

研究ノート

北海道における牧草サイレージ品質と粗蛋白質の過小評価の現状

篠田 英史¹⁾・三浦 俊治¹⁾・北村 亨²⁾・古川 修¹⁾¹⁾ 雪印種苗株式会社 研究開発本部 分析グループ 長沼町 069-1464²⁾ 雪印種苗株式会社 研究開発本部 微生物研究グループ 江別市 069-0832

The inclusive survey on fermentation quality of grass silages in Hokkaido, which reveals underestimation of crude protein.

Hideshi SHINODA¹⁾・Toshiharu MIURA¹⁾・Toru KITAMURA²⁾・Shu KOGAWA¹⁾

キーワード：牧草サイレージ、発酵品質、風乾処理、揮発性塩基態窒素、粗蛋白質

key words : Grass silage, Fermentation quality, Air-drying, VBN, Crude protein

要約

緒言

近年、北海道ではサイレージ調製時の踏圧不足、家畜糞尿等の過剰施肥、植生の悪化等を背景に牧草サイレージの品質が悪化傾向にある。2002～2007年に調製されたイネ科主体1番草牧草サイレージ3693点について調査したところ、揮発性塩基態窒素(VBN)が高い不良発酵サイレージの割合が増加していることが分かった。

高VBNサイレージでは、VBN蛋白換算量が溶解性蛋白質(CPs)より高くなる、蛋白質の分画上明らかに矛盾するケースも見られ、このようなサイレージでは粗飼料分析における60℃、16～18時間の通風乾燥(風乾処理)などによるCPs分画の揮散程度が大きく、粗蛋白質(CP)の過小評価程度が無視できないほど大きくなっていると考えられた。

風乾処理、凍結乾燥処理によるCP過小評価程度の確認を行った結果、それぞれの乾燥方法でもCPを過小評価するケースが見受けられた。風乾処理、凍結乾燥処理での過小評価程度は、それぞれVBNとアンモニア態窒素で説明できた。このことから、風乾処理により過小評価されたCPはVBN蛋白質換算量で補正でき、CP分析精度が向上すると考えられ、特にVBNが高い不良発酵サイレージでは有効と考えられた。

牧草サイレージは乳牛の飼養管理において給与飼料の中心となり、そのサイレージ品質は乳牛の飼料摂取量だけでなく、生産性や疾病、繁殖にも大きな影響を及ぼす。近年、北海道ではサイレージ調製時の踏圧不足、家畜糞尿等の過剰施肥、植生の悪化等を背景に牧草サイレージの栄養成分だけでなく発酵品質の悪化が問題となってきた。

その牧草サイレージは発酵に伴い乳酸、酢酸、酪酸等の揮発性脂肪酸(VFA)や揮発性塩基態窒素(VBN)などの揮発性成分を生成するが、牧草サイレージの栄養成分分析では、加熱による通風乾燥により処理した(風乾処理)粉砕物が用いられるのが通例である。内田(1978;1986A;1986B;1987;1993)、内田と林(1985)および内田ら(1988)は風乾処理により水分以外に前記した揮発性成分が揮散し、飼料成分分析に影響を及ぼす可能性を指摘している。永西と寺田(2002)も風乾処理と凍結乾燥処理が粗蛋白質(CP)に及ぼす影響についてイタリアンライグラスサイレージを用いて検討しており、風乾処理物に比べ凍結乾燥物のCP、溶解性蛋白質(CPs)、分解性蛋白質(CPd)が高くなることを報告している。すなわち風乾処理によりこれら項目を過小評価することを示しており、それらの違いはVBN含量が関係しており、風乾処理によりかなりのVBNが揮散する事を指摘している。

しかし、近年のサイレージ品質を広範囲かつ経年的に調査した報告は見当たらない。また、風乾処理によ

るVBN揮散によるCP等の過小評価については永西と寺田（2002）も報告しているが、イタリアンライグラスの同一原料草で行われた結果である。チモシーを主体とする北海道内の牧草サイレージとは異なること、生産現場で給与される牧草サイレージには主体となるチモシーの他に複数草種が含まれることを考慮すると、CP等の過小評価の現状を把握するには、生産現場の牧草サイレージを調査する必要がある。そこで本報では、全道的かつ複数年に渡り生産現場より収集したサイレージ試料について、発酵品質、CPの過小評価程度とその要因について調査した結果を報告する。

材料および方法

1. 供試試料

供試試料は、2002～2007年にかけて北海道で調製されたチモシーを主体とする1番草サイレージについて調査した。供試試料は道央、道南、道北、道東の各地区より778点、99点、675点、2141点、合計3693点を収集した。

2. 調査項目と分析方法

収集した牧草サイレージ3693点について水分、CP、CPs、pH、VFA、VBNについて調査を行った。

水分はサイレージ試料を60℃、16～18時間通風乾燥したものを風乾処理物（ADM）とし、その水分含量とADMの1mm以下粉碎物を135℃、2時間乾燥して得られる水分含量より算出した。CPおよびCPsについては近赤外分析を用いた。試料はADM・1mm以下粉碎物を用い、結果推定には道立畜産試験場作成検量線（出口1998;1999）を用いた。pH、VFA、VBNについては、サイレージ原物試料50gを200mlに水で定容後、5℃、16時間抽出した液を作成し供試した。VFAは酢酸、プロピオン酸、酪酸、バレリアン酸、カプロン酸、乳酸をガスクロマトグラフィー法により、VBNについては水蒸気蒸留法にて測定した（自給飼料品質評価研究会2001）。

また、3693点の内、2006～2007年に収集した46点を用い、原物（FM）および風乾処理物（ADM）のCP、その内23点については凍結乾燥物（FDM）のCP、サイレージ抽出液中のアンモニア態窒素も測定した。その結果より算出されたサイレージ原物中のCP含量を比較し、乾燥方法がCPに及ぼす影響について確認を行った。CP測定はケルダール法にて行い、FMは5mm以下細切物を、ADMとFDMについては各処理後の1mm以下粉碎物を用いた。FDMは-50℃から30℃まで24時間かけて上昇させ、その後2日間乾燥処理を行った。アンモニア態窒素はインドフェノール法にて測定を行った（植物栄養実験法編集委員会1990）。

結果および考察

牧草サイレージpHの分布割合を各年毎に図1に示した。McDonald and Whittenbury（1973）が良質サイレージの指標としているpH4.2以下の割合が2002、2003年では約70%程度占めていたが、その割合は低下傾向にあり2006、2007年では50%を下回る結果となり、道内牧草サイレージ品質が悪化傾向にあることが分かった。

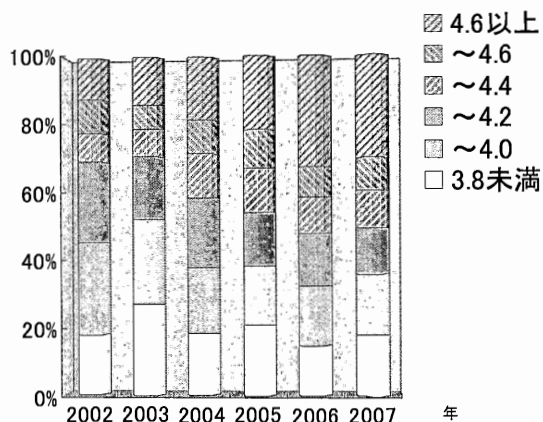


図1. 道内牧草サイレージのpH分布割合

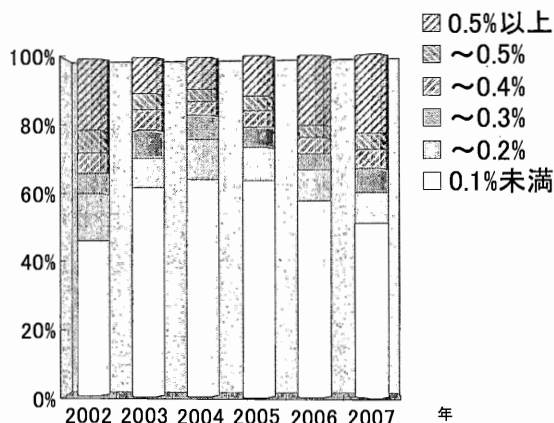


図2. 道内牧草サイレージの酪酸%分布割合

サイレージ不良発酵の一つの要因として、酪酸発酵がある。酪酸の分布割合を図2に示した。McDonald and Whittenbury（1973）が良質サイレージの指標としている酪酸が0.1%以下のサイレージの割合は2002年で50%以下であり、2003～2005年は60%以上と増加したが、2006、2007年は60%を下回った。酪酸含量とpHの経年変化とは連動していなかった。また、サイレージ水分含量を図3に示したが、大きな変動は見られずpHの経年変化とは連動していなかった。

もう一方でサイレージ不良発酵の一つの要因として、蛋白質の変敗によるVBNの増加がある。全窒素中のVBN割合（VBN/T-N%）の分布割合を図4に示した。McDonald and Whittenbury（1973）が良質サイレージの基準としている15.0以下の割合は、2002、2003年は75%

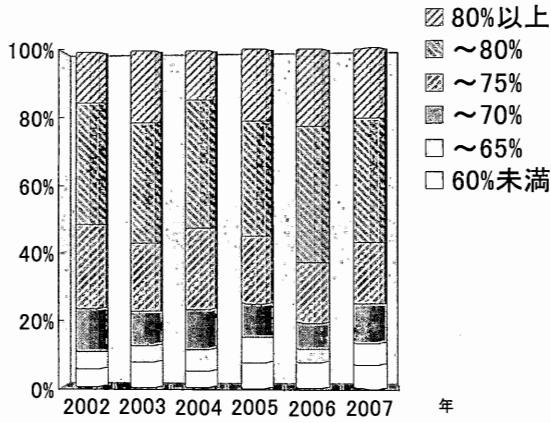


図3. 道内牧草サイレージの水百分分布割合

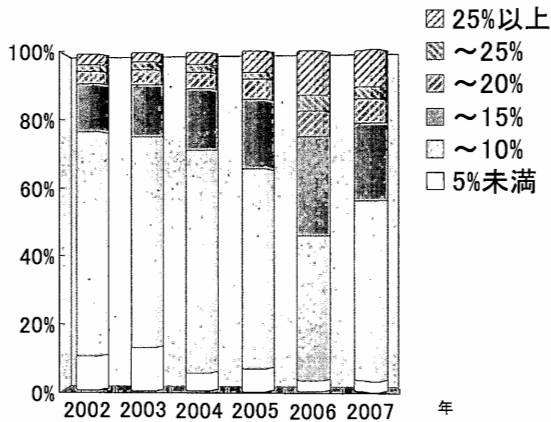


図4. 道内牧草サイレージのVBN/T-N%分布割合

以上を占めていたが、その後は低下傾向にあり、2006年には45.7%まで低下した。サイレージpHとVBN/T-N%の経年変化がおおよそ連動しており、サイレージ品質悪化の背景には高VBNサイレージの増加があると考えられた。

牧草サイレージ3693点のCPsとVBNの関係についてCPsからVBN蛋白換算量（VBN量を6.25倍）を差引いた結果とVBN/T-N%で図5に示した。CPsからVBN蛋白換算量を差引いた結果が負となるケース（▲のプ

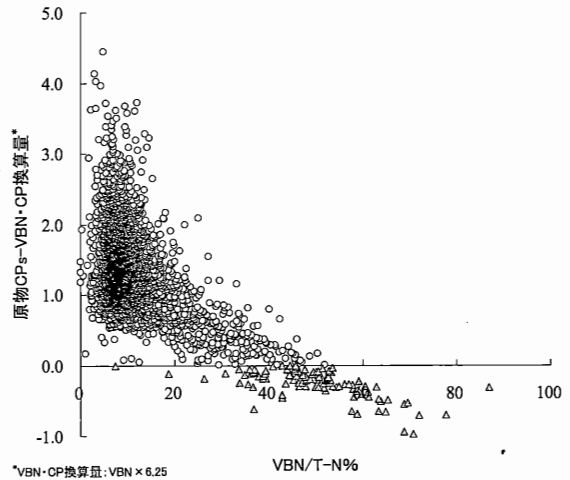


図5. 道内牧草サイレージにおけるVBNと溶解性蛋白質の現状

ロット)が110件見られ、VBN/T-N%が高いほど多く見られた。通常VBNはCPsに含まれるため、明らかに矛盾する内容となる。

これまでに風乾処理過程でサイレージVBNの大半が揮散することを永西と寺田(2002)も報告しており、この結果と併せて考えると高VBNサイレージではCPs部分の揮散程度が大きく、CPsのみならずCPの過小評価が無視できない程大きいと考えられた。

そこで乾燥法の違いによるCPの過小評価の程度について下記の4つの比較を行った(図6)。

比較1

FMとADMの原物中CP%を比較した。これにより風乾処理による過小評価について確認を行った。

比較2

比較1のADM原物中CP%にVBN蛋白換算量を加えて比較した。これにより過小評価がVBNで説明できるか確認を行った。

比較3

FMとFDMの原物中CP%を比較した。これにより加

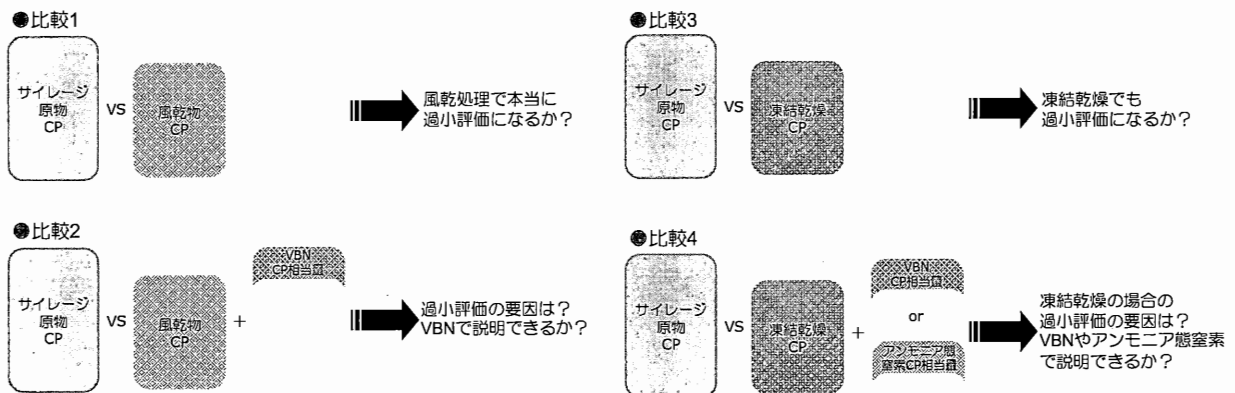


図6. 各比較の概要

熱による揮発成分の損失影響が少ない凍結乾燥処理による過小評価について確認を行った。

比較4

比較3のFDM原物中CP%にアンモニア態窒素蛋白質換算量を加えて比較した。これにより過小評価がVBNもしくはアンモニア態窒素で説明できるか確認を行った。

比較1の結果を図7に示した。FM原物中CP%に対してADM原物中CP%が過小評価（5%以上の過小傾向）となるものが22点見られ、最も大きいもので39%程度の過小評価が見られた。これにより、風乾処理を行うことで一部窒素が揮散していることが確認できた。

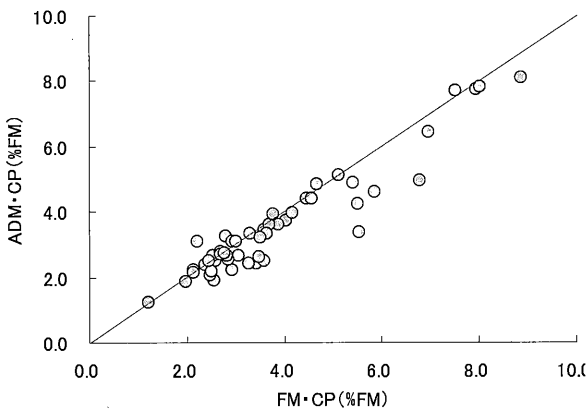
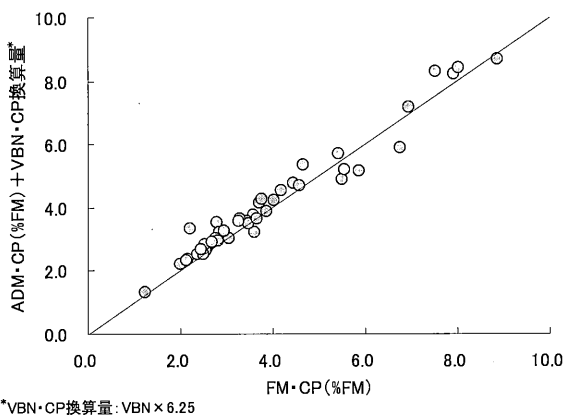


図7. サイレージ原物中CPと風乾物中CPの関係

比較2の結果を図8に示した。ADM原物中CP%にVBNの蛋白質換算量を加えた結果とFM原物中CP%を比較すると、その結果はよく合致した。これにより風乾処理による窒素の揮散はVBNで説明できると考えられた。



*VBN-CP換算量: VBN × 6.25

図8. サイレージ原物中CPとVBN・CP換算量を考慮した風乾物中CPの関係

比較3の結果を図9に示した。FDM原物中CP%においても23点の内11点で5%以上の過小評価が見られ、最大で24%程度の過小評価が見られた。しかし、ADM原物中CP%に比べ過小評価の程度は小さかつ

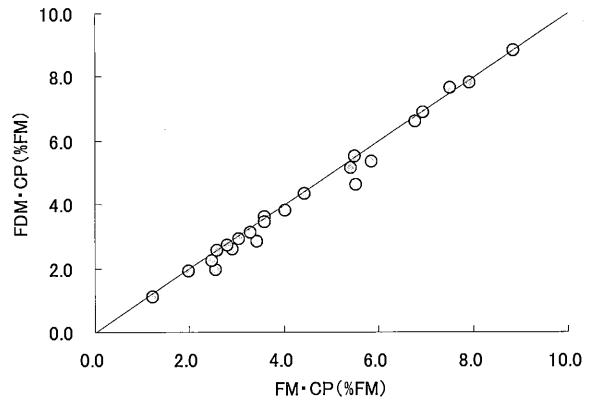
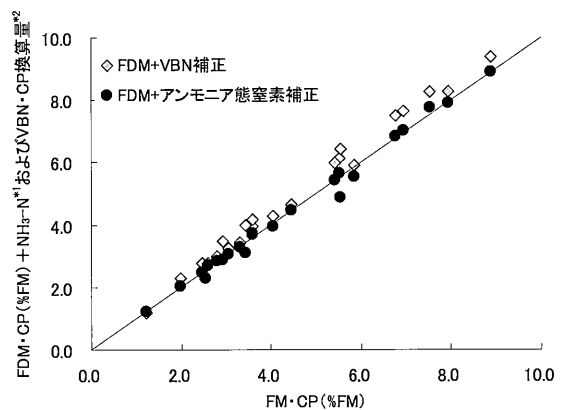


図9. サイレージ原物中CPと凍結乾燥物中CPの関係
凍結乾燥処理によるCP過小評価

た。これにより、加熱による揮散影響が少ない凍結乾燥処理でも一部窒素が揮散し、CPを過小評価することが確認された。

比較4の結果を図10に示した。FDM原物中CP%にVBNの蛋白質換算量を加えた結果は、FM原物中CP%に比べて過大評価する傾向にあったが、FDM原物中CP%にアンモニア態窒素の蛋白質換算量（アンモニア態窒素量を6.25倍）を加えた結果はFM原物中CP%とよく合致した。



*NH₃-N: アンモニア態窒素

**VBN-CP換算量: NH₃-NおよびVBN × 6.25

図10. サイレージ原物中CPとVBNおよびアンモニア態窒素・CP換算量を考慮した凍結乾燥物中CPの関係

これにより凍結乾燥処理による窒素の揮散はアンモニア態窒素で説明できると考えられた。

以上の結果から、近年の北海道内牧草サイレージ品質の傾向は悪化傾向にあり、高VBNサイレージの増加が考えられた。その要因として、サイレージ調製時の踏圧不足、家畜糞尿等の過剰施肥、植生の悪化等が考えられるが、個々のサイレージで要因は様々であり複合的な場合も少なくないと考えられる。また、調査期間中の水分70%以上となる高水分サイレージの割合増加は見られず、直接的な要因とは考えにくいものの、

調査試料の7割以上が高水分サイレージであったことは、潜在的に品質悪化を招き易い状況があると考えられた。

また、このような高VBNサイレージでは、粗飼料分析における風乾処理により、VBN由来の窒素が揮散してCPが過小評価されてしまうことが確認できた。そのため、風乾処理により過小評価されたCPはVBN蛋白質換算量で補正することでCP分析精度が向上すると考えられ、特にVBNが高い不良発酵サイレージでは有効である。

このことから、VBN測定の重要性が高くなると考えられる。しかし、VBN測定には水蒸気蒸留法、微量拡散法（自給飼料品質評価研究会2001）があるが、共に設備や時間を必要とするため、非常に多くの試料を行うには難しい。今後、簡易で迅速なVBN測定方法の開発が必要と考える。

謝 辞

本報をまとめるにあたり、貴重な御助言をいただきました北海道立根釧農業試験場出口健三郎氏に御礼申し上げます。

参考文献

- 出口健三郎（1998）近赤外分析におけるPLS法を用いた牧草サイレージ中成分含量の推定. 日草誌 44 (別) 290-291
- 出口健三郎（1999）NIRにおけるPLS法を用いた粗飼料中成分含量の推定. 平成11年度自給飼料品質評価研究会資料 70-79
- 永西 修、寺田文典（2002）乾燥法の違いが牧草サイレージのタンパク分画に及ぼす影響. 日草誌

48(3) 258-260

- 自給飼料品質評価研究会編（2001）改訂粗飼料の品質評価ガイドブック. 36-42 日本草地畜産種子協会 東京
- McDonald, P. and R. Whittenbury.(1973) The ensilage process. In G. W. Butler and R. W. Bailey (Ed.) Chemistry and Biochemistry of Herbage, Vol. 3 33-60. Academic Press, London and New York.
- 植物栄養実験法編集委員会編（1990）植物栄養実験法. 152-159 博友社 東京
- 内田仙二（1978）岡山大学農学報 52, 43-47
- 内田仙二・林 弘明（1985）サイレージの乾物含量並びに飼料価値の評価に関する研究Ⅰ. 加熱乾燥による揮発成分の揮発と乾物の損失. 日草誌 31(2) 248-256
- 内田仙二（1986A）サイレージの乾物含量並びに飼料価値の評価に関する研究Ⅱ. トルエン蒸留による揮発性成分の留出と乾物定量誤差. 日草誌 32(1) 51-58
- 内田仙二（1986B）サイレージの乾物含量並びに飼料価値の評価に関する研究Ⅲ. 栄養価を適正に査定するための試料乾燥法. 日草誌 32(1) 59-65
- 内田仙二（1987）サイレージの乾物含量並びに飼料価値の評価に関する研究Ⅳ. 乾物消化率及び栄養価の測定値に対する乾物定量法の影響. 日草誌 33(1) 38-43
- 内田仙二・伊瀬知栄一・堀米隆男（1988）サイレージの乾物含量並びに飼料価値の評価に関する研究Ⅴ. 埋蔵中の養分損失の測定値に対する試料乾燥法の影響. 日草誌 34(3) 186-192
- 内田仙二（1993）サイレージの乾物含量並びに飼料価値の評価に関する研究Ⅵ. 水分定量のためのトルエン蒸留法、凍結乾燥法及びガスクロマトグラフィーの評価と応用. 日草誌 39(2) 155-161

