# 令和４年度　成績概要書

**課題コード（研究区分）**：　７１０１－７２４１２１　（受託研究（民間））

**１．研究課題名と成果の要約**

**１）研究成果名**：乾草および低水分牧草サイレージの in vitro NDF 消化率の近赤外分析による推定
**（研究課題名**：粗飼料のデンプンおよび NDF のルーメン内消化率の予測）

**２）キーワード**：乾草、低水分牧草サイレージ、in vitro NDF 消化率、NIRS 検量線

**３）成果の要約**：乾草および低水分牧草サイレージの in vitro 培養 30, 120, 240 時間後の未消化 NDF あるいは可消化 NDF 含量を予測する近赤外分光分析用検量線を開発した。本検量線は道内飼料分析機関で使用され、全道において粗飼料の繊維の質を考慮した飼料設計に活用される。

**２．研究機関名**

**１）代表機関・部・グループ・担当者名**：畜産試験場・畜産研究部・飼料生産技術グループ・
研究主任　角谷芳樹

**２）共同研究機関（協力機関）**：（フォレージテストミーティング）

**３．研究期間**：令和 2～4 年度（2020～2022 年度）

**４．研究概要**

**１）研究の背景**

道内で広く使われている飼料設計プログラムには中性デタージェント繊維（NDF）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 30、120、240 時間培養後の NDF 消化率*が必須な入力項目のひとつとなっている。近赤外分光分析（NIRS）は、飼料の品質を迅速かつ簡便に測定できるため、フォレージテストの中心的な手法として国内の飼料分析機関で活用されている。NDF 消化率について、牧草サイレージ用の NIRS 検量線（R2 普及推進事項）を整備したため、その検量線の乾草および低水分牧草サイレージへの適用拡大を試みたが、その精度は運用の可否の判断が難しく、乾草および低水分牧草サイレージの NDF 消化率を予測する新たな検量線の開発が求められている。

**２）研究の目的**

乾草および低水分サイレージの in vitro NDF 消化率を予測する NIRS 検量線を開発する。

**５．研究内容**

**１）乾草および低水分牧草サイレージの in vitro NDF 消化率の NIRS 検量線の開発（R2～4 年度）**

**・担当者**：畜試・畜産研究部・飼料生産技術 G・研究主任　角谷芳樹

**・ねらい**：水分 30％未満の乾草と低水分牧草サイレージの in vitro 培養 30 時間後の可消化 NDF**、in vitro 培養 120 および 240 時間後の未消化 NDF**を予測する NIRS 検量線を作成する。

**・試験項目等**：試料;道内各地で収集したイネ科乾草 132 点、低水分牧草サイレージ 29 点、輸入イネ科乾草 9 点、牧草サイレージ 51 点の乾燥粉砕物を検量線作成用サンプル群および検証用サンプル群に分割した。牧草サイレージは全て検量線作成用サンプル群とした。NDF 消化率；ルーメンカニューレ装着乾乳牛から採取したルーメン液を緩衝液と混合し、遠沈管内で試料と共培養（39℃、嫌気・暗条件、培養時間：30、120、240 時間）し、培養後の残渣物の NDF（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）を測定した。検量線作成；近赤外スペクトルの 1100～2500nm、0.5nm ピッチの波長域について、ノイズ除去・ベースライン補正の前処理を行い、近赤外拡散反射スペクトルから目的成分を予測する回帰分析により、検量線を作成した。 既報のデータを活用した検証；分析機関で得られたスペクトルデータを用い、異常値の出現頻度について検証した。

**６．研究成果**

1)-(1) $dNDF_{30h}$ を予測する検量線作成用サンプル群の $dNDF_{30h}$ 含量の実測値は、平均 31.1±4.2、最小 23.2、最大 40.3 であった。作成した NIRS 検量線の検証用サンプル群での EI 値による精度判定は「B（高い）」であった（表 1）。

1)-(2) $dNDF_{30h}$ を予測する検量線の Bias は-0.50（全体としてやや過少評価となる傾向）であったが、その値は SEP よりも小さく、NIRS 検量線の予測誤差の範囲であった（表 1、図 1）。

1)-(3) $uNDF_{120h}$ および $uNDF_{240h}$ を予測する検量線作成用サンプル群の実測値は $uNDF_{120h}$: 平均 19.8±6.3、最小 8.8、最大 35.0、$uNDF_{240h}$：平均 18.6±6.2、最小 7.8、最大 32.5 であった。作成した NIRS 検量線の検証用サンプル群での EI 値による精度判定はいずれも「B（高い）」であった。

1)-(4) $uNDF_{120h}$、$uNDF_{240h}$ の Bias はそれぞれ-0.55、-0.77（全体としてやや過少評価となる傾向）であったが、いずれの値も SEP よりも小さく、NIRS 検量線の予測誤差の範囲であった（表 1、図 2、図 3）。

1)-(5) 本試験で作成した検量線と既存の牧草サイレージ用検量線とで予測精度を比較すると、いずれの形質についても本試験で作成した検量線の方が EI 値は低く、予測の精度が高かった(表 1)。以上の結果から、作成した検量線は実用可能な精度であると考えられた。

1)-(6) 本試験で作成した検量線の適用対象外とする基準として、NDF 消化率の予測値が各培養時間間で逆転した場合および NDF 消化率の値が負となった場合とを暫定的に定めた。分析機関におけるこのような試料の出現頻度は 1.6％および 0.4％であり、その他の一般分析項目で発生する異常値の出現頻度と比較して同程度～やや低い傾向であった。

＜具体的データ＞

表 1. 乾草および低水分牧草サイレージの可消化 NDF（$dNDF_{30h}$、%DM）および未消化 NDF（$uNDF_{120h}$、$uNDF_{240h}$、%DM）を予測する NIRS 検量線の精度 1)

| 項目（%DM） | 化学分析値 | | | | | | 検量線の予測精度2) | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | サンプル群 | n | 平均 | SD | 最小 | 最大 | 検量線名1) | $R^2$ | Bias | Slope | RMSEP | SDP | SEP | EI | 判定3) |
| $dNDF_{30h}$ | 検証用 | 74 | 32.3 | 4.2 | 22.9 | 44.0 | dndf30hHAY_220314 | 0.70 | -0.50 | 0.70 | 2.37 | 2.32 | 2.35 | 21.9 | B |
| | (作成用 | 92 | 31.1 | 4.2 | 23.2 | 40.3 ) | *dndf30hGS_190104* | *0.65* | *-0.14* | *0.71* | *2.50* | *2.50* | *2.51* | *23.7* | *B* |
| $uNDF_{120h}$ | 検証用 | 70 | 22.0 | 5.2 | 10.8 | 35.7 | undf120hHAY_220308 | 0.81 | -0.55 | 0.84 | 2.32 | 2.26 | 2.29 | 18.1 | B |
| | (作成用 | 120 | 19.8 | 6.3 | 8.8 | 35.0 ) | *undf120hGS_19102* | *0.66* | *-0.90* | *0.91* | *3.54* | *3.43* | *3.08* | *27.5* | *C* |
| $uNDF_{240h}$ | 検証用 | 74 | 20.9 | 5.2 | 10.9 | 34.2 | undf240hHAY_220308 | 0.80 | -0.77 | 0.81 | 2.45 | 2.33 | 2.36 | 19.9 | B |
| | (作成用 | 120 | 18.6 | 6.2 | 7.8 | 32.5 ) | *undf240hGS_19102* | *0.67* | *-0.35* | *0.91* | *3.38* | *3.36* | *3.02* | *28.8* | *C* |

1)斜体は牧草サイレージ用検量線（R2年普及推進事項）で予測した場合の精度。

2)$R^2$:寄与率、Bias:予測残渣（予測値-測定値)の平均値、Slope:予測値(y)と測定値(x)の傾き、RMSEP:予測誤差、SDP:予測残渣の標準偏差、SEP:予測値(x)と測定値(y)の回帰の標準誤差、EI:200×SDP/分析値のレンジ。

3)EI値による判定。判定の基準は0.0-12.4: 非常に高い（A）、12.5-24.9: 高い（B）、25.0～37.4: やや高い（C）、37.5-49.9: 低い（D）、50.0-: 非常に低い（E）。

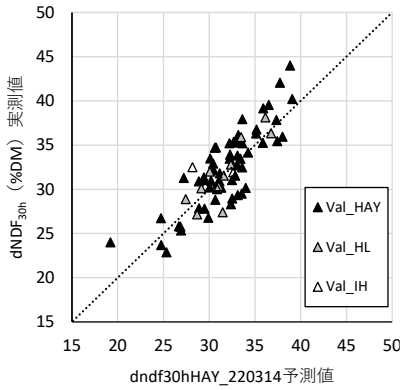


図 1. $dNDF_{30h}$ の予測値と化学分析値の関係

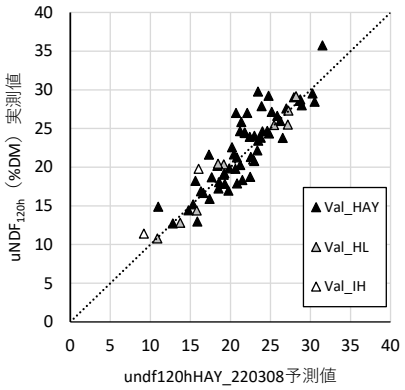


図 2. $uNDF_{120h}$ の予測値と化学分析値の関係

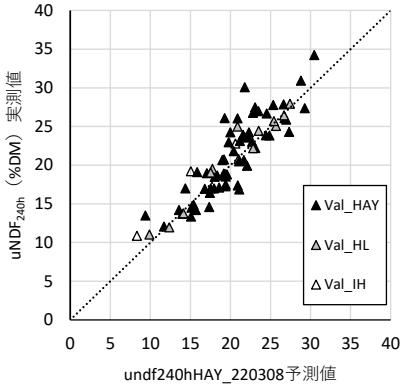


図 3. $uNDF_{240h}$ の予測値と化学分析値の関係

Val: 検証用サンプル群（HAY: イネ科乾草、HL: 低水分牧草サイレージ、IH: 輸入イネ科乾草）

用語および略記：

*NDF 消化率（NDFD）、**可消化 NDF（dNDF）、***未消化 NDF（uNDF）

試料をルーメン液と一定時間、共培養し、その未消化物の NDF を測定したものを未消化 NDF（uNDF、%DM）、試料のもとの NDF から未消化 NDF を差し引いた消化した NDF を可消化 NDF（dNDF、%DM）、試料のもとの NDF 中の可消化 NDF の割合を NDF 消化率（NDFD、%NDF）とした。培養時間を「$dNDF_{30h}$」などのように添字として表記するのが一般的である。計算方法は以下の通り

dNDF（%DM）= NDF（%DM）-uNDF（%DM）、NDFD（%NDF）= 100×dNDF（%DM）/NDF（%DM）

## ７．成果の活用策

### １）成果の活用面と留意点

(1) 開発された NIRS 検量線は、北海道向けに粗飼料分析を行っている 10 機関が参画するフォレージテストミーティング（FTM）に導入される。本 NIRS 検量線を用いた分析値は FTM の粗飼料分析サービスを通じて、個別農家や TMR センターに提供され、飼料設計や給与診断などに活用される。

(2) 本検量線は、水分含量 30%未満のイネ科乾草および低水分牧草サイレージに適用する。

(3) 本 NIRS 検量線の適用範囲は、多様な産地、草種、調製条件を含むものであるが、適用の対象外として、NDFD の予測値が各培養時間間で逆転した場合および NDFD の値が負となった場合は NDF 消化率の分析値を提供できないことがある。

(4) 本成績は近赤外分析機器 NIRS XDS Master Lab Analyzer（メトローム社）を用いて得られた結果であるが、NIRS6500（ニレコ社）を用いた NIRS 検量線も開発しており、同様の予測精度が確認されている。

### ２）残された問題とその対応　なし

## ８．研究成果の発表等　なし