

令和元年度 成績概要書

課題コード（研究区分）： 7101-724182（受託研究（民間））

1. 研究課題名と成果の要点

- 1) 研究成果名：牧草およびとうもろこしサイレージの繊維消化率の近赤外分析による推定
（研究課題名：サイレージの繊維およびでんぷんのルーメン内消化率推定方法の開発）
- 2) キーワード：中性デタージェント繊維（NDF）、ルーメン内消化率、飼料成分、近赤外分析、飼料設計
- 3) 成果の要約：牧草サイレージおよびとうもろこしサイレージの30、120、240時間培養後の未消化NDF含量あるいは可消化NDF含量を予測する近赤外分析用検量線を開発した。本検量線で推定した値を用いて飼料設計することにより、粗飼料の繊維の質を正しく考慮した飼料給与が可能になる。

2. 研究機関名

- 1) 担当機関・部・グループ・担当者名：畜試・基盤研究部・飼料環境G・田中 常喜
- 2) 共同研究機関（協力機関）：（フォレンジテストミーティング、酪農学園大学、ホクレン訓子府実証農場、酪農試・酪農研究部・乳牛G）

3. 研究期間：平成28～令和元年度（2016～2019年度）

4. 研究概要

1) 研究の背景

中性デタージェント繊維（NDF）の含量およびルーメン内での消化速度は、粗飼料の摂取量向上の制限要因となるため、生産現場での関心は高い。また、NDF消化速度の算出に用いる30、120、240時間培養後のNDF消化率は、国内で普及が進んでいる最新の飼料設計プログラムの計算に必須な入力項目のひとつとなっている。近赤外分析は、飼料の品質を迅速かつ簡便に測定できるため、フォレンジテストの中心的な手法として活用されている。現在、道内向けの飼料分析機関で利用される近赤外分析用検量線（NIRS検量線）は、NDF含量については既に対応しているが、NDF消化率を提供する対応が整備されていない。

2) 研究の目的

飼料設計プログラムで利用できる分析値の提供に向けて、牧草サイレージおよびとうもろこしサイレージのin vitro NDF消化率を近赤外スペクトルから予測するNIRS検量線を開発する。

5. 研究内容

1) 牧草サイレージのin vitro NDF消化率の推定

- ・ねらい：牧草サイレージ（GS）のin vitro培養30時間後の可消化NDF（dNDF_{30h}）、in vitro培養120および240時間後の未消化NDF（uNDF_{120h}、uNDF_{240h}）を予測する検量線を開発する。
- ・試験項目等：試料；道内各地で収集したGSの乾燥粉砕物462点。NDF消化率分析；ルーメンフィスチル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）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（未消化NDF、uNDF）。可消化NDF（dNDF）およびNDF消化率（NDFD）は、 $dNDF=NDF-uNDF$ 、 $NDFD=100 \times dNDF/NDF$ により求めた。欠測値補完；120および240時間培養の分析値については、値が得られていない検量線作成用試料と値のある試料で、繊維関連分析項目から主成分分析に基づいた欠測値補完を行った。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説明変数とし、目的成分を予測する回帰分析により、検量線を作成した。

2) とうもろこしサイレージのin vitro NDF消化率の推定

- ・ねらい：とうもろこしサイレージ（CS）のdNDF_{30h}、dNDF_{120h}、dNDF_{240h}を予測する検量線を開発する。
- ・試験項目等：試料；道内各地で収集したCSの乾燥粉砕物341点。その他は、試験1）と同様。

3) 既報のデータを利用した実用性の検証（総合考察）

- ・ねらい：既報のデータを用いて、NDFD分析値の実用性について検証する。
- ・試験項目等：(1)ルーメン液（乾乳牛 vs. 泌乳牛）の比較、(2)分析機関での検証、(3)飼料設計プログラムへの入力。

6. 成果概要

- 1) 牧草サイレージのdNDF_{30h}、uNDF_{120h}、uNDF_{240h}を予測するNIRS検量線を作成し、精度判定は「B 高い」であった（表1）。また、酸性デタージェントリグニン（ADL）、低消化性繊維（Ob）の化学分析値による推定式を作成し、分析機関において値の確認や補完に利用できることが示された。
- 2) とうもろこしサイレージのdNDF_{30h}、dNDF_{120h}、dNDF_{240h}を予測するNIRS検量線を作成し、精度判定は、「C やや高い」～「B 高い」であった（表1）。また、NDF、ADL、Obの化学分析値による推定式を作成し、分析機関において値の確認や補完に利用できることが示された。
- 3) - (1) 乾乳牛または泌乳牛のルーメン液を用いて測定したNDFD値に大きな違いはなかった（図1）。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することが可能であると考えられた。
- 3) - (2) NIRS検量線の適用対象外の試料とする暫定的な基準として、NDFDの予測値が各培養時間間で逆転した場合と、分析値が負の値となった場合としたところ、飼料分析機関における対象外となる頻度は最大で6.0%と、その他の一般分析項目と同程度であった。対象外の試料を除き、他の分析項目との関係において、明らかに異常と認められる値はなかった。
- 3) - (3) NDFD値を入力しなかった場合の飼料設計プログラム（AMTS社、ニューヨーク）の計算結果は、乳量を過大に予測し（図2左）、NDFD値が計算に必須の情報であることが確認できた。値を入力した場合には、その過大評価が解消され（図2右）、従来よりも粗飼料の繊維の質に応じた飼料設計が可能となった。

<具体的データ>

表 1. 牧草サイレージ (GS) およびとうもろこしサイレージ (CS) の可消化 NDF あるいは未消化 NDF を予測する検量線と推定式の精度

草種	検量線名あるいは 化学成分からの回帰式	検証用サンプル群の分析値				検量線の予測精度 ¹⁾							
		n	平均	SD	最小	最大	寄与率	バイアス	傾き	予測誤差	SDP	EI	判定
GS	<形質：30時間培養後の可消化NDF含量、dNDF _{30h} (%DM)>												
	dndf30hGS_19104	127	32.3	4.27	20.4	41.2	0.70	-1.17	0.67	2.63	2.36	22.7	B 高い
	<形質：120時間培養後の未消化NDF含量、uNDF _{120h} (%DM)>												
	undf120GS_19102	70	19.2	5.04	9.8	29.8	0.81	0.34	0.85	2.23	2.20	22.1	B 高い
	化学分析値からの回帰 ²⁾	65	19.3	5.17	9.8	29.8	0.84	0.37	0.83	2.12	2.09	20.9	B 高い
CS	<形質：240時間培養後の未消化NDF含量、uNDF _{240h} (%DM)>												
	undf240GS_19102	94	18.1	4.84	9.6	28.5	0.78	0.06	0.83	2.30	2.30	24.3	B 高い
	化学分析値からの回帰 ³⁾	89	18.1	4.94	9.6	28.5	0.83	0.04	0.84	2.02	2.02	21.4	B 高い
	<形質：30時間培養後の可消化NDF含量、dNDF _{30h} (%DM)>												
	dndf30CS_19101	135	18.0	3.75	10.1	33.0	0.64	0.25	0.71	2.31	2.30	20.1	B 高い
CS	<形質：120時間培養後の可消化NDF含量、dNDF _{120h} (%DM)>												
	dndf120CS_19102	37	26.3	2.69	21.0	32.9	0.56	-0.16	0.80	1.98	1.97	33.0	C やや高い
	化学分析値からの回帰 ⁴⁾	29	26.6	2.72	21.0	32.9	0.82	0.38	1.00	1.32	1.26	21.1	B 高い
	<形質：240時間培養後の可消化DNF含量、dNDF _{240h} (%DM)>												
	dndf240CS_19102	39	28.3	3.66	21.7	41.3	0.69	0.53	0.80	2.16	2.09	21.4	B 高い
化学分析値からの回帰 ⁵⁾	31	28.6	3.82	21.7	41.3	0.86	0.03	0.95	1.43	1.43	14.6	B 高い	

¹⁾ バイアス: 予測残差 (予測値-測定値) の平均値. 傾き: 予測値(y)と測定値(x)の回帰の傾き. SDP: 予測残差の標準偏差. EI: $200 \times \text{SDP} / \text{分析値のレンジ (最大値-最小値)}$. 判定: EIによる判定、基準は以下の通り、A非常に高い (0.0-12.4)、B高い (12.5-24.9)、Cやや高い (25.0-37.4)、D低い (37.5-49.9)、E非常に低い (50.0-).

²⁾ $\text{uNDF}_{120h} = -1.729 + 22.57 / [1 + e^{(5.340 - \text{ADL}) / 1.641}] + 0.2263 \text{ Ob.}$ ³⁾ $\text{uNDF}_{240h} = -5.570 + 24.72 / [1 + e^{(5.570 - \text{ADL}) / 1.881}] + 0.2567 \text{ Ob.}$
⁴⁾ $\text{dNDF}_{120h} = 0.1239 + 1.0933 (\text{NDF} - \text{ADL}) - 0.4270 \text{ Ob.}$ ⁵⁾ $\text{dNDF}_{240h} = 0.1606 + 1.0737 (\text{NDF} - \text{ADL}) - 0.3740 \text{ Ob.}$

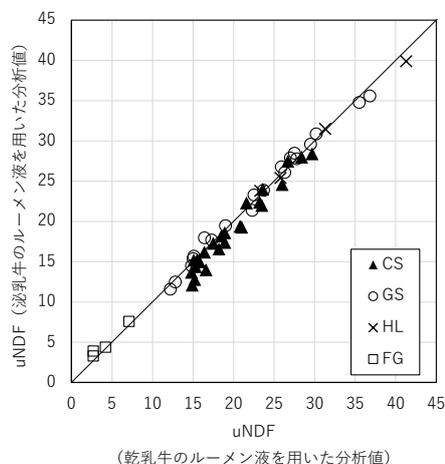


図 1. 培養に用いるルーメン液の違いによる未消化 NDF の比較 (中川ら, 2019 のデータより作図)

▲CS: とうもろこしサイレージ、○GS: 牧草サイレージ、×HL: 低水分ロールサイレージ、□FG: 青草

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、北海道内向けに粗飼料分析サービスを行っている 10 機関が参画するフォーレンジストミーティング (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 NIRS 検量線の適用範囲は、多様な産地、草種、番草、調製条件を含むものであるが、適用の対象外として、NDF 消化率の分析値を提供しない場合がある。
- (3) 本成績は、近赤外分析機器 NIRS XDS MasterLab 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

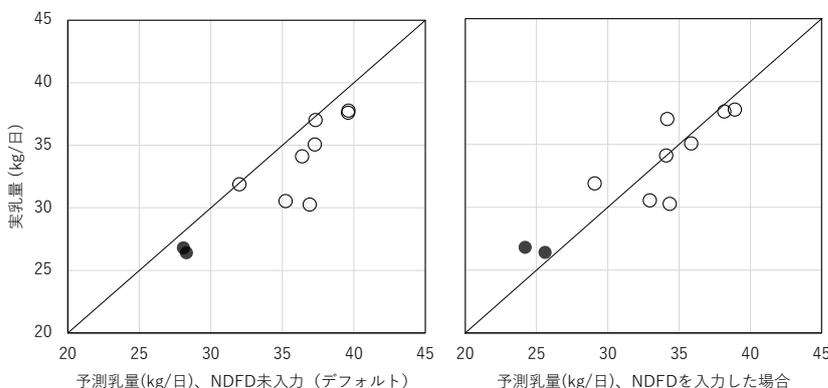


図 2. 牧草サイレージ (GS) およびとうもろこしサイレージ (CS) の NDF 消化率の入力の有無における飼料設計の予測乳量と実測乳量

飼料設計ソフト AMTS の粗飼料 NDF 値に未入力 (デフォルト値、左) あるいは分析値を入力 (右) し、予測乳量 (縦軸) と実測乳量 (縦軸) を比較した。

○: 酪農試の GS 給与試験データ (根釧農試・畜試, 2015)

●: 酪農大の GS+CS 給与試験データ (福田ら, 2019)