

草地管理技術の改善によるグラスサイレージ品質の向上に関する 調査研究と普及推進

雪印種苗株式会社グラスサイレージ発酵品質改善チーム
 龍前 直紀^{*1}・北村 亨^{*2}・谷津 英樹^{*3}・壹岐 修一^{*1}・篠田 英史^{*4}
 三輪 哲哉^{*3}・高山 光男^{*3}

Research and extension about the improvement of grass silage quality through the improvement
 of grassland management techniques.

Naoki RYUMAE・Tooru KITAMURA・Hideki YATSU・Shuichi IKI・Hideshi SHINODA
 Tetsuya MIWA・Mitsuo TAKAYAMA

はじめに

グラスサイレージの品質は、コントラクターの利用や TMR センターの設立によりサイレージ調製の基本である細切・踏圧・早期密封などの調製技術が徹底され、サイレージの品質も改善されてきた面がある。しかし、現場から上がってくる問題は、これらの調製技術だけでは説明できない事が多くなってきており、乳牛の疾病多発への要因ともなっている。弊社分析グループの分析結果から、グラスサイレージの品質は改善傾向にあらず、場合によってはむしろ悪化している事例が多数見受けられるようになった。牧草は粗飼料の基盤であり、牛群は穀物とトウモロコシサイレージがなくても飼養は可能であるが、繊維源である牧草（グラスサイレージや乾牧草）が無くては不可能である。この基礎の部分改善されなければ穀物に頼った飼養管理から脱却する事ができず、粗飼料をベースにした酪農経営は確立できない。

このような背景から弊社の各研究グループが連携し、グラスサイレージの不良発酵の原因の解明から、その解決策までの一連の研究を行ってきた。

1. 北海道のグラスサイレージ発酵品質の現状

2004年（平成16年）にサイレージの不良発酵が原因による嗜好性低下、乳牛の疾病多発事故を受けて、その要因について調査を開始した。

そこで、弊社で実施している粗飼料分析からの傾向を確認して見たところ、イネ科主体1番草サイレージの pH

は、2002年から良質とされる pH4.2以下の割合が減少し、特に pH4.6以上の劣質とされるサイレージの割合が増えている状況であった（図1）。

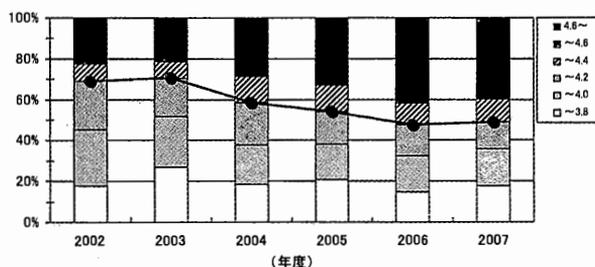


図1. 北海道内のグラスサイレージの pHの傾向
 (イネ科主体1番草サイレージサンプル数600~1200点/年度)

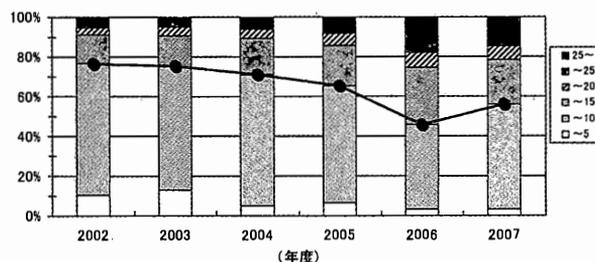


図2. 北海道内のグラスサイレージの VBN比の傾向
 (イネ科主体1番草サイレージサンプル数600~1200点/年度)

また、発酵品質の指標の一つである VBN 比（トータル窒素中のアンモニア窒素含量）も 10%以上の割合が増え、25%以上という非常に劣質のものも目立つようになっていた（図2）。この原因は、水分や調製作業（細切・踏圧・

*¹雪印種苗株式会社 北海道研究農場 飼料研究グループ (069-1464 北海道夕張郡長沼町字幌内 1066)

Hokkaido Res., St. SNOW BRAND SEED CO., LTD. 1066, Horonai, Naganuma-chou, Yubari-gun, Hokkaido 069-1464, Japan.

*²雪印種苗株式会社 技術研究所 微生物研究グループ (069-0832 北海道江別市西野幌 36 番地 1)

Technical Res., Inst. SNOW BRAND SEED CO., LTD. 36-1, Nishinopporo, Ebetsu-city, Hokkaido 069-0832, Japan.

*³雪印種苗株式会社 北海道研究農場 寒冷牧草・飼料作物研究グループ (069-1464 北海道夕張郡長沼町字幌内 1066)

Hokkaido Res., St. SNOW BRAND SEED CO., LTD. 1066, Horonai, Naganuma-chou, Yubari-gun, Hokkaido 069-1464, Japan.

*⁴雪印種苗株式会社 北海道研究農場 分析グループ (069-1464 北海道夕張郡長沼町字幌内 1066)

Hokkaido Res., St. SNOW BRAND SEED CO., LTD. 1066, Horonai, Naganuma-chou, Yubari-gun, Hokkaido 069-1464, Japan.

密封)だけでは説明できない。図3は北海道の道東地域の94基のサイロ192点のサイレージにおける踏圧乾物密度、Vスコア(サイレージの発酵品質を点数化し、100点満点で評価)、カリウム含量をグラフにしたものである。サイレージ調製の基本である踏圧乾物密度は発酵品質にとって重要なポイントであるが、このグラフを見る限り、カリウム含量が低い(2.6%以下)ものはVスコアが高く、カリウム含量の高い(2.6%以上)のものはVスコアが低い傾向にある。

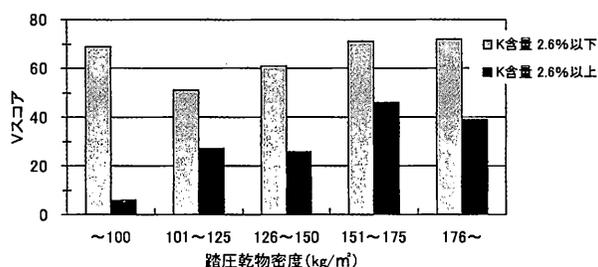


図3. グラスサイレージのVスコアと踏圧密度及びカリウム含量の関係 (94基のサイロ、192点のサイレージを調査、カリウム含量2.6%は道内の平均値)

また、図4、5はサイレージのミネラル含量の推移を示したもののだが、カリウム含量は増加傾向にあり、拮抗関係にあるカルシウム含量は低下傾向にある。これらサイレージのミネラル含量は肥培管理(施肥と堆厩肥施用)と植生構成に影響される。分析結果から不良発酵の原因は調製技術以外の要因が示唆されたために現地における調査を実施した。

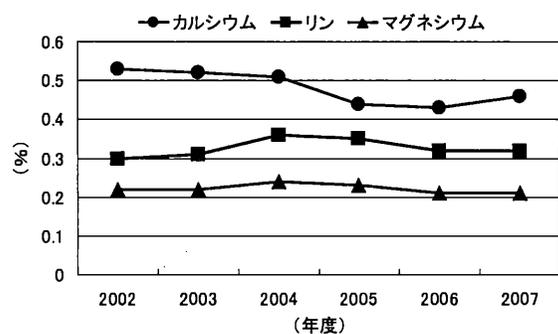


図4. グラスサイレージのミネラル成分の推移

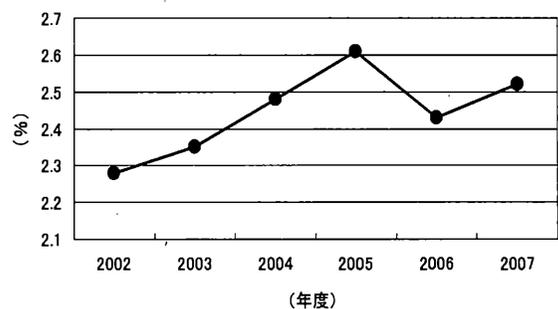


図5. グラスサイレージのカリウム含量の推移

2. 現地調査の結果

肥培管理の異なる9戸の酪農家の同一草地から、チモ

シー (*Phleum pratense*)、シバムギ (*Elymus repens*)、リードカナリーグラス (*Phalaris arundinacea*) を採取して地上部の生草について、堆厩肥の多施用農家4戸、少肥農家5戸に分け草種別に飼料分析を実施し、その平均値を図6~8に示した。

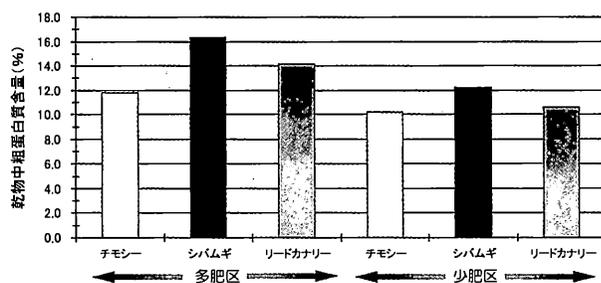


図6. 堆厩肥施用量別・草種別粗蛋白質含量の比較 (多肥区: 堆厩肥多施用草地、少肥区: 堆厩肥1/2以下施用草地)

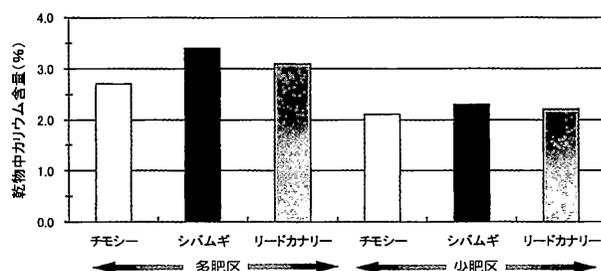


図7. 堆厩肥施用量別・草種別カリウム含量の比較 (多肥区: 堆厩肥多施用草地、少肥区: 堆厩肥1/2以下施用草地)

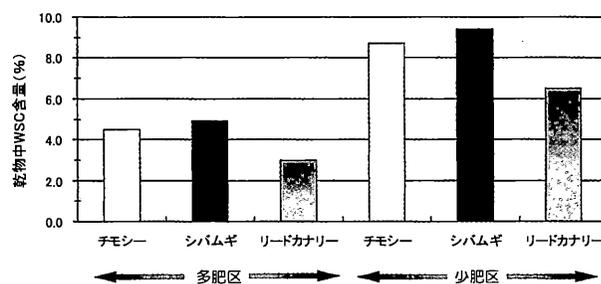


図8. 堆厩肥施用量別・草種別WSC含量の比較 (多肥区: 堆厩肥多施用草地、少肥区: 堆厩肥1/2以下施用草地)

草種間では、シバムギやリードカナリーグラスは、チモシーよりも粗蛋白質含量およびカリウム含量が高く、同じイネ科であるが草種間差が認められた。また、図8に示したように、一般的に嗜好性が劣るとされているシバムギのWSC(水溶性炭水化物)含量は、チモシーと同程度に高いことが確認された。一方、リードカナリーグラスは他の2草種よりも低い傾向が認められた。いずれの草種も堆厩肥多施用草地では粗蛋白質含量、カリウム含量が高く、少肥草地では低く、乳酸発酵に必要なWSC含量は反対に少肥草地の草種が高い結果となった。

この現地調査からは、サイレージが不良発酵している農家の草地植生はチモシーの割合が少なく、シバムギやリードカナリーグラスのような地下茎型イネ科草が優占していた。サイレージ調製技術も不良発酵の一要因ではあるが、むしろこのような圃場の植生や施肥条件の要因が大きく影響している可能性が考えられた。

3. 地下茎型イネ科草種の特徴

地下茎型イネ科草種はサイレージ発酵品質にどのような影響を与えるのかを解明するために、弊社研究農場内の圃場にチモシー、オーチャードグラス、シバムギ、リードカナリーグラス、レッドトップなどのイネ科草種を栽培し、施肥条件を変えた場合の収量、飼料成分値、発酵品質について調査を行った。以下に、サイレージの発酵品質に与える影響が大きいと考えられたシバムギの特性を主体に報告する。

シバムギの収量は、同じ施肥条件下では、チモシーと比較して乾物収量が低い傾向にあった。つまり、シバムギはチモシーと同程度の収量を確保するためには、多くの肥料を必要とするのに対し、チモシーは施肥設計次第では減肥しても高い収量を維持できる(図9)。

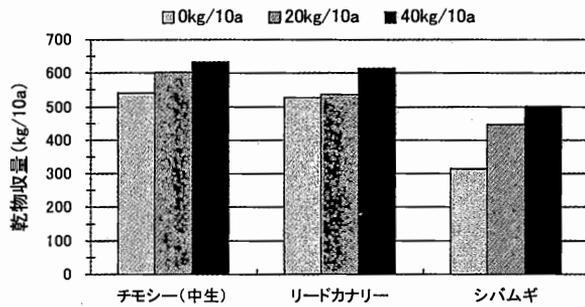


図9. 化学肥料の施肥量の違いが各草種の乾物収量に与える影響 (各区とも早春にスラリー4t/10aを施用。化学肥料はBB055を使用)

施肥量は収量だけでなく飼料成分にも影響を与える事が明らかになった。すなわち、施肥量の増加に伴い、粗蛋白質やカリウム含量が増加し、同時に乳酸緩衝能も高くなる。乳酸緩衝能とはその材料をpH4まで低下させるために必要な乳酸量の事であり、数字が高い材料は多くの乳酸が必要になる事から、pHの下がりにくい事を意味する。図10は、スラリー施用量を変えた時の乳酸緩衝能について調べたものである。どのイネ科草種もスラリー施用量の増加に伴い、乳酸緩衝能は増加している。

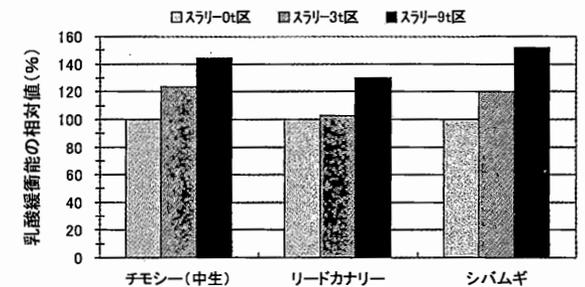


図10. スラリー施肥量が各草種の乳酸緩衝能に与える影響 (各草種スラリー0t/10a材料の乳酸緩衝能を100としたときの相対値) (スラリーの施用量は10aに対する1回の施用量(年2回施用))

更にスラリー施用量の増加はWSC(水溶性炭水化物)含量を低下させる(図11)。特に、シバムギとチモシーは施用量が多くなる程、その含量の低下割合の大きい事が認められた。WSCは乳酸菌が乳酸を作るときの餌となる成分であるから、これが低下するとサイレージの乳酸

含量が低下し、結果として発酵品質が悪くなる。また、WSC含量は生育ステージが進む程高まり、現在、奨励されている穂孕期ではあまり高くないことも示された(図12)。

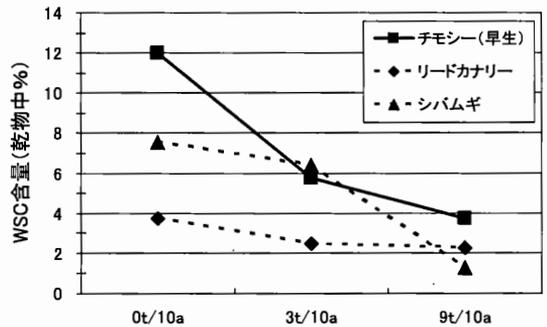


図11. スラリー施肥量が各草種のWSC含量に及ぼす影響 (スラリーの施用量は10aに対する1回の施用量(年2回施用))

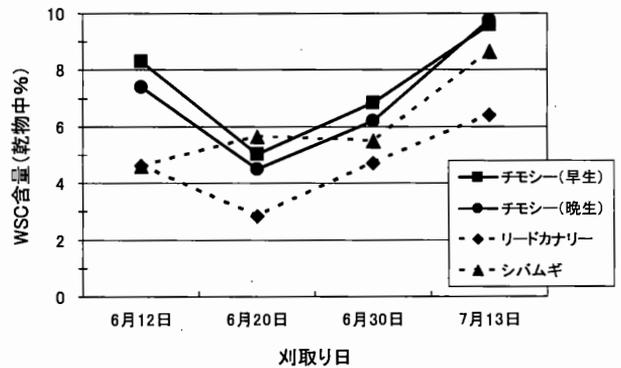


図12. 各草種のWSC含量の推移

これらをまとめると、シバムギ草地は収量を上げようとして施肥量(堆肥肥施用量)を増やすと、乳酸緩衝能が上がると共にWSC含量が低下してサイレージの発酵品質には悪影響が出る。一方、もうひとつの地下茎型イネ科草種であるリードカナリーグラスは、チモシーに比べてWSC含量が低い。さらにWSCの中でも乳酸菌が発酵に利用できる単少糖だけを見ると、チモシーに比べてリードカナリーグラスやシバムギはこれらの成分がかなり少ない事が認められた(図13)。

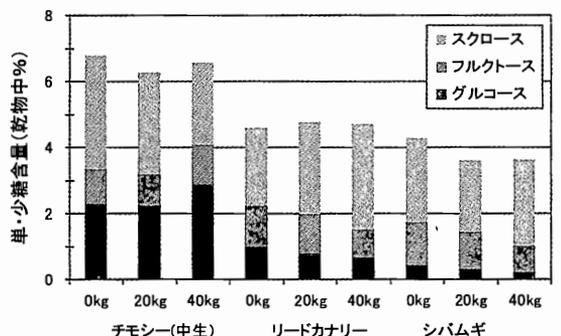


図13. 化学肥料の施用量が各草種の単・少糖含量に及ぼす影響 (各区とも早春にスラリー4t/10aを施用。化学肥料はBB055を使用)

また、リードカナリーグラスとシバムギは、同じ施肥

条件でもチモシーに比べて SIP (溶解性蛋白質) 含量が高い (図 14)。SIP はサイレージの発酵過程ですぐに分解されて VBN (揮発性塩基態窒素) になると推測されるが、不良発酵が進むことで、これらが増加するのは周知の事実である。実際、各草種の発酵初期における VBN 発生量は、チモシーに比べてリードカナリーグラスやシバムギの方が多事が分かった (図 15)。図 2 で示したように、近年のサイレージでは VBN 比が高い傾向にある。上記の結果を見ると、採草地の植生の変化がサイレージの VBN 比の増加に影響している事が示唆される。

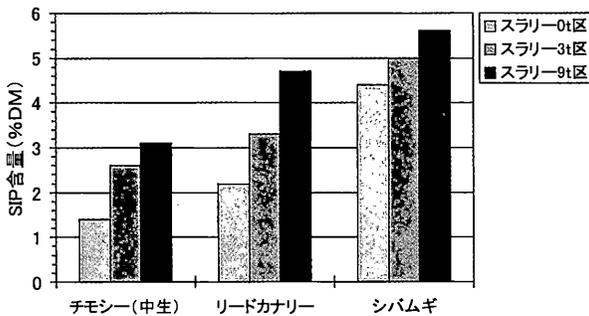


図14. スラリー施用量が各草種のSIP含量に及ぼす影響 (スラリーは10aに対する1回の施用量: 年2回施用)

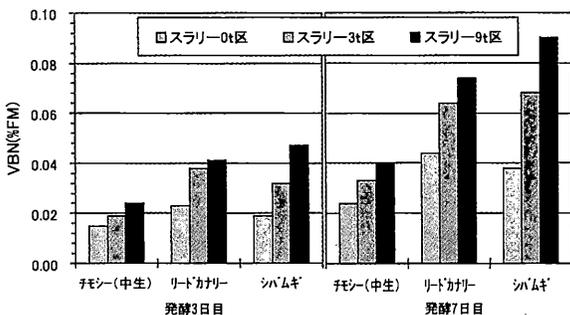


図15. スラリー施用量が各草種のサイレージVBN含量に及ぼす影響 (スラリーは10aに対する1回の施用量: 年2回施用)

次に嗜好性を調査するために、試験圃場のチモシーとシバムギを材料にドラム缶を用いてサイレージを調製した。シバムギのサイレージの成分値は、原料草と同じく粗蛋白質、灰分、カリウム含量が高く、VBN 比、酪酸含量が若干高いために発酵品質はチモシーよりも僅かに劣っていた (V スコア: チモシー88 点、シバムギ78 点)。このサイレージを実際に乳牛に給与して、嗜好性の調査を行なった結果、摂取量はチモシーサイレージがシバムギサイレージよりも有意に高い結果となった (図 16)。

また、同じ材料を用いて 24 時間のルーメン内分解性調査を実施した。24 時間後のルーメン内乾物消失率は、チモシーサイレージの方がシバムギサイレージと比較して有意に高い結果となった (図 17)。

圃場条件を同一にした中での調査においては、嗜好性、ルーメン内分解性ともにチモシーサイレージの方がシバムギサイレージに比べて有意に優れている結果となり、シバムギサイレージに比べてチモシーサイレージの方が牛への利用性は高いと判断される。

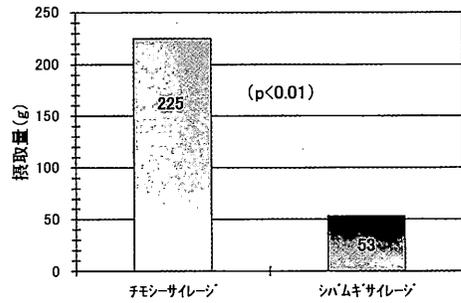


図16. 嗜好性調査 1分あたりの摂取量

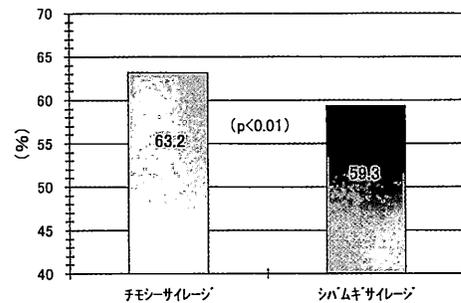


図17. 24時間後の乾物消失率

以上のように、サイレージの発酵品質と地下茎型イネ科草種であるシバムギやリードカナリーグラスは密接な関係がある。これらの地下茎型イネ科草種は糖含量、乳酸緩衝能、VBN 発生量などの面からチモシーに比べて発酵品質が悪くなりやすい特性があり、牛の嗜好性は劣り、採食量が低下する。一方、チモシーは地下茎型イネ科草種に比べて良質なサイレージになりやすく、高い収量が得られる。サイレージ調製を工夫しても発酵品質が改善されない場合には、草地の植生を確認する必要がある、地下茎型イネ科草種が優占しているときには更新が必要であると判断される。

4. サイレージ不良発酵の対策

4-1) 肥培管理面 (施肥、堆厩肥施用、刈り取り管理)

肥培管理面から良質サイレージ調製の要点を纏めた。堆厩肥と肥料は施用量を多くするとサイレージ発酵に必要なWSC含量が低下し、乳酸緩衝能が増加する。そのため、堆厩肥の施用量は春、秋各 30 t/ha 以下として、施用量に応じて化学肥料を減肥する。WSC 含量を高めるためには出穂前の早い生育ステージの時に刈取を行わず、出穂期以降に刈り取る。この事により、早刈りをするると衰退し易いチモシー割合も高めに維持する事ができる。草種面では 3 回刈りのできる条件の良い地域においては、シバムギとの競合に強いオーチャードグラス、アルファルファの利用を検討する必要がある。しかし、このような対策も限界があり、原料が悪ければ良質なサイレージは調製できない。最終的には、地下茎型イネ科草が優占した草地は、更新して良好な植生割合に改善する必要がある。そこで、完全更新は、更新時の粗飼料不足・経費面から普及しにくいいため、簡易更新について検討した。

4-2) 植生改善 (草地更新)

草地事業における草地更新時の作業工程は次の通りである。

- ① 2 番草を 30cm 以上に生育させてから、グリホサート系の除草剤を散布 (受益者である農家が自費で散布) する。
- ② 完全に枯死してから堆厩肥の施用
- ③ 耕起作業
- ④ 土壌改良資材の施用
- ⑤ 砕土・整地
- ⑥ 鎮圧作業
- ⑦ 施肥および播種
- ⑧ 鎮圧作業

このように、完全更新は確実な方法であるが、作業工程が多く、作業日数も長くなり経費も高いことが欠点である。草地事業が無くては経費と労働力の負担が大きいといった要因から、自己負担での更新は低いのが現状である。これらのことから除草剤を利用した簡易更新技術について現地にて検討する事にした。この技術は草地の簡易更新技術の体系化と普及による草地の植生改善・生産性向上を目的に、平成 14 年～16 年度の 3 年間にわたり道農政部、道立農業・畜産試験場が協力分担して実施した「草地生産技術の確立・向上対策事業」の成果を生産現場の技術者や指導的農業者の参考資料として作成された「草地の簡易更新マニュアル」を参考にした。

この方法の対象草地は 20 年以上の老朽化草地ではなく、造成後早い時期に地下茎型イネ科草が優占したルートマットの薄い草地である。老朽化草地は先に既述した完全更新が適している。作業工程は以下の通りである。

- ① 2 番草を十分に再生させてからグリホサート系の除草剤を散布する。この時にシバムギなどの地下茎型イネ科草が十分に生育していなければ、追播牧草が発芽後に、再生してきたシバムギに抑制されてしまう。
- ② 完全に枯死してからカルシウム資材、熔成リン肥を十分に施用して基肥も施肥する。
- ③ 作溝型の播種機で播種 (播種量は完全更新と同じ量) する。

この方法での注意事項は 4 つである。

- ① 播種後の鎮圧は、発芽を阻害するので行わない。
- ② 除草剤散布後、完全に枯死してから播種する。枯れ草が多いときには圃場外へ持ち出すか、細かく細断する。
- ③ 播種時にシバムギが再生していたら再度除草剤を散布する (除草剤によっては 1 回散布しか認められていないので注意が必要)。
- ④ 播種は降水量の多い時期 (北海道ではお盆過ぎ頃から 9 月上旬) が好ましい。

次に現地事例を紹介する。平成 17 年～20 年に、全道 8 箇所において実証試験を行なった。植生調査と試験例から、更新前に除草剤処理をしない事が地下茎型イネ科草を優占させる原因にもなっている事が示唆されたため、その比較も行った。図 18 は弟子屈町において実施した試験成績である。10 年以上のシバムギ優占草地を平成 17 年 6 月 21 日に 1 番草を刈り取り、シバムギの草丈が 30～40cm に生育した 7 月 29 日にグリホサート系の除草剤を散布し、完全に枯死した 8 月 18 日にチモシーを播種した。播種当年の 10 月 18 日にはチモシーが草丈 5～10cm、げげつ 1～2 本に生長した。

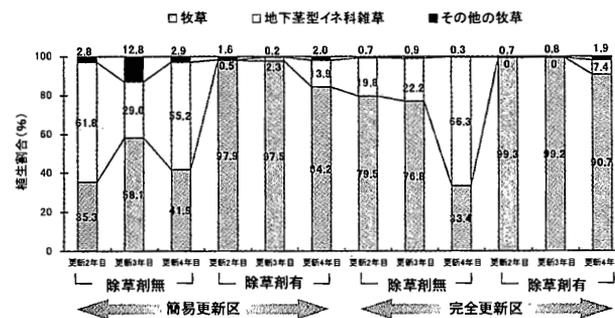


図 18. 処理区別の植生割合の推移



写真1. 除草剤無処理区 (上部) は既にシバムギが再生 (中央線から上部が除草剤無処理、下部が処理区)

写真 1 は、耕起前の除草剤の有無がシバムギの再生に影響する状況を示した。播種前の除草剤処理の影響を確認するために、完全更新区、簡易更新区に除草剤処理区を設けた。完全更新区においても除草剤無処理区は播種後 2 ヶ月後には既存のシバムギが、写真のようにすじ状に再生し、利用 3 年目 (平成 20 年) にはシバムギが 60% 以上となった。一方、除草剤処理区は簡易更新区においても 14% 程度にしか増加しなかった。このように草地を更新する時には除草剤を利用する事が必須条件であり、除草剤を利用すると簡易更新でもチモシー優占草地への転換が可能である事が実証できた。また、別の試験からはアルファルファ、オーチャードグラスはシバムギ優占草地において共存する可能性が示唆され、今後の試験課題となった。

5. おわりに

粗飼料の自給率向上のためには高カロリーのトウモロコシの作付けの促進、低コスト生産である放牧の推進が行なわれているが、いずれの酪農家も共通しているのがグラスサイレージである。グラスサイレージの調製技術は改善され、乳酸発酵促進のための添加剤も改良されているが、その原料である草について注目した研究は少ない。誰もか優良な牧草しかないと考えていた草地が、実は地下茎型のイネ科草に優占されているのである。最も基本となる草地が、このような状況では粗飼料の自給率は向上できず、穀物、アルファルファ乾草を輸入し続け、海外に依存した酪農は続くこととなるであろう。

今後、再び穀物相場が高騰し、人間の食料と牛の飼料が競合する時が訪れても、脱落する酪農家を少なくするためには、良質なサイレージを基本にした飼養管理を定着させなければならない。

謝 辞

本賞にご推薦いただきました北海道立中央農業試験場 竹田芳彦場長、北海道立畜産試験場 山川政明部長、網走農業改良普及センター清里支所 三浦康雄支所長に厚くお礼申し上げます。また、今回の研究を行なうに当たり、御協力を頂きました生産者の方々、並びに北海道内の各試験場、普及機関、農協の担当者の方々に大変お世話になりました事、ここに謝辞を述べたい。最後に、この研究に携わった多くの弊社職員に感謝する。

引用文献

- 谷津英樹・北村亨・壹岐修一・龍前直紀・高山光男：サイレージ不良発酵農家の問題と対策 第8報 施肥量の違いがイネ科各草種の収量及び飼料成分に与える影響。日本草地学会誌 第55巻 別号, 60 (2009)
- 北村亨・谷津英樹・壹岐修一・龍前直紀・高山光男：サイレージ不良発酵農家の問題と対策 第6報 スパル施肥及び刈り取り時期が各草種の緩衝能、糖含量に与える影響。日本草地学会誌 第54巻 別号, 198~199 (2008)
- 谷津英樹・篠田英史・壹岐修一・北村亨・龍前直紀・三輪哲哉・高山光男：サイレージ不良発酵農家の問題と対策 第3報 スパルの施用量が各草種に与える影響。日本草地学会誌 第53巻 別号, 138~139 (2007)
- 北村亨・谷津英樹・篠田英史・壹岐修一・龍前直紀・三輪哲哉・高山光男：サイレージ不良発酵農家の問題と対策~第2報 草種別による特性比較。日本草地学会誌 第53巻 別号, 136~137 (2007)
- 北村亨・谷津英樹・壹岐修一・龍前直紀・高山光男：サイレージ不良発酵農家の問題と対策 第7報 スパル施肥及び刈り取り時期が各草種のサイレージ発酵品質に与える影響。日本草地学会誌 第54巻 別号, 200~201 (2008)
- 壹岐修一・谷津英樹・篠田英史・北村亨・龍前直紀・三輪哲哉・高山光男：サイレージ不良発酵農家の問題と対策 第4

報 スパルとサイレージの嗜好性及び乾物消失率の比較。日本草地学会誌 第53巻 別号, 354~355 (2007)

龍前直紀・谷津英樹・篠田英史・壹岐修一・北村亨・三輪哲哉・高山光男：サイレージ不良発酵農家の問題と対策 第5報 簡易更新による対策事例の紹介。日本草地学会誌。第53巻 別号, 242~243 (2007)

「簡易更新マニュアル」ダウンロードのページ

<http://www.agri.pref.hokkaido.jp/konsen/labo/sakumotsu/kankoumanudl.htm>

1988年、地下茎型イネ科優占草地の更新方法、道立畜産試験場

入山義久・高山光男・橋爪健・村岡哲郎：在来野草等を導入したサイレージ草地およびイネ科牧草法面における植生の遷移。日本緑化工学会誌 第33巻 第1号, 203~206 (2007)

入山義久・高山光男・橋爪健・村岡哲郎：在来野草等を導入したサイレージ草地およびイネ科牧草法面における植生の遷移(その2)。日本緑化工学会誌 第34巻 第1号, 219~222 (2008)