

北海道の飼料分析サービスにおける直近の取り組みーとうもろこしサイレージのデンプン消化率の項目追加と繊維消化率検量線の乾草への適用拡大ー

1. はじめに

自給飼料の成分は、生産年次や草種・品種、調製方法などで大きく変動します。そのため、飼料設計や給与診断にあたって、成分値の把握（飼料分析）は不可欠といえます。

北海道内で飼料分析サービスを実施している10の分析機関で組織しているフォレージテストミーティング（FTM）では、参画機関のどこに粗飼料分析を依頼しても同様の値が提供できるように、近赤外分光分析用検量線（光の反射特性から成分値を推定する計算式。以下、検量線とする）の統一共用や分析精度の向上、分析項目の拡大に取り組んでいます。FTMでのこれまでの取り組みについては本誌第65巻2号¹⁾（出口、2017）や第67巻2号²⁾（田中、2019）で詳しく紹介されています。今回は、FTMの直近での取り組みにおいて、分析項目に新たに追加された、とうもろこしサイレージのデンプン消化率と乾草および低水分牧草サイレージの繊維消化率について紹介いたします。

2. とうもろこしサイレージのデンプン消化率の項目追加

とうもろこしサイレージ（CS）のデンプンは乳牛にとって重要なエネルギー源となる成分ですが、その消化率は品種、収穫時期、収穫調製時の破碎処理の有無³⁾（畜産試験場、2006）やサイレージの貯蔵期間⁴⁾（Ferrarettoら、2014）によって変化することが知られています。国内で普及が進んでいるCNCPS ver 6.5.5（Cornell Net Carbohydrate and Protein System、コーネル大学）に準拠した飼料設計プログラムには、飼養研究の発展に伴い、CSのデンプンの消化速度が組み込まれており、その算出にはルーメン液で7時間培養後のデンプン消化率が必須な入力項目の一つとなっています。今回、

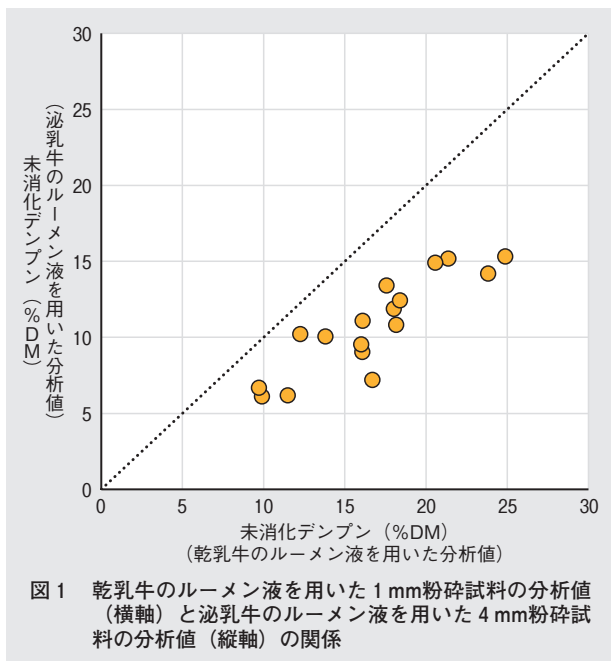
FTMでは、デンプンの消化性の指標であるデンプン消化率を近赤外分析で評価する検量線を開発しました。

（1）デンプン消化率の分析方法

デンプンの消化性は、牛のルーメン液を用いた消化試験（in vitro消化試験、写真1）によって、培養後の残渣物中のデンプンを分析することで評価します。in vitro法による消化試験はその実験条件や環境によって分析値が異なることが知られています。検量線の作成に当たっては、分析値の確からしさを確認するために、地方独立行政法人北海道立総合研究機構（道総研）畜産試験場（北海道上川郡新得町）で飼養するホルスタイン種乾乳牛のルーメン液と、ホクレン訓子府実証農場（北海道常呂郡訓子府町）で飼養するホルスタイン種泌乳牛のルーメン液を用いて分析値を比較しました。その結果、中性デタージェント繊維（NDF）消化率では両者の値が概ね一致した⁵⁾（中川ら、2019）のに対し、デンプンでは泌乳牛の方が、未消化デンプン含量が低く（消化が良く）なる傾向が見られました（図1）。この結果を受けて、今回開発した検量線は泌乳牛で



写真1 in vitro消化試験の培養中の様子



の結果に合わせるように作成しました。

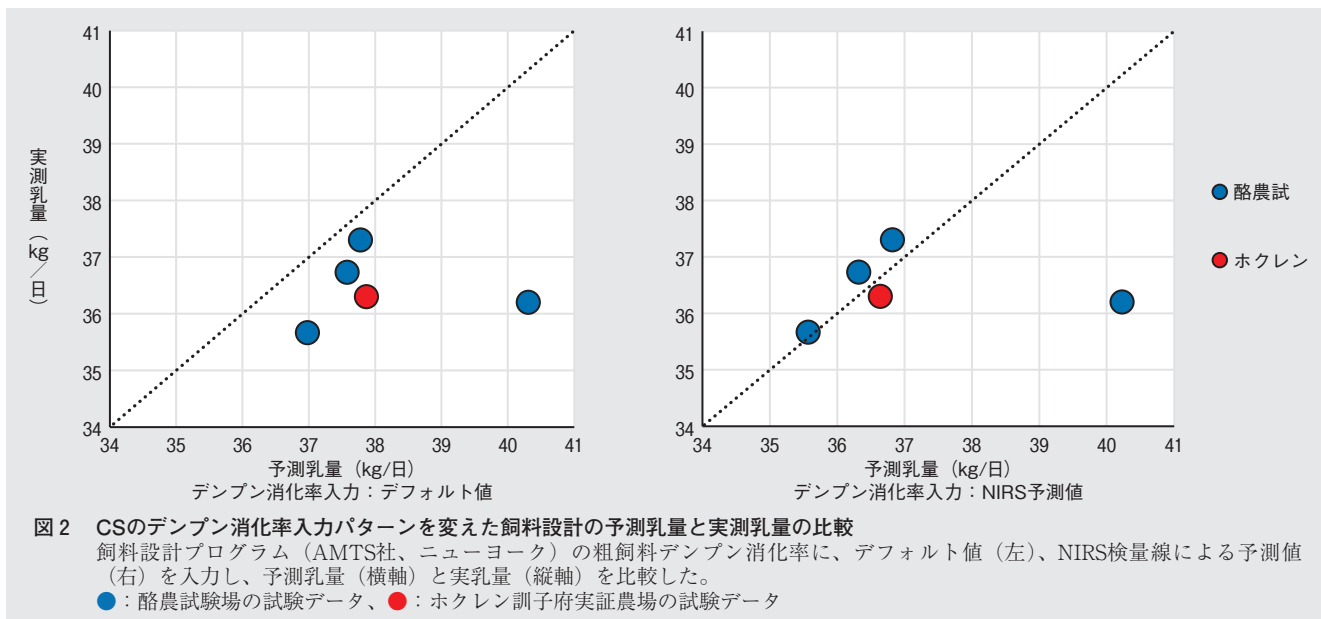
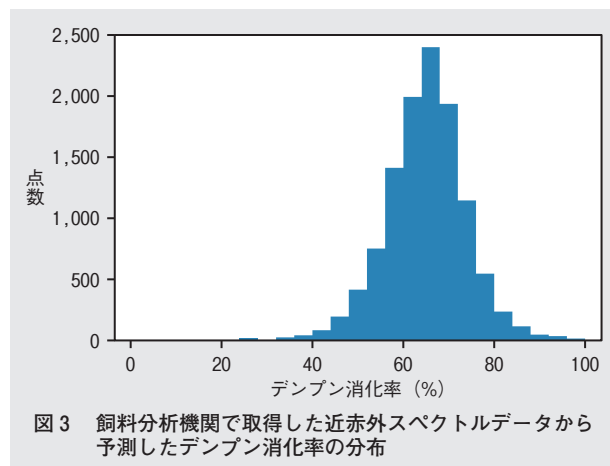
(2) 分析値の実用性

個別農家やTMRセンターへ提供された飼料分析値は、飼料設計プログラムの入力値として飼料設計に用いられます。そこで、道総研酪農試験場（酪農試、北海道標津郡中標津町）とホクレン訓子府実証農場において、今回作成した検量線で得られた推定値を使う場合と使わない場合とを比較してみました。デンプン消化率が未入力（使わない）の場合には乳量を過大に評価していましたが（図2左図）、今回作成した検量線で予測したデンプン消化率を入力した場合には、概ね実乳量に近い予測乳量となり

ました（図2右図）。予測乳量が大きく外れる1点は、給与TMR中のCS割合が最も低い処理群でした。予測が大きく外れた原因の詳細は不明ですが、予測値の誤差はデンプン消化率の入力によって変化する範囲を大きく超えたものであり、CS以外の要因による影響が大きかったものと推察されました。

(3) 北海道で生産されたCSのデンプン消化率

2017～2021年に道内で生産され、FTM参画機関で近赤外分析を行ったCS 11,307点のスペクトルデータから予測したデンプン消化率の分布を図3に示しました。平均は65.0%（標準偏差：8.44）であり、概ね50～80%の値になります。先述のとおり、CSのデンプン消化率はサイレージの貯蔵期間によっても変化するため、開封後すぐに飼料分析を実施するだけでなく、経時的なモニタリングも重要になってきます。



（４）分析値の提供

CSのデンプン消化率の分析値の提供は2023年から開始されました。CSの飼料分析を依頼した際は是非一度ご確認いただければと思います。

3. 繊維消化率検量線の乾草への適用拡大

FTMでは以前より、繊維総量を表す分析項目としてNDFを提供していました。これに加え、2020年からは牧草サイレージやとうもろこしサイレージについて、NDFの消化性を表すNDF消化率という分析項目が追加され、運用が開始されました。新しく運用が開始されたNDF消化率については第69巻2号⁶⁾（田中、2021）で詳しく紹介されています。その後、FTMではこの検量線を乾草・低水分牧草サイレージにも適用できないか検討してきましたが、分析精度については運用までもう一歩でした。そこで、乾草・低水分牧草サイレージのNDF消化率についてデータの積み増しを行い、精度の高い専用の検量線を開発しました。これにより、2022年からは乾草や低水分牧草サイレージについてもNDF消化率を提供できるようになりました。

4. 現在FTMで取り組んでいる課題

飼料設計プログラムの発展は日進月歩であり、より精度の高い予測結果を得るために必要な分析値の入力項目数は増えているのが現状です。

例えば、繊維消化速度をより正確に捉えるために必要であると考えられるin vitro培養12時間後の繊維消化率が必要とされています。また、非繊維性炭水化物（NFC）の中身にも着目し、糖含量なども入力項目としてプログラムに組み込まれています。

FTMでは現在、牧草サイレージ、とうもろこしサイレージおよび乾草におけるin vitro培養12時間後の繊維消化率を予測する検量線の開発に取り組んでいます。また、これまでは牧草サイレージの原料草や青刈り牧草でのみ分析値を提供していた糖含量など必要性が高いと考えられる項目から順次サービスを提供できるよう準備を進めています。

5. 分析値を利用する際の留意点

飼料分析機関に持ち込まれたサンプルは乾燥・粉碎して分析を実施するため、持ち込まれる前の状態（切断長や破碎処理程度など）を反映していないのが実情です。加えて、サンプルの来歴、サンプリングの時期および方法が不明であることも少なくありません。飼料設計の基本として、分析値は最初の意

志決定を助けるものではありませんが、飼料を給与して牛の反応を確認し、その反応が思っていたものと異なる場合は適宜補正をしながら利用していくことが重要です。

6. おわりに

近赤外分光法によるCSのデンプン消化率の予測は、10年ほど前からFTMで検量線作成のご要望をいただいていた課題で、サービスの提供開始まで大変お待たせをしてしまいました。今回紹介させていただいた成果はFTMからの研究費援助、試料収集のご協力等、多大なご支援を受けてなんとか得ることが出来たものです。FTMと道総研ではこれからも自給飼料の効果的、効率的利用に向けて、飼料分析がますます便利に、かつ皆様のお役に立てるものとなるよう努力していきたいと思っています。

最後に、FTMの各分析機関は、ユーザーの求める情報をスピーディーかつ正確に提供できるよう努力しています。拙文ですが、皆様のご理解の一助になりましたら幸いです。

7. 引用資料

- 1) 出口健三郎（2017）フォレージテストにおける精度向上の取り組みについて. 牧草と園芸65（2）：19-22.
- 2) 田中常喜（2019）北海道におけるフォレージテストの現状と今後の展望. 牧草と園芸67（2）：16-19.
- 3) 畜産試験場（2006）飼料用とうもろこしの破碎処理効果と簡易耕栽培. 平成17年度北海道普及推進事項.
- 4) Ferraretto, L. F., K. Taysom, D. M. Taysom, R. D. Shaver and P. C. Hoffman（2014）Relationships between dry matter content, ensiling, ammonia nitrogen, and ruminal in vitro starch digestibility in high-moisture corn samples. J. Dairy Sci. 97: 3221-3227.
- 5) 中川宥樹, 田中常喜, 藤澤優子, 渡邊龍之介, 出口健三郎, 篠原禎忠（2019）飼養環境の異なるフィステル装着牛のルーメン液による粗飼料のin vitro NDF消化率の比較. 日本畜産学会第125回大会.
- 6) 田中常喜（2021）北海道の飼料分析サービスにおける直近の取り組み—繊維消化率の項目追加—. 牧草と園芸69（2）：1-4.