*乾物収量 ($kg/10a$)		越冬前の根乾重 ($kg/10a$)		株当り生根重 (g)		雑草率** (%)
	初年目	2年目	1番草	年間	初年目	2年目	初年目	2年目	
4月16日	138	125	619	1,143	191	315	8.0	12.8	7.4
5月1日	132	107	581	1,092	229	291	8.9	14.9	7.5
5月16日	213	136	405	807	192	311	5.6	14.5	8.3
6月1日	204	154	651	1,285	343	464	5.9	14.6	6.4
6月16日	220	154	495	929	241	354	5.5	9.1	16.0
7月1日	204	153	518	855	140	255	4.4	5.6	32.5
7月16日	252	142	405	741	66	236	1.2	5.1	28.2
8月1日	198	127	372	647	72	274	2.9	6.4	22.7
8月16日	398	94	70	191	4	96	0.1	4.1	45.2

* 2年目, ** 2年目, 1番草時

注) アルファルファ単播で、品種はソア、場所は陸別町

4) 断根地帯の土壤は直根タイプの地帯よりCECの高い傾向にあるが、後者より下層まで土壤改良の進んでいるケースが多い¹²⁾。高CEC土壤では化学性改良に要するコストも高いものになる。それだけに、断根地帯では作土層の根系分布に合せた低コスト土壤改良でも安定的維持が可能なのか、その検討が必要となろう。十勝ではアルファルファの前作にサイレージ用とうもろこしやビート等が作付けられ、下層土の改良が進んでいるケースが多いので、根系分布に対応した低コストで合理的な造成法に期待がもてる。

4. 断根地帯と雪腐病地帯の収量比較(多雪年の場合)

ところで、多雪で断根の発生が少ない雪腐病地帯と断根地帯とでは、収量的にどちらが勝っているのか。1981年6月23日を基準日として、管内一斉に1番草の収量調査を実施した。これは、全十勝的に凍結は最深40~50cm未満にとどまった条件で越冬した年の結果である(図10)¹⁵⁾。

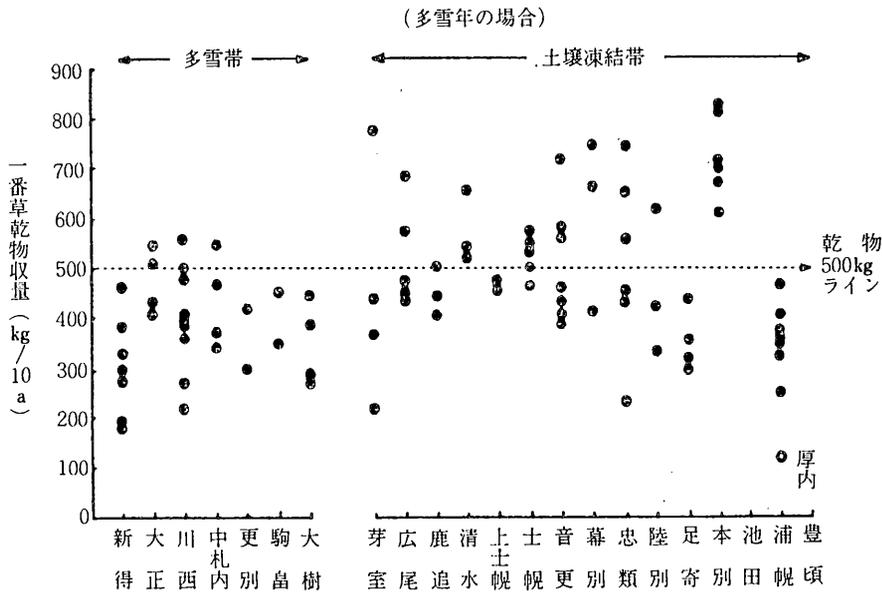


図10 十勝の各町村におけるアルファルファ草地の1番草収量(1981年6月)

意外にも断根地帯の収量は直根を維持している多雪地帯よりも高い実態にあることが判明した。この傾向は、多雪の82年の場合も同様であった。凍上作用は根系分布を大きく変えるものの、多雪年には低収化・不安定化の主因となっていないことから、凍結地帯における草地荒廃化の主因は別にあると考えられよう。そこで、多雪地帯の収量が何故低いのかについて検討する。

V 雪腐病被害、発生条件の特徴とその対策

アルファルファに被害を与える雪腐病菌は、黒色小粒菌核病菌(*Typhula ishikariensis*, 生物型A)に限られている。松本の研究¹⁶⁾により、本菌は担子胞子で広域に伝播するものと異なり、菌核(春~秋)→二次菌糸(積雪下)の生活史を繰返す、伝播力の小さい菌であることが明らかにされている。しかし、これまでアルファルファにおける被害の特徴や発生条件について、知られてこなかった。

1. 雪腐病被害の特徴¹⁷⁾

- 1) 翌春の1番草を構成するはずの茎葉や大きめのクラウン芽が腐死する。しかし、それで株全体が死ぬことはほとんどない。
- 2) 萌芽期が雪腐病の発生しない地帯よりも3週間以上も遅れるケースが多い。おおむね5月上～中旬が萌芽期となる。
- 3) そのため、萌芽が早く、多雪地帯で繁茂しやすいエゾノギシギシに抑圧されやすい。
- 4) また、萌芽後株間の生育ムラや株内の分けつの伸び方にも著しいバラツキが生じ、草地全体が凹凸の観を呈する。
- 5) 雪腐病地帯では、クラウン芽の再構築から出発せざるをえないため、根の貯蔵物質(TNC等)へ依存する量と期間が健全草地より大きい。そのため、貯蔵物質の充分な回復までの期間も長びく傾向が強い¹⁸⁾(図11)。

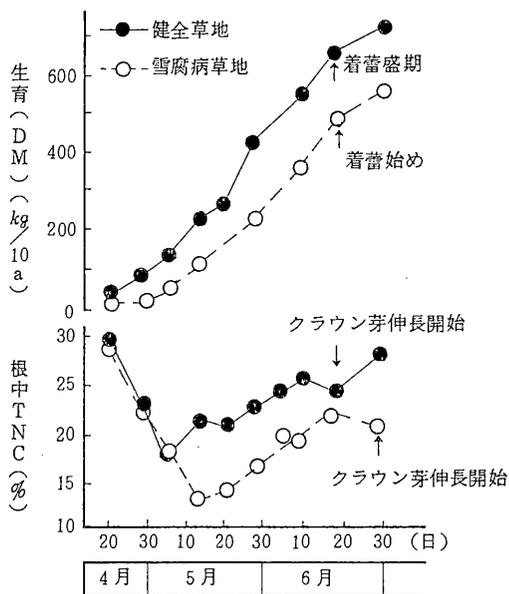


図11 中間地帯と雪腐病地帯のアルファルファの早春から1番刈までの生育及び根中の貯蔵炭水化物の推移比較

2. 雪腐病被害の管内分布と発生条件

雪腐病の十勝での発生分布と積雪・凍結深との関係¹⁹⁾を図12に示した。陸別から南部の広尾にかけての山沿いの町村が雪腐病地帯となる。この被害の発生は、凍結深30cm未満で40cm以上の積雪がある期間確保できる地帯に限定される。また病害発生に最小現必要な40cm以上の積雪期間は、極く浅い凍結しかない場合は20~30日にすぎないが、凍結深30cm付近の所では50~60日以上必要であった。

土壌凍結には、雪腐病被害を軽減する効果があり、凍結30cm付近の所では、菌糸蔓延に好適な地表面温度(-0.5℃以上)になることが少なく、菌糸がある程度広がっても形成される菌核数が少い傾向にある。²⁰⁾

3. 雪腐病地帯での対策

- 1) エゾノギシギシ駆除の徹底
- 2) 萌芽期、貯蔵炭水化物の回復が遅れるので、着蕾期刈等の早刈りは避ける。早刈りを重ねていくと、低温・寡照条件に遭遇することの多い当地

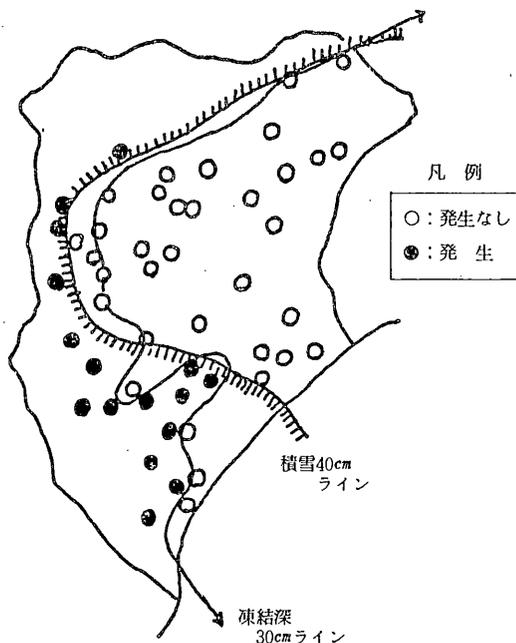


図12 十勝地方におけるアルファルファ草地の雪腐病(*Typhula ishikariensis*, 生物型A)の発生分布と積雪深、土壌凍結深との関係(1983年)

帯では、葉枯れ病害の蔓延等も手伝い、生育期間中に半数以上の株が枯死することもある¹³⁾

3) 刈取り危険帯後に3番草を刈取り(維持段階)、雪腐病菌のエサとなる残草を少くする。この刈取法が被害軽減と多収をめざすうえで有効である²¹⁾。このことにより、雪腐病の被害を受け易い大きめの越冬芽が少くなり、抵抗力の強い小さなクラウン芽が多くなる点が注目される。

4) 今後の課題として、本病菌に拮抗性のある腐生菌が松本により見出されており、生物的防除法の確立が期待される²²⁾。このことと関連し、滝川畜試の混播草地では、残草の多い場合、腐生菌が多くなり、雪腐病菌の菌核の少いことを観察しており、生物防除の視点からの混播の評価も必要と思われる。

VI 土壤凍結地帯での最大の障壁：凍害

土壤凍結地帯におけるアルファルファ栽培の低収化・不安定化の主因が凍上作用にないことを明らかにしてきた。

1983年の十勝は、暖冬とはいえ少雪年で経過した(図6)。6月10日をメドに管内一斉に実施した収量調査結果⁹⁾は、断根地帯の収量性が一転して極めて不安定なことを裏付けた(図13)。

第1に、多雪年には全体的に高水準の収量を維持していた土壤凍結地帯¹⁵⁾で(図10)、収量が激減した。これは凍害によるものであった。

第2に、雪腐病地帯の収量は依然として低く、凍害発生地帯との中間に、どちらの被害も小さい収量的に安定した中間地帯のあることがはじめて認識できた。

1. 凍害の認識と発生分布

図14に示すように、枯死を伴う重度凍害は積雪20cm未満で凍結深50cm以上の地点に発生した。2月中旬以降に積雪が20cm以上となり、凍結深50cm未満にとどまった地点では重度凍害は認められなかった。そしてこの被害は、同一町村内でも肥沃度の高い畑作適地である足寄川、美里別川、音更川、然別川沿いの極めて排水良好な草地に集中していた。²³⁾

凍害の特徴は、²⁴⁾①浮上状態になく、②クラウン直下5~10cm程度の浅い部分の根が低温障害を受け、植物体が著しく衰弱した場合にのみ繁殖する根腐病菌(*Fusarium roseum*, *Rhizoctonia solani*)により2次的に腐敗した株が多い。患部より下の根は正常であった。③このため、地上部は養水分の吸収不能となり致死する経過をたどる。④更にアルファルファの枯死した所では、同調的にエゾノギシギシの根も一層深い部位まで被害を受けて枯死し、耐凍性の高いタンポポとナズナが生き残った。この種生学的特徴と野草の耐凍性範囲³⁴⁾から、アルファルファの凍害は比較的浅い土層中の根領域が-5~-10℃の

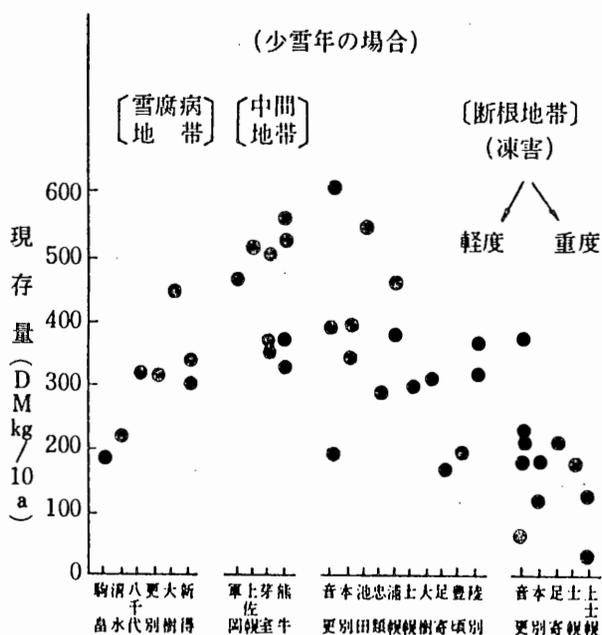


図13 十勝の地帯区分とアルファルファの生育量比較 (1983年6月10日現在)

地温に長期間さらされるような積雪・凍結条件下で発生したと推断した。凍害発生草地はナズナやタンポポの優占する荒廃草地に一転してしまう。

2. 凍害発生条件の実証と

「十勝積雪モデル」作成による冬の地帯区分の再現

実態調査に基づく十勝の地帯区分と各種冬枯れの発生条件の設定が適切なものであれば、「十勝積雪モデル」を同一圃場のアルファルファ草地内に作成することにより、想定される積雪・凍結深で一連の凍害・中間・雪腐病地帯を再現できるはずである。新得畜試圃場でこのことが実証された^{25,26)}(図15, 16)。

アルファルファ(ソア)は、積雪が多過ぎて、少な過ぎて問題が生じ、中間地帯に相当する至適積雪深、至適凍結深がともに30~40cmの範囲で存在する。この至適範囲からはずれると、アルファルファは鋭敏に反

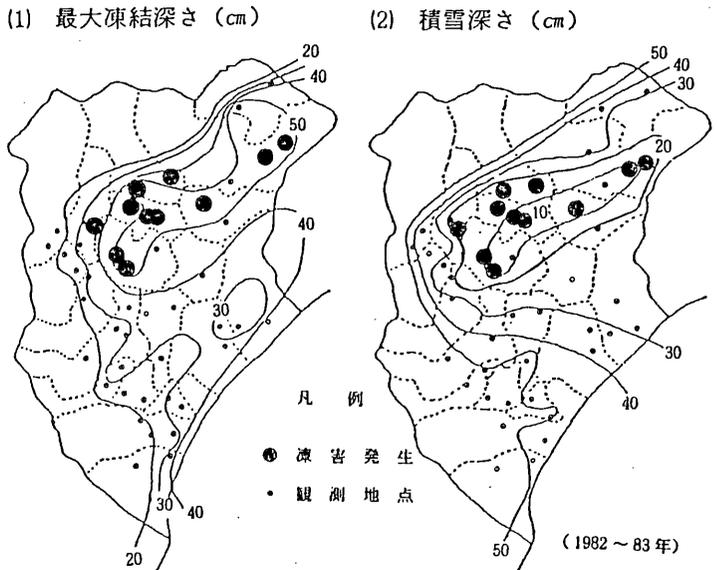
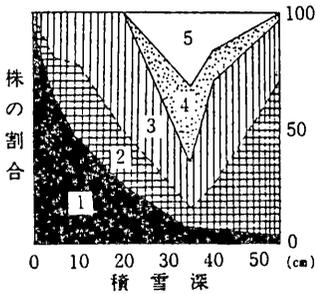
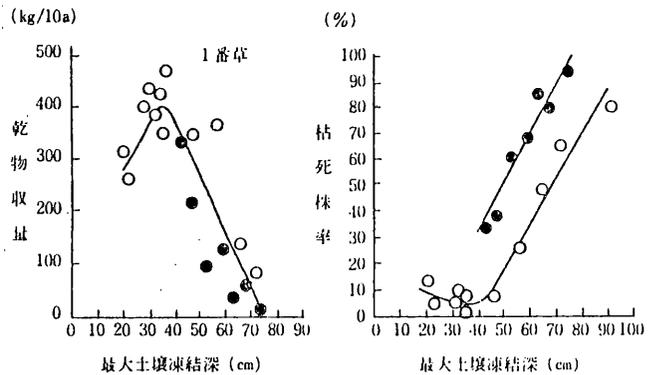


図14 アルファルファ草地の凍害発生分布と積雪・凍結分布



完全枯死 極めて悪い 悪い やや悪い 正常

図15 積雪深と越冬後の株の構成割合

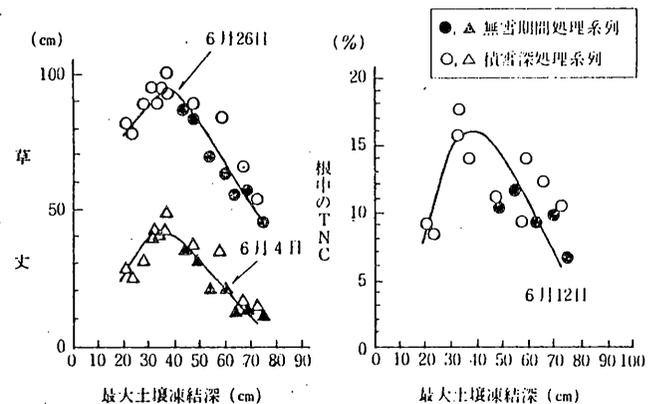


図16 最大土壌凍結深とアルファルファの越冬性、一番刈までの生育状況及び根の貯蔵炭水化物との関係

応して、積雪深40cm以上・凍結深30cm未満で雪腐病が発生する。一方、土壤凍結40cm以上になると株の枯死を伴わないため認識の難しい軽度凍害が発生し、翌春の生育が著しく遅延する。いわば「潜在的凍害」ともいうべきものである。そして、50cm以上の凍結深で枯死が発生する重度凍害が顕在化する。70cm以上になると50%以上の株が凍死してしまう(LD₅₀)。

全く積雪ない場合のLD₅₀凍結深は50cmである。

そこで、アルファルファの凍害枯死の発生するとみられる温度条件：臨界地温が-5℃以下になる日数を積雪深と凍結深との関連で検討した(表2)。

積雪20cm未満で凍結深が50cm以上に達しているとき、アルファルファに凍害の発生する部位(0~10cm)の地温はほぼ確実に-5℃以下に低下する。しかし、積雪が20cm以上確保されていれば、-5℃以下の地温になることはほとんどない。LD₅₀になる地温-5℃以下の期間は約1ヶ月である。

このように、積雪20cm、凍結深50cmは凍害発生地温(-5℃)の臨界積雪・凍結深であり、十勝における重度凍害発生の有無の実態と極めてよく一致し、今後の凍害対策の指針になる。

さらに、根の貯蔵物質(TNC)の翌春における回復の仕方も、至適範囲から両極にはずれる程、遅れる傾向が強い(図16)。凍害地帯と雪腐病地帯においては、特にこの点に留意した刈取管理がなされるべきであろう。

3. 北海道における重度凍害発地点の推定と十勝の位置付け

積雪20cm未満で日最低気温が-10℃以下で経過する期間が70日を越えると重度凍害が発生することが実態調査で明らかとなった。²³⁾そこで、過去18年間の気象データから推定した道内の重度凍害発地点と発生頻度をマップ¹⁰⁾に示した(図17)。

凍害の最も発生しやすいのは十勝地方で、なかでも東北部、東部、北部の町村は全道の最多発地帯に位置付けられる。また雪腐病地帯でも18年に1、2回の発生が予測される。

十勝に次ぐのが釧路管内で、弟子屈、標茶、鶴居を結ぶ地帯に多発する可能性が高い。一方、根室管内は意外に発

表2 積雪深レベルと地温-5℃以下になる日数の関係(12月29日~3月10日)

積雪深 (cm)	土 層 深 (cm)					凍結深 (cm) **
	0	5	10	20	50	
0	58	49	43	19	0(日)	72
5	47	40	32	9	0	69
10	30	23	16	1	0	64
20	3	0	0	0	0	55
40	1	0	0	0	0	45

但し、12月29日以前は各区とも除雪処理

** 3月10日現在

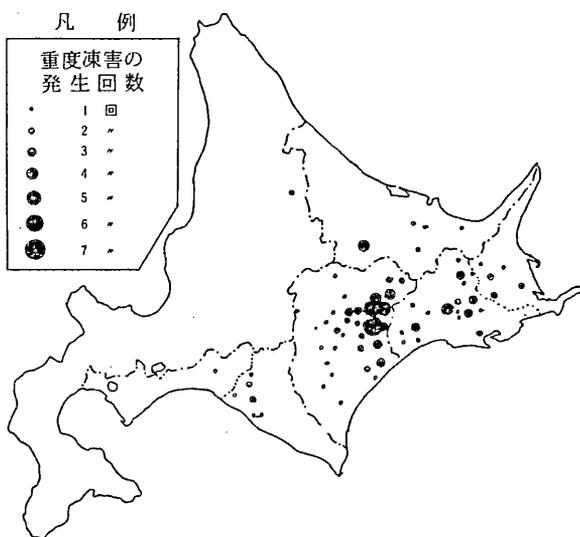


図17 過去18年間(1966~83)におけるアルファルファの重度凍害の発生推定地点分布と発生頻度

生の可能性が小さいことがわかった。さらに発生頻度は小さいが胆振や日高でも発生する可能性がうかがわれる。

一方、クマイザサ帯に属し、アルファルファ栽培の最も盛んな網走管内では、極く一部の地点を除き、凍害がおきても18年に1回程度にすぎず、面的にも少ない。暖候期の降水量の少いことに加えて、厳寒期に最低20cm以上の積雪が確保されて凍害の発生しにくいことが、土壌凍結地帯に属しながら、網走管内をアルファルファの安定栽培地域にならしめた最大の理由であろう。

Ⅶ 冬枯れ対策の視点と今後の課題

雪腐病地点や凍上害問題での対策は、既に述べてきているので、ここでは凍害問題への対策を重点に、総論的に記す。

1. 品 種 問 題

現在、道内で栽培されている品種の多くは、耐凍性が中程度の生育型Ⅲ群のもので占められている。Ⅲ→Ⅳ→Ⅴ群と耐凍性が高くなっていく²⁷⁾が、耐凍性の高い品種群ほど一般に休眠が早く、夏の収量性は低いものが多い傾向にある。凍害地帯に今後導入する品種は、単に耐凍性にすぐれているだけではなく、凍害の発生しないような年には現在流通している品種に匹敵するか、それに近い収量をあげられる特性をそなえていなければならない。

畑の排水徹底はアルファルファ栽培の大前提であるが、排水を良くすれば、夏の地温も上り易いかわりにそれだけ冬には地温も下がり易くなり、

日変化のなかで容易に-20℃くらいまでの地温になる¹¹⁾(図18)。圃場の排水条件がととのっていくほど、今後凍害発生地帯では一層耐凍性の高い品種を栽培する必要性が高まる。

管内の雪腐病地帯(帯広市拓成)、中間地帯(帯広畜大)、凍害地帯(本別)にⅡ~Ⅴ群までの品種を栽培し、各地帯での適応品種群について²⁸⁾検討した(図19)。その結果、雪腐病地帯と中間地帯では現在栽培されているⅢ型品種群が最も有利で、一方凍害地帯ではⅢ型よりも耐凍性の高いⅣ型品種群が経年化とともに有利になることが判明した。

アルファルファの耐凍性は、土壌水分の影響を強くうけ、湿潤な土壌環境下では高まりにくく、^{29, 30)}致死する

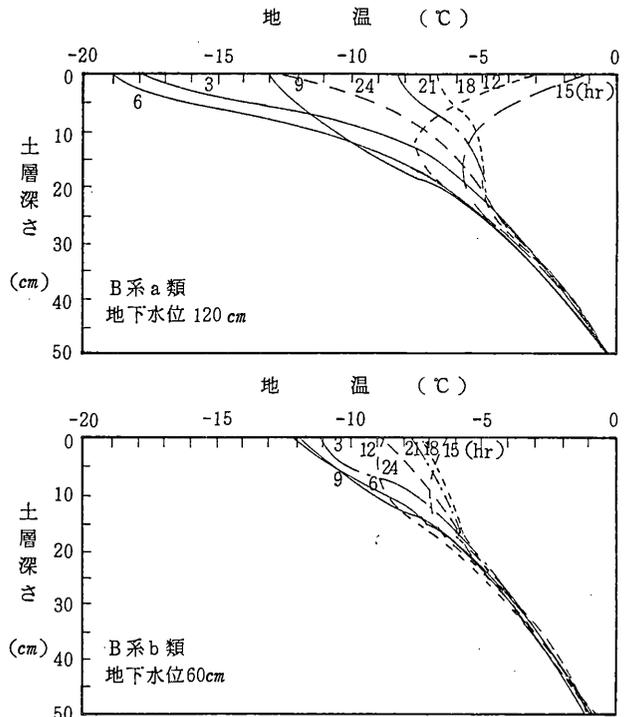


図18 除雪区における地温断面の日変化(1982年2月2日) (土谷, 1986)

迄の時間も短くなること³¹⁾が最近報告されている。アルファルファのなかで最も耐凍性に優れた *Medicago falcata* 種 (V型) でも、条件のよい年には -20°C くらいの地温に耐えうるが、ハードニングステージに多雨や高温に遭遇した年には、耐凍性がせいぜい $-5 \sim -10^{\circ}\text{C}$ 程度にしか高まらず、このような状態での越冬をよぎなくされる³²⁾ (図20)。北海道は、吉田(1985)が指摘するごとく、世界にも類をみない「湿潤亜寒帯農業」地帯である。³³⁾ 今後、凍害地帯向けのアルファルファ品種の改良や導入に際して、この土壤水分の問題や夏の気象条件を今よりもっと強く意識していく必要がある。

そこで、道東各地域の土壤凍結深と暖候期の降水量との関係を検討してみた (図21)。第1の特徴は、アルファルファの安定地域の網走管内は土壤凍結深に関係なく、どこも降水量が少ない。すなわち、耐凍性の高まりやすい乾燥型の地域に属する。

第2に、十勝、根釧地方では、雪が少なく凍結の深く入る地帯ほど、暖候期の降水量も少くな

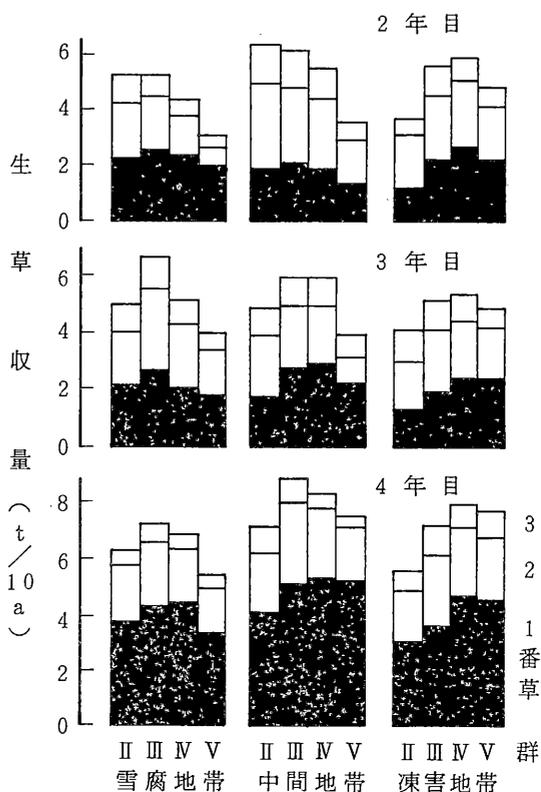


図19 アルファルファ生草収量の群間および地帯間の年次別比較 (堀川ら, 1987)

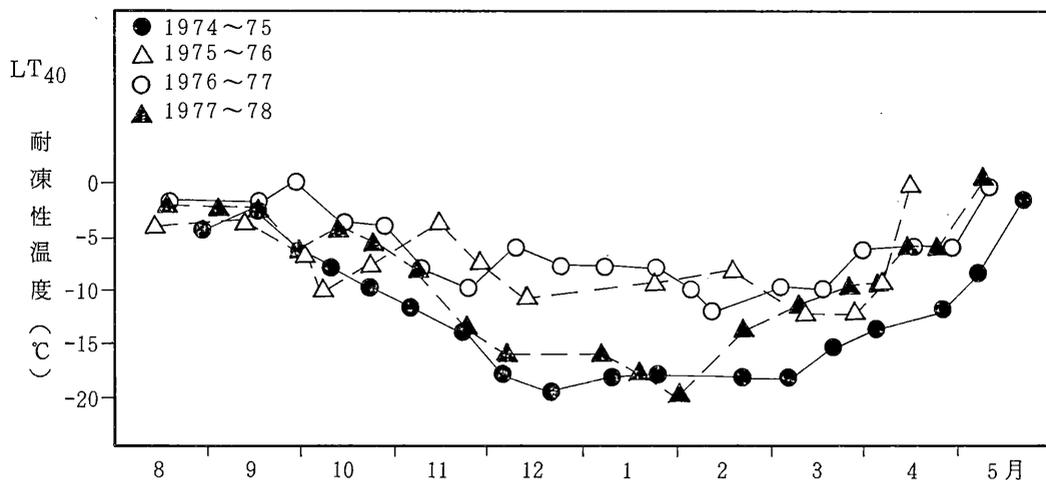


図20. Anik alfalfa (*M. falcata*) の耐凍性温度の季節的推移と年次変動 (アルバータ州, J. McKenzie, 1981)

り、生育期間中は好条件に恵まれる所が多い。しかし、同程度に凍結する地点で降水量を比較すると、網走→十勝→根釧の順に湿潤傾向が強まり、耐凍性がより高まりにくい条件になっていくことがうかがわれる。

以上のようなことを考慮すると、同程度に深く凍結する地帯であっても、乾燥傾向の強い所と湿潤傾向の強い所とは、そこに適応する品種に違いがあって不思議はない。その可能性の一端が、現在新得畜試で行われているGEPの試験にうかがわれる(表3)。

新得は本別に比べて湿潤な地帯であるが、凍害地帯の本別と同程度に土壤凍結する地点を選び、品種比較試験畑を設置した。湿潤な新得では道内育成品種第1号の「キタワカバ」が、乾燥型の本別では雨の少ないカナダ育成の「アルゴンキン」が最も優れていた。さらに、夏にも降水量の多い雪腐病地帯の大樹では、やはり北農試育成系統の「月系303」が最も多収で、ヤムランクは下がるが、夏の葉枯れ病害にも強いバーティシリュウム抵抗性品種「バータス」や「キタワカバ」も優れている点が注目される。

今後、アルファルファ品種についても、サイレーズ用とうもろこし品種でのきめこまかな地域適応区分に匹敵する地域、地域にあった品種の改良、選定と地域適応区分の作成が強く望まれる。

2. 立地の問題

1) スノーマネージメントの観点から、少ない降雪のチャンスに雪留め効果の大きい防風林のある畑を選択した方がよい。⁸⁾

2) 凍害発生地帯では、同一町村、同一農家の畑、あるいは土壤の種類の違いによって凍害発生や被害程度に著しく違いの生ずることがある。特に沖積地帯の砂壤土は、火山性土

壤に比べて熱伝導率が高い(図22)。そのため夏の地温が高まり易い反面、冬の地温の低下は著しく、¹¹⁾凍害のおきやすい土壤といえる。²³⁾砂壤土への作付は、より耐凍性の高い品種が導入されるまでは避けた方が安全である。

3) 凍害に弱いエゾノギシギシを指標植物⁸⁾にして、立地の選択の一助にするのもよい。

3. 刈取り管理の視点

凍害の発生しやすい地帯での刈取り管理のポイントは次の二点に基本を置くべきである。

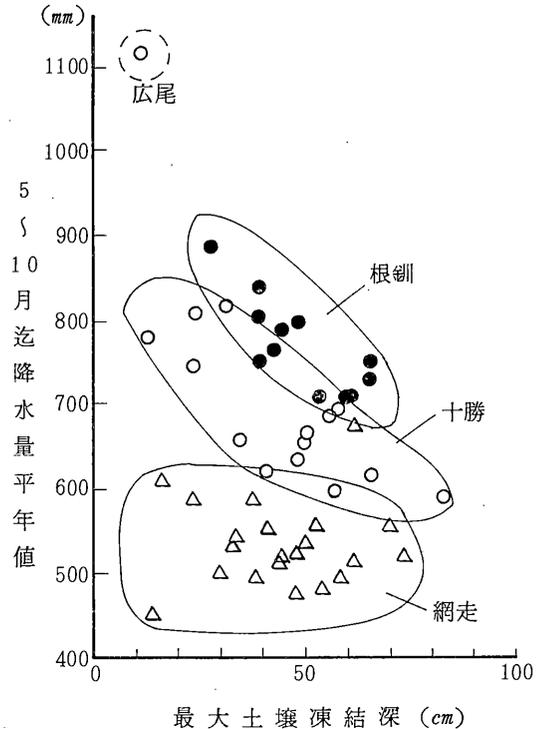


図21. 道東地方における土壤凍結深(根釧・十勝は83年, 網走は85年)と5~10月迄の降水量('51~'80年)との関係

表3 アルファルファ品種の1番草の収量比 (新得畜試)

品種・系統名	一新得	一本別	一大樹	'86	'87	'86	'87
アルゴンキン	92	94	112	104	103	91	
キタワカバ	105	129	103	99	103	132	
バータス	96	101	90	92	104	135	
月系 0303	102	103	99	98	114	161	
ソア	100	100	100	100	100	100	
ソア(DM, kg/10a)	433	386	814	751	572	252	
凍結深	59cm		60cm		20cm		

1) 僅かな降雪のチャンスに20cm近い積雪を草地に捕そく出来るような刈取り管理法を適用することである。その最も効果的な方法は、雪腐病地帯と逆に、9月上旬までに年間の刈取り計画を終了させ、秋のスタンドを刈取らずに残すことである。このことにより、越冬前までに草丈は雪の捕そく効果の高い30~40cmに達し、冬期間地温の低下と土壤凍結をかなり抑制できる。¹⁸⁾

2) 凍害を受けたアルファルファは翌春以降、回復により多くの時間を要する。したがって、被害年には、1番草の刈取り時期を通常より遅らすことがポイントとなる。しかし、重度凍害であれば、枯死するので容易に判別できるが、軽度凍害の場合は見ただけでは容易にその発生を読みとれない。凍害は軽度であっても、個体や根の貯蔵物質の消耗は普段より確実に進んでいる。²⁶⁾ この潜在的凍害の有無や程度を予測するうえで、土壤凍結計の利用が非常に有力な手助けになる。

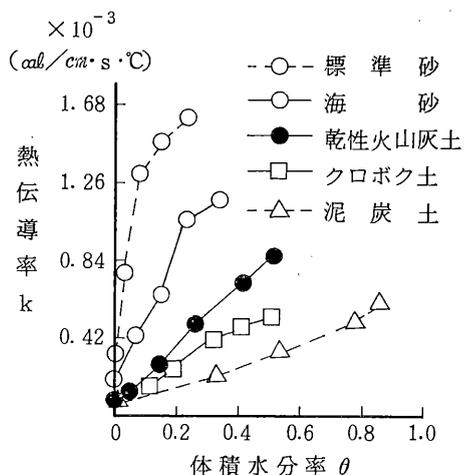


図22 各種土壤の熱伝導率と体積水分率 (土谷, 1986)

4. 土壤凍結計に基づく地帯別刈取り計画法

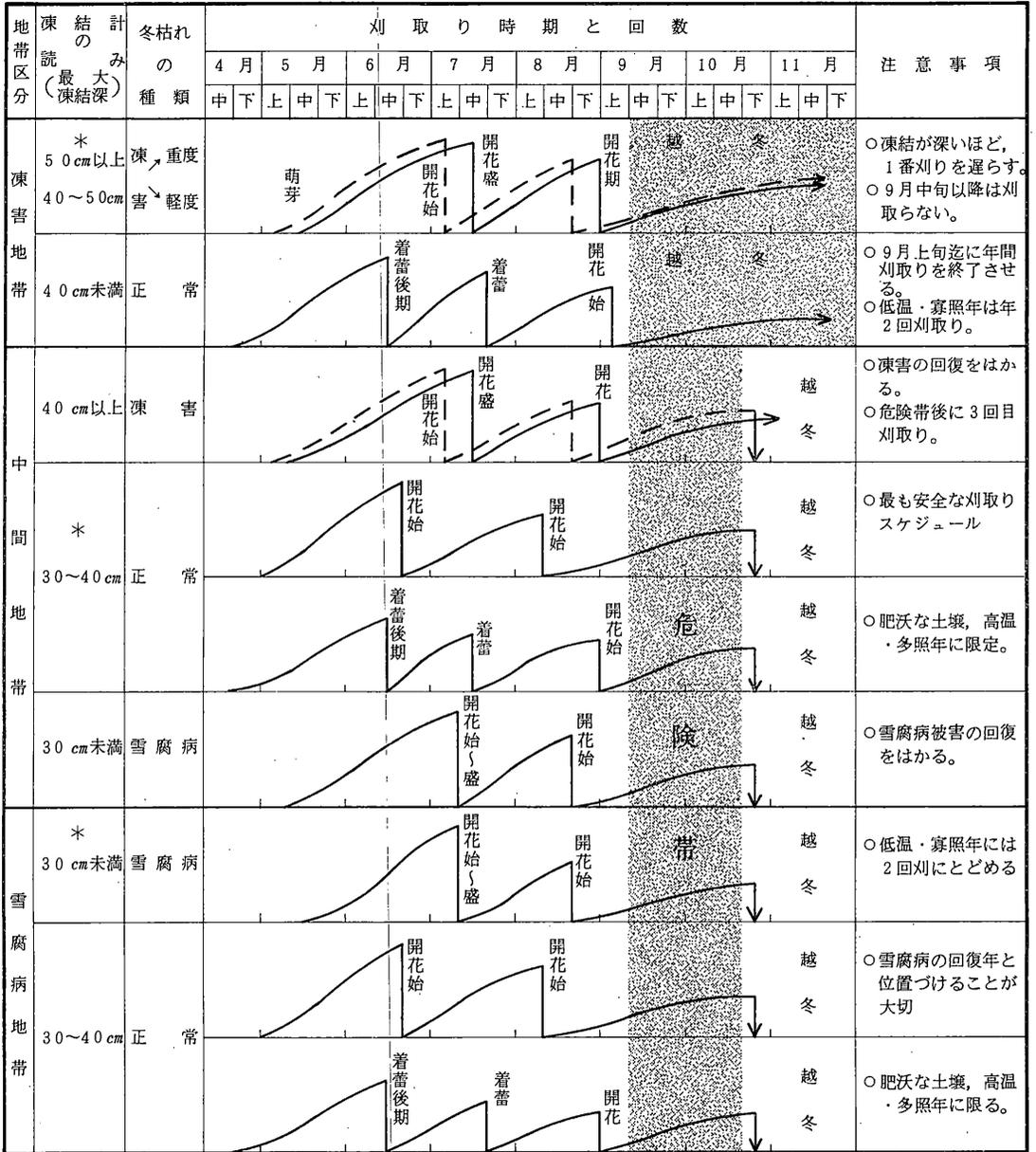
冬の地帯区分はあくまで便宜的なものにすぎないことに留意すべきである。十勝の冬は年次変動も大きく、複雑で、同一町村、同一農家内の草地であっても、冬の条件は著しく異なるケースが多い。しかも、中間地帯や雪腐地帯ですら、頻度は小さいが凍害の発生する恐れはある。

この刈取り計画法(図23)は、安価なメチレンブルーを利用した畜大式土壤凍結計を各農家のアルファルファ草地に設置しておき、積雪深と最大土壤凍結深から凍害発生の有無や程度を予測し、これに基づき年間の刈取り計画を組立てる方法である。図には地帯別の留意点を考慮した刈取り計画例を示してある。

む す び

十勝におけるアルファルファ栽培の不安定要因の把握と地帯区分化がようやく出来た段階であり、今後品種問題の解決とともに、各地帯、各町村、農家レベルの実態に即した一層きめこまかな栽培マニュアルの作成が急がれる。

本プロジェクトは十勝の総力を挙げて遂行したものである。全面的協力をいただいた十勝管内の全ての農業改良普及所、全町村の農協の関係者に深く感謝いたします。また、冬期間のアルファルファ草地の積雪・凍結深のデータは農家自身が記録したことを銘記し、深く感謝と敬意を表します。



注1) *印は地帯の標準

注2) 刈取り危険帯の設定は耐凍性を基準にしたトルフェスクでのデータを参考にした(竹田芳彦³⁵⁾)。

図 23 土壤凍結深度計に基づくアルファルファの地帯別の刈取り計画法(維持段階)

引用文献

- 1) 嶋田 徹, 村上 馨 (1976): アルファルファの永続に関する根および冠部形成の主成分分析, 帯広畜大研報 10, 203-210.
- 2) Shimada, T., T. Genma, S. Furuya, and Y. Kondo (1982): Frost heaving injury of alfalfa. J. Japan. Grassl. Sci. 28, 147-153.
- 3) 山口 宏, 赤城仰哉 (1981): 道東火山灰土地帯におけるアルファルファの栽培法. 北農 48, 1-14
- 4) 十勝農協連 (1987): 昭61年度十勝畜産統計, P 22.
- 5) 福田正己 (1982): 自然積雪下の土の凍結深さの推定について, 「北海道全域における積雪の分布と特性ならびにそれが地面凍結, 植生, 昆虫生態に及ぼす影響に関する研究」, 北大低温科学研究所, 55-74.
- 6) 地域農業研究会 (1987): 空知農業の新たな展開 (II), P106より引用
- 7) 豊岡 洪, 佐藤 明, 石塚森吉 (1983): 北海道ササ分布図概説, 林業試験場北海道支場刊, 1-36.
- 8) 小松輝行, 松田隆須, 丸山純孝 (1987): エゾノギシギシ (*Rumex obtusifolius* L.) の寒冷適応分布の特徴について, 北草研報 21, 176-180.
- 9) 須田孝雄, 土谷富士夫, 丸山純孝, 小松輝行 (1984): 十勝地方のアルファルファの収量性と栄養成分, 北草研報 18, 153-157.
- 10) 十勝農協連 (1984): 十勝地方におけるアルファルファ草地の現況 (II), 1-52.
- 11) 土谷富士夫 (1986): 十勝地方における火山灰土壌の凍結, 凍上が農地に及ぼす影響に関する研究 (学位論文), 1-166.
- 12) 小松輝行, 土谷富士夫, 丸山純孝, 長谷川進, 佐藤文俊 (1983): 十勝地方におけるアルファルファの凍上による断根および傷の発生位置と土層の化学性, 日本土肥学会講演要旨集.
- 13) 小松輝行 (1988): 十勝地方におけるアルファルファとチモシー早晚性品種との混播組合せ, 北草研報 22, 108-113.
- 14) 井芹靖彦, 播磨敬三, 中田悦男, 吉見今朝春, 遠藤良恵 (1987): 寒冷地におけるアルファルファ栽培の実態 (第2報) 播種時期の違いが2年目の生産並びに根系に及ぼす影響について, 北草研報 21, 70-75.
- 15) 小松輝行 (1983): 冬の地帯区分化にもとづくアルファルファ栽培の問題点と展望について, 十勝農学談話会誌 24, 92-101.
- 16) 松本直幸 (1983): *Typhula* (雪腐小粒菌核病菌), 病原と発生生態, 北海道の畑作物の土壌病害, 301-311.
- 17) 小松輝行, 久保政則, 土谷富士夫, 丸山純孝 (1983): アルファルファの雪腐小粒菌核病被害とその特徴について, 北草研報 17, 140-144.
- 18) 小松輝行, 土谷富士夫, 丸山純孝, 堀川 洋 (1985): 土壌凍結計によるアルファルファ刈取り時期策定の試論, 日草誌 31 (別号), 68-69.
- 19) 小松輝行, 土谷富士夫, 丸山純孝, 松本直幸, 及川 博 (1984): 土壌凍結深と積雪深からみたアルファルファの雪腐黒色小粒菌核病被害の発生条件, 日草誌 30 (別号), 91-92.
- 20) 小松輝行, 丸山純孝, 土谷富士夫 (1986): アルファルファの雪腐黒色小粒菌核病発生と積雪, 土壌

凍結および地温との関係, 北草研報 20, 216-222.

- 21) 屋称下亮, 浜田 崇, 大槻啓二, 丸山純孝, 福永和男(1988):刈取り時期を異にするアルファルファの越冬性と収量の比較, 北草研報 22, 125-130.
- 22) 松本直幸(1985):雪腐病生物防除についての試論, 北農 52(11), 1-11.
- 23) 小松輝行, 土谷富士夫, 丸山純孝, 堀川 洋, 佐藤文俊, 高橋 敏(1984):十勝地方におけるアルファルファの凍害分布とその特徴, 北草研報 18, 165-168.
- 24) 小松輝行, 松田隆須, 土谷富士夫, 丸山純孝, 佐藤文俊(1984):アルファルファの凍害と微地形との関係, 北草研報 18, 161-164.
- 25) 小松輝行, 土谷富士夫, 須田孝雄(1985):「冬の十勝モデル」作成によるアルファルファの各種冬枯れ現象の再現と発生条件の実証, (1)積雪深, 土壤凍結深さおよび地温の推移, 北草研報 19, 81-85.
- 26) 小松輝行, 大森昭治, 土谷富士夫, 丸山純孝, 堀川 洋(1985): 同 上
(2)越冬条件と各種冬枯れの関係, 北草研報 19, 86-90.
- 27) 堀川 洋, 土谷富士夫, 丸山純孝, 小松輝行(1985):アルファルファ品種の耐凍性, 日草誌(別号) 31, 70-71.
- 28) 堀川 洋, 丸山純孝, 中島仁志, 小松輝行, 須田隆雄(1987):十勝地方におけるアルファルファ品種の地域適応性, 北草研報 21, 174-175.
- 29) Paquin, P., and G. R. Mehuys (1980): Influence of soil moisture on cold tolerance of alfalfa. *Can. J. Plant Sci.* 60, 139-147.
- 30) Calder, F. W., L. B. MacLeod, and L. P. Jackson (1965): Effect of soil moisture content and stage of development on cold-hardiness of the alfalfa plant. *Can. J. Plant Sci.* 45, 211-218.
- 31) Paquin, P., M. Bernier-Cardou, and Y. Castanguay (1987): Influence of soil moisture, temperature and length of freezing on alfalfa survival. (仏文) *Can. J. Plant Sci.* 67, 765-775.
- 32) McKenzie, J. S., and G. E. McLean (1980): Changes in the cold hardiness of alfalfa during five consecutive winters at Beaverlodge, Alberta. *Can. J. Plant Sci.* 60, 703-712.
- 33) 吉田武彦(1985):湿润亜寒帯農業試論(総説), 北農 52(1), 1-12.
- 34) 能代昌雄・酒井 昭(1974):野草の耐凍性, 日本生態学雑誌 24, 175-179.
- 35) 竹田芳彦(1985):刈取り条件が寒地型牧草の越冬性に及ぼす影響——年3回刈り条件における最終刈取り時期とトールフェスク(品種ホクリョウ)の越冬性, 日草誌 31(別号), 98-99.