

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—

1. はじめに

フォレンジテストとは、品質や成分が変動する自給飼料の飼料成分を主に測定するサービスで、分析値は飼料設計や給与診断などに利用されています。北海道では、農協系の機関や飼料メーカーなどの11機関がこのサービスを実施しており、粗飼料を中心に年間で3万点以上の飼料が分析されています。

このうちの10機関で組織するフォレンジテストミーティング (FTM) では、1997年の団体設立時から分析精度の向上と分析項目の拡大に取り組んできました。これまでの取り組みについては、第65巻第2号 (出口、2017) に詳しく紹介されています。今回は、FTMでの直近の取り組みにおいて、分析項目に新たに追加された牧草サイレージおよびトウモロコシサイレージの繊維消化率 (NDF消化率) について紹介いたします。

2. 繊維消化率 (NDF消化率) の項目追加

繊維は牛へのエネルギー供給源であるとともに、ルーメンに物理的刺激を与え、反芻を誘起して唾液の分泌を促し、微生物による飼料消化を補助する役割を担うなど、乳牛にとって一定量欠かせない成分です。飼料中の繊維不足はルーメン内pHの低下を招き、微生物による繊維分解を阻害し、結果としてルーメンアシドーシスや第四胃変位、蹄葉炎などの疾病の原因となり、乳脂率の低下など乳生産へも多大な悪影響を及ぼします。一方、繊維が多すぎる場合には、ルーメン内の物理的充満により採食が制限されてしまいます。FTMでは、繊維総量を表す分析項目として、中性デタージェント繊維 (NDF) を提供していました。今回、新たに繊維の消化性を表す項目として、NDF消化率を追加しました。

(1) 分析値の見方

NDFの消化性は、家畜のルーメン液を用いた試験 (in vitro消化試験、写真1) によって、培養後



写真1 in vitro消化試験の培養中の様子

の残渣物のNDFを分析することで評価します。この残渣物中のNDFを未消化NDF (uNDF) といい、培養時間を添え字として表記するのが一般的です (例えば、uNDF_{30h})。そして、複数の培養試験の分析結果から、NDF分解曲線を描くことで、潜在的に消化可能なNDF (pdNDF) とその消化速度 (kd)、消化できないNDF (iNDF) が計算できます (図1)。分析レポート (図2) には、培養30、120、240時間後のNDF消化率が表記されます。この数値は、 $100 \times (NDF - uNDF) \div NDF$ で計算し、

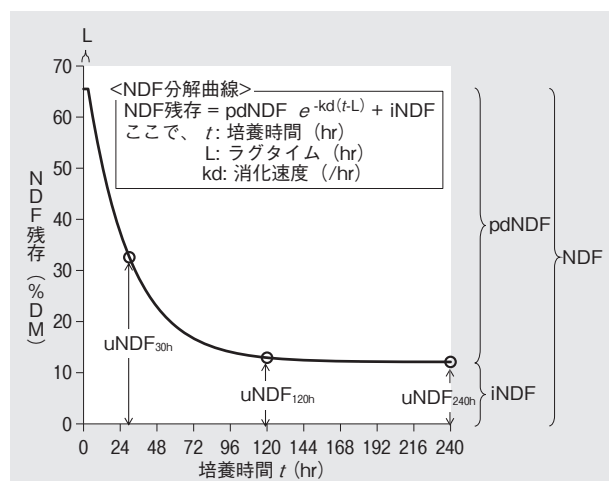
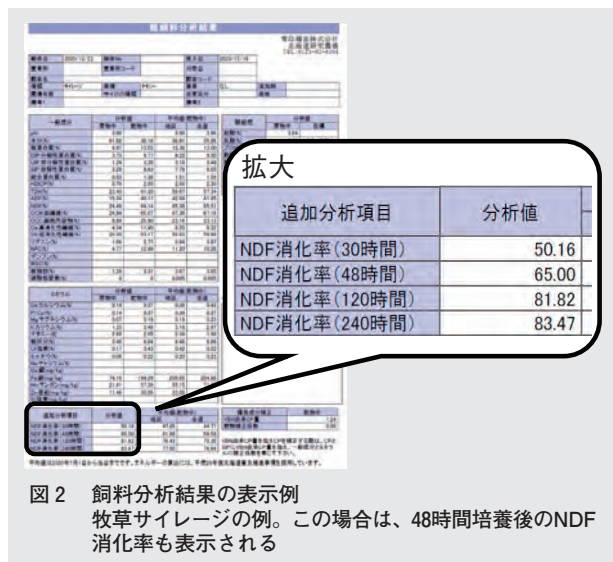


図1 NDF分解曲線の一般式 (2-poolモデル)



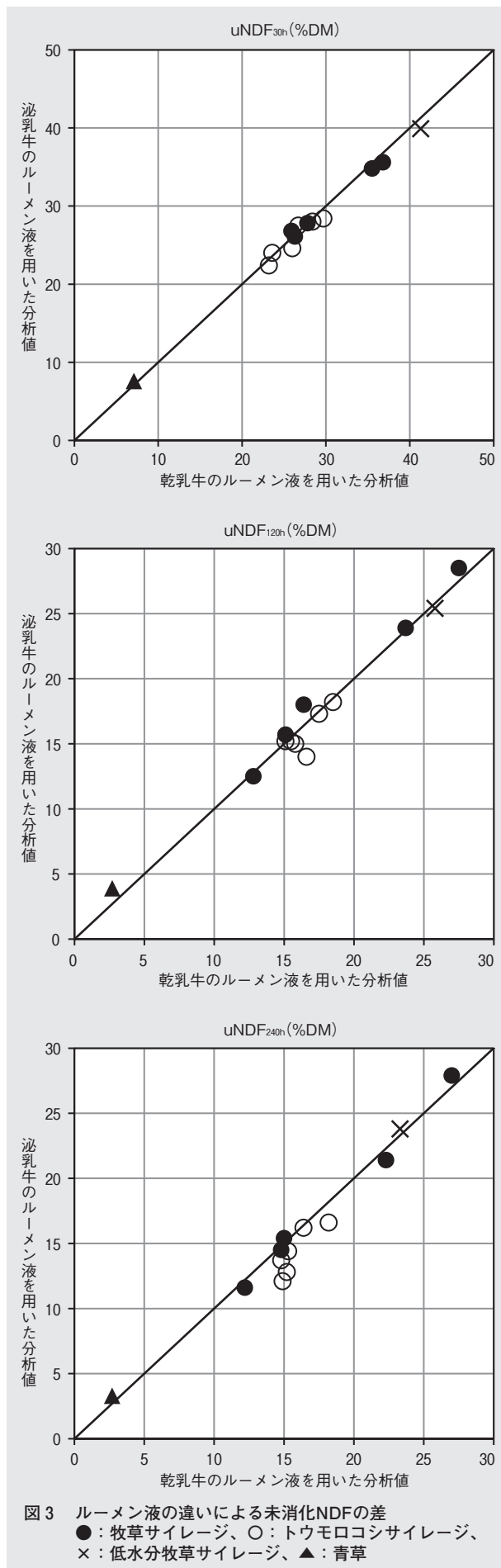
培養後にNDFが分解した割合を示しています。飼料設計プログラムを利用することで、NDF消化率を入力すれば、分解曲線や消化速度などの計算ができるようになっていますが、類似する表記があり、混同しやすいため、以下に整理しました。

$$\begin{aligned} \text{NDF (乾物中\%)} &= \text{可消化NDF (dNDF, 乾物中\%)} \\ &+ \text{未消化NDF (uNDF, 乾物中\%)} \\ \text{NDF消化率 (NDF中\%)} &= 100 \times \text{dNDF} \div \text{NDF} \end{aligned}$$

(2) 分析値の確からしさと実用性

前述のin vitro消化試験は、実験条件や環境によって分析値が異なることが広く知られます。そこで、培養試験に用いるルーメン液を変えて、その分析値を比較しました。畜産試験場（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（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た分析値を比較してみました。その結果、それぞれの牛に給与されている飼料は異なり、ルーメン液のpHや発酵度合いは大きく異なるものでしたが、分析値には大きな違いが見られませんでした（図3）。このことから、分析値は、泌乳牛を含む様々なステージの牛群の飼料設計に利用できると考えられました。

NDF分析は、分析時の耐熱性α-アミラーゼの添加/無添加や亜硫酸ナトリウムの添加/無添加、残渣物中の灰分の差し引き（灰分補正）の有/無によって、分析値が異なり、それぞれを明示・表記する必要があります。耐熱性α-アミラーゼはデンプンの除去、亜硫酸ナトリウムはタンパク質の除去を目的として添加するものですが、亜硫酸ナトリウム添加によっても完全にはタンパク質が除去されない点は



注意が必要です。FTMでのNDFの分析条件は、耐熱性 α -アミラーゼ添加、亜硫酸ナトリウム無添加、灰分補正ありの条件での値です。タンパク質を除いた繊維含量は、NDFから中性デタージェント不溶タンパク質（NDICP）を差し引くことで求められます。一方、CNCPS ver. 6.5に準拠した飼料設計ソフトでは、aNDFom（耐熱性 α -アミラーゼの添加、亜硫酸ナトリウムの添加、灰分補正有）によるNDF消化率の分析値を用いています。そこで、FTMの分析条件とaNDFomとを比較した結果、未消化NDFや可消化NDFには差があったものの、NDF消化率に大きな違いがなかったことを確認しました（図4）。そのため、各分析機関から提供する分析結果レポートでは、NDF消化率（NDF中の可消化NDFの割合）として表記しています。分析値を飼料設計ソフトで利用する際に留意していただきたいと思います。

FTMで運用する近赤外分析用の検量線開発（田中ら、2020）は、この実験系での分析値がもとになっています。道内各地で収集した牧草サイレージ462点と、トウモロコシサイレージ341点の分析値から検量線を開発しており、多様な産地、草種、番草、調製条件に適用しています。開発時の精度判定は、牧草サイレージで「高い」、トウモロコシサイレージで「やや高い」～「高い」でした。その後も、新たに飼料を収集し、定期的に精度評価を実施しており、安定した分析精度（頑健な分析）であることが確認できています。

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るものです。そこで、分析値を飼料設計プログラム（AMTS社、NY）に入力し、粗飼料のNDF消化率を入力した場合と、未入力の場合（デフォルト値、iNDF = 0、kd = 3～5%/hr）の乳量の実測値と予測値を比較しました。検証には、道総研酪農試験場（根釧農業試験場・畜産試験場、2015）および酪農学園大学（福田ら、2019）において、得られた飼養試験結果を用いました。飼料設計プログラムでの計算結果は、NDF消化率を入力しなかった場合に、乳量を過大に予測し、実乳量は飼料設計時の期待値を下回りました（図5上）。NDF消化率を入力した場合には、その過大評価が解消され（図5下）、従来よりも粗飼料の繊維の質に応じた飼料設計が可能であることが確認できました。

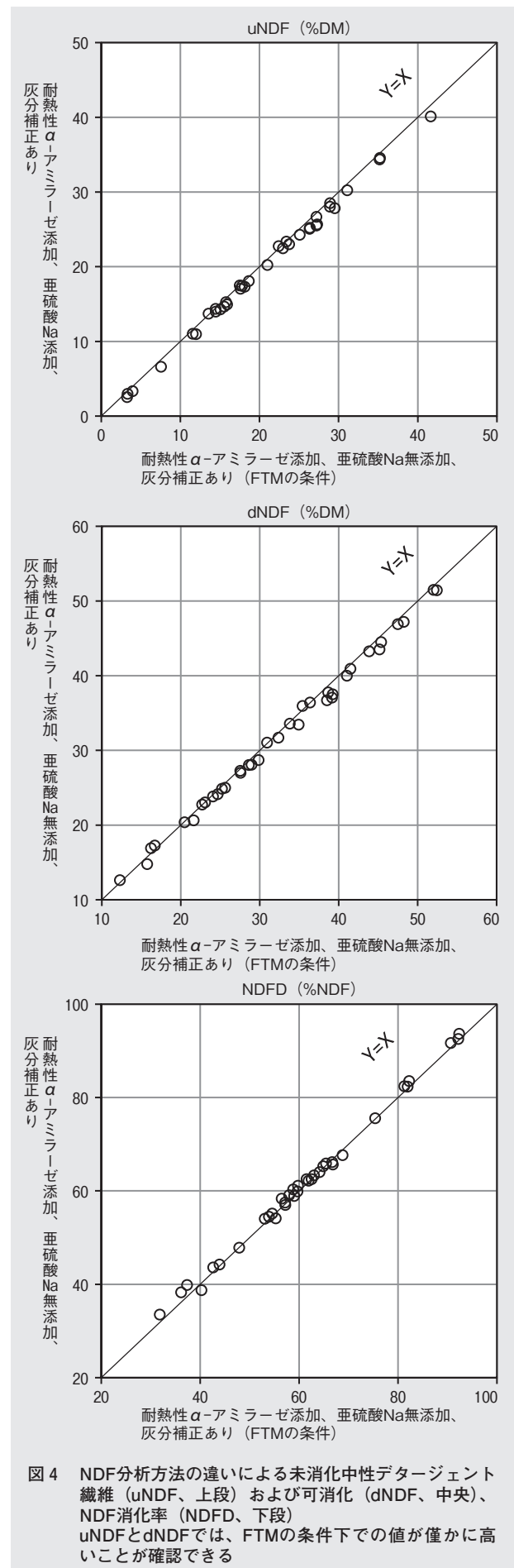
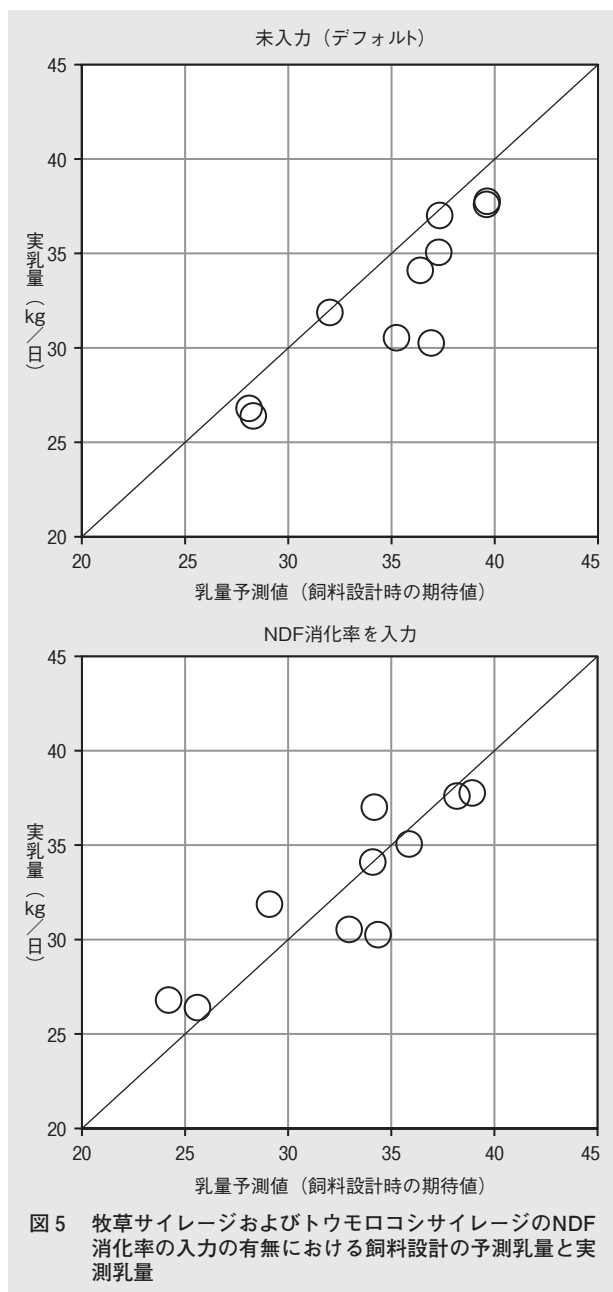


図4 NDF分析方法の違いによる未消化中性デタージェント繊維（uNDF、上段）および可消化（dNDF、中央）、NDF消化率（NDFD、下段）
uNDFとdNDFでは、FTMの条件下での値が僅かに高いことが確認できる



3. おわりに

前報（田中、2019）に引き続き、執筆の機会を頂きました。改めて、当時の予定や今後の展望などを記した前報を読み返してみますと、概ね予定通り（!?）の報告・紹介が、今回できたことに安堵している次第です。今回の研究結果は、FTMからの研究費の援助や、試料収集や検量線の試行などの各分析機関の研究協力により、得られました。最後に、前報と同じ文章を結びとさせていただきますが、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。

4. 引用資料

- 出口健三郎（2017）フォレン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.
- 田中常喜，今啓人，飯田憲司，角谷芳樹，出口健三郎（2020）道産牧草サイレージおよびトウモロコシサイレージのin vitro NDF消化率の近赤外分光法による予測．北農，87（4）：2-8.
- 根釧農業試験場，畜産試験場（2015）牧草サイレージ1番草の繊維消化速度を考慮した泌乳牛の飼料設計．平成26年度北海道農業試験会議（成績会議）資料．
- 福田勇之助，川上美季，多田佳那子，福地修平，松崎なつみ，溝口萌乃，田中常喜，川越大樹，泉賢一（2019）グラスおよびコーンサイレージ繊維のルーメン内消化速度を入力した飼料設計の予測乳量と実測乳量の比較．日本畜産学会第126回大会．
- 田中常喜（2019）北海道におけるフォレンジテストの現状と今後の展望．牧草と園芸 67（2）：16-19.