

稲ホールクロップサイレーズの品質評価

浦川修司・水野隆夫

The Fermentation Quality Value and the Feeding Value for the Rice Whole-crop Silage

Shuji URAKAWA and Takao MIZUNO

緒言

水稲の生産調整政策の実施とともに転換畑での飼料作物栽培に関する研究が進められ、その一環として水稲の飼料利用に関する研究も多数行われてきた。しかし、稲ホールクロップサイレーズの生産場面における問題点は、排水の悪い軟弱圃場での収穫調製に大型機械を利用する場合、走行性に問題があり、効率的な作業が行えないのが現状である。また近年、畜産農家の規模拡大に伴い、搾乳、給餌、糞尿処理等の日常の飼養管理に要する労働時間が長くなり、労働力の面から自己完結型の飼料生産が困難となってきている。そこで著者らはサイレーズの流通を前提に耕種農家による効率的な水稲ホールクロップサイレーズの調製技術を確認するために、稲麦用カッピングロールペーラと自走式ベールラッパの開発を行い、ホールクロップ用稲をロールペールサイレーズとして調製し流通する作業体系を検討し報告^{16, 17, 18)}した。

しかし、今後実際に耕種農家により調製された稲ホールクロップサイレーズを畜産農家に流通し、有効に利用するためには、その品質を迅速に評価し、流通価格に反映させることが必要であり、そのことが稲ホールクロップサイレーズの普及につながると考える。そこで、まず発酵品質については「自給飼料品質評価研究会²⁰⁾」で提案された新評価法が稲ホールクロップサイレーズに適用できるかどうかを検討し、次にそのサイレーズの発酵品質と栄養価を迅速に評価する方法として近赤外分光分析計(NIRS)の利用を検討した。さらに、生産された稲ホールクロップサイレーズの等級化を目的に発酵品質と栄養価を合わせた総合評価法についても検討したので、その概要について報告する。

材料及び方法

1. 供試材料と試料の調製

供試した稲ホールクロップサイレーズは、1991年から1993年に三重県内の現地農家と三重県農業技術センターで糊熟期から黄熟期に収穫され、サイレーズ調製されたものである。発酵品質における新評価法の適応性の検討と、未乾燥試料による栄養的評価のNIRS利用には、この中の70点を用い、また発酵品質評価のNIRS利用には59点を用いて、検量線(Calibration: キャリブレーション)作成とその有効性の検証(Prediction: プレディクション)のための試料とした。

供試した試料は前処理として、高濃度抽出液を得るためにマルチブレンダーミルを用いてドライアイスとともに5分間凍結粉碎⁹⁾後、試料50gに蒸留水100mlを加え、5°Cで12時間冷蔵庫内に静置した後ろ過し、得られたろ液を発酵品質の供試抽出液とした。また、凍結粉碎した残りの試料は、栄養的品質を評価するための供試試料とした。

2. 分析項目と分析方法

(1) 発酵品質に関する分析項目は、水分、pH、乳酸、酢酸、プロピオン酸、酪酸、揮発性塩基態窒素(VBN)、全窒素(Total Nitrogen: TN)とし、キャリブレーション作成は酢酸、酢酸とプロピオン酸を合わせた含量(酢酸+プロピオン酸: フリーク蒸留法で定量される酢酸含量)、酪酸、及び総VFAとした。分析方法は、水分は乾燥法、pHはpHメータ、乳酸及び各VFAはBTB発色法による高速液体クロマトグラフ法⁵⁾で分析した。また、VBNは水蒸気蒸留法、全窒素はケルダール法で求めた。次に、サイレーズ発酵品質を点数で表示するために、分析値により従来のフリーク評価法と「自給飼料品質評価研究会」で提案された新評価法²⁰⁾による評点を

算出した。

(2) 栄養価についての分析項目は一般成分から5項目(水分, CP, EE, Ash, CFi)と酸性デタージェント繊維(ADF), 並びに酵素分析法で得られる3項目(OCW, OCC, Ob)とした。試料の分析は, 未乾燥試料の光学データをとった後, 直ちに乾燥法により水分を測定し, 残りの試料は48時間乾燥後, 一般成分は常法¹⁰⁾で求め, ADFはデタージェント法の灰分補正する方法¹¹⁾, OCW, OCC, Obは阿部の酵素法¹¹⁾により求めた。

(3) 総合評価のための分析値の解析方法については, 前述の方法で分析した酢酸, 酪酸, VBN/全窒素, CP, CFi, TDNを評価基準とした。なお, TDNについては一般成分を常法により分析し, 飼料成分表の消化率より推定した値を用いた。これら6成分について, 各分析項目の重要度を数値的に表すことを目的に, 飼料作物, 酪農, 肉牛に関わる研究関係者各1名と普及関係者1名の計4名によるAHP (Analytic Hierarchy Process: 階層分析^{14, 15)}) アンケート調査を実施し, 解析した。

3. 分析機器

使用した近赤外分光分析計はブランルーベ社の Infra Alyzer 500型で, 発酵品質関係については循環水型液体ドロア (ワインセル) を装着し, 20°Cに抽出液が保たれる状態でシリンジを用いて抽出液をワインセルに注入し, 1100~2500nmの近赤外スペクトルを求めた。栄養価については高水分試料測定用のオープンカップを用いて同様に近赤外スペクトルを求めた。データ解析用としては, 従来の重回帰用ソフトの他に発酵品質関係については判別分析用ソフト (DISCRIMINANT) を利用した。

4. キャリブレーション

キャリブレーションの作成には, 全試料の化学分析値の分布から, キャリブレーション試料とプレディクション試料の両試料群に偏だたりが生じないように均等に分類し, データの各解析を行った。重回帰分析では, キャリブレーションは変数増加法により, 2波長から7波長までの重回帰式を求め, 標準誤差 (SE) が小さく, 重相関係数 (R) とF値が最も大きくなるような重回帰式を選択した。判別分析はサイレージ発酵品質を大まかに分類することを目的に, 抽出液の総VFA濃度により, 59サンプルを表1に示すようにAグループからDグループの4グループに分類し, 40サンプルについて判別分析を行い, マハラノビス距離⁷⁾を判定の基準とするとともに判別の中率を算定した。

5. プレディクション

キャリブレーション用試料を除いた試料 (約20点) を手分析値が判っているプレディクション用試料 (未知試料) とし, キャリブレーションで得られた式による推定値との関係を検討した。推定精度の表示法としては, 重回帰分析では推定誤差の標準偏差 (SDP), 推定精度の評価指数 (EI) を適用した。また, 判別分析についても, 判別の精度を調べるために重回帰分析と同様に19サンプルについて, 誤判別確率を算定した。

表1 抽出液の総VFAによる分類基準

分類	総VFA濃度 (%)	サンプル数
A	0.1以下	18
B	0.1~0.2	16
C	0.2~0.3	13
D	0.3以上	13

結果及び考察

1. 稲ホールクロップサイレージの発酵品質評価

1) 新評価法の適応性

表2に稲ホールクロップサイレージの発酵品質に関する分析値と, それに基づくフリーク評点及び新評点を示した。ホールクロップ用稲を糊熟期から黄熟期に収穫し, サイレージ調製すると, 水分含量は60%程度に分布し, pHは高い値を示した。また, 有機酸組成については乳酸含量が低く, 逆に酢酸含量は比較的高い値を示した。したがって総酸中の乳酸, 酢酸, 酪酸の割合から発酵品質を評価するフリーク評点では, 平均点が25点と低い得点となり, フリーク法では劣質サイレージと評価される。稲ホールクロップサイレージの発酵品質についての他の報告^{3, 13, 20)}からも, 穂部の割合が高い黄熟期以降のものについては, フリーク法を応用すると, 不合理な点があると言われている。これは, 稲ホールクロップサイレージの水分は60%程度の中低水分であり, 糖含量が低いことと, 穂部を多く含むためアルコール発酵が促進されるためと推察される。そこで, 低水分のロールベールサイレージにも適用できるようにフリーク法に代わる新評価法が提案され, この新評価法が稲ホールクロップサイレージに適用できるかどうかを検討した。この新評価法は飼料の変質に重点をおいて評価するものであり, 酪酸含量, 酢酸含量及び全窒素中のVBNの割合 (VBN/TN) から点数をつけるものである。表2に示したように稲ホールクロップサイレージはVFA含量, VBN/TNは比較的低く, 特にVBN/TNは平均6%程度と低い値であり, 新評価法に基づいて採点すると平均77点となり良

質サイレージと判定される。また、家畜に対する嗜好性は良好であるという報告^{3, 10)}からも、フリーク評価法で判定される劣質サイレージとは考えにくい。そこで、今後稲ホールクroppサイレージの発酵品質を評価する場合、新評価法を採用することが適正であると考え。

2) NIRSによる化学成分の推定精度

キャリブレーションの成績は、酪酸を除いて何れも重相関係数は0.9以上の高い値となり、F値は100以上となった(表3)。

表2 供試サンプルの基本統計量

項目	平均	標準偏差	変動係数
水分	61.66	5.92	9.60
pH	4.87	0.48	9.86
乳酸	0.14	0.02	14.29
酢酸	0.33	0.04	12.12
酪酸	0.14	0.02	14.29
総VFA	0.47	0.31	65.96
総酪酸	0.48	0.32	66.67
VBN/TN	6.01	3.40	56.57
フリーク評点	24.72	68.49	—
新評点	77.49	19.07	—

注) 有機酸含量は現物中の割合

酪酸含量は酢酸+プロピオン酸含量

次にキャリブレーションで得られた回帰式を用いてプレディクションを行った結果を表4に示した。ここでプレディクションに用いた試料のレンジを考慮した推定精度の評価法(EI)でみると、酢酸+プロピオン酸が21.6と最も小さく、酪酸が35.0と最も大きい値となった。水野ら¹¹⁾の評価判定基準により分類(Aランク~Dランク)すると、酢酸+プロピオン酸の推定精度が高く、実用的なBランクに分類されるものの、他の成分については、推定精度がやや高いCランクとなり、NIRSの推定値と化学分析値の関係を示した散布図(図1-図4)からも、必ずしも高い精度は得られなかった。これは、サイレージ抽出液中のVFA濃度は良質サイレージほど低く、特に酪酸含量はNIRSで推定が困難な低濃度の値で分布していることが一因と考えられる。

3) NIRSによる判別分析

従来のNIRSの利用は、光学データを説明変数に、化学成分を目的変数にとり、重回帰分析により回帰式(検量線)を作成し、この検量線により試料の化学成分を推定する方法が一般的であるが、今回はサイレージ発酵品質を評価するために、成分の絶対値を推定するのではなく、発酵品質からサイレージの良否を大まかに分類することを目的に、NIRSによる判別分析を行った。判別分析^{6, 7)}はそのサンプルがどの群(グループ)に属するかを判別する手法であり、どの群に所属するかを判

表3 各成分のキャリブレーション結果

成分	サンプル数	R ¹⁾	SEC ²⁾	F値	波長数
酢酸	40	0.947	0.026	107	6
酪酸	40	0.869	0.029	45	5
酢酸+プロピオン酸	40	0.904	0.036	114	3
Total-VFA	40	0.941	0.045	115	5

1) 重相関係数

2) 標準誤差 (Standard error of calibration)

表4 各VFAと総VFAのプレディクション結果

成分	サンプル数	平均値	相関係数	SDP ¹⁾	EI ²⁾	ランク ³⁾
酢酸	19	0.134	0.871	0.036	29.7	C
酪酸	19	0.054	0.759	0.028	35.0	C
酢酸+プロピオン酸	19	0.140	0.918	0.032	21.6	B
総FVA	19	0.187	0.835	0.060	31.8	C

1) 誤差の標準偏差 (Standard deviation of prediction)

2) 評価指数 (Evaluation index) : EI (%) = 2 × SDP / レンジ

3) EI値による実用化の判定基準

定する基準をVFA濃度とした（表1）。

キャリブレーション作成に用いた40点について、判別分析を行った結果のマハラノビス距離を表5に示した。これによると各グループ間のマハラノビス距離は比較的小さい値となり、VFA濃度が隣接するAグループとBグループの間が1.8程度と最も小さく、濃度が最も異なるAグループとDグループの間が4.6程度と最も大きな値を示した。次に判別分析に用いた40サンプルの判別的

中率を表6に示した。この40サンプルの判別率中率は80%以上の値となり、良好な結果が得られた。しかし、NIRSによる重回帰分析と同様に、その判別精度を検定するためには、未知試料を用いて判別結果を確認する必要がある。このため、未知試料（19サンプル）の誤判別確率を表7に示したが、全体の誤判別確率は32%（判別率中率：100-32=68%）と比較的高い値となった。各グループにおいてはAグループでは、25%をBグループ

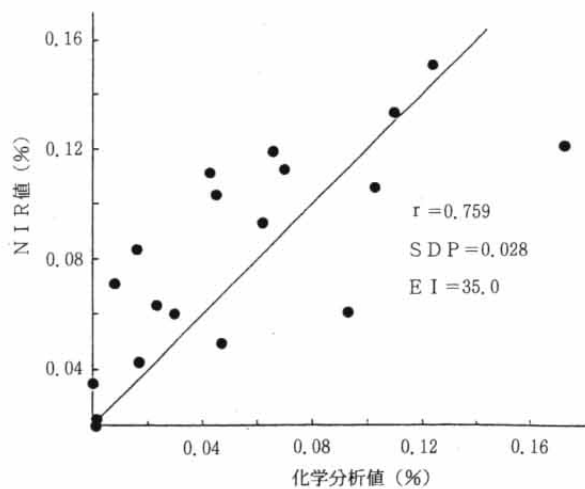


図1. プレディクションにおけるNIRS推定値と化学分析値との関係（酪酸）

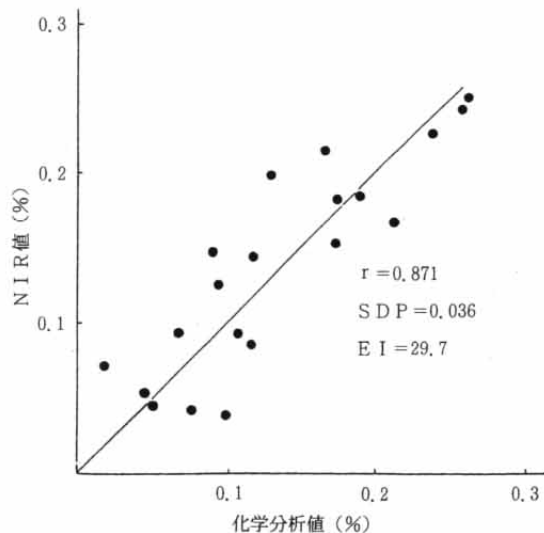


図2. プレディクションにおけるNIRS推定値と化学分析値との関係（酢酸）

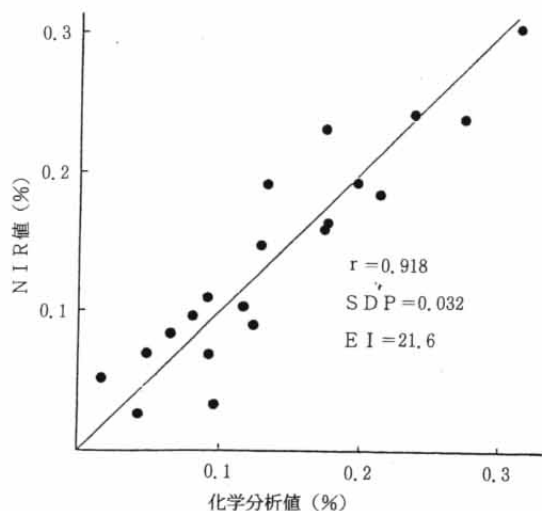


図3. プレディクションにおけるNIRS推定値と化学分析値との関係（酢酸+プロピオン酸）

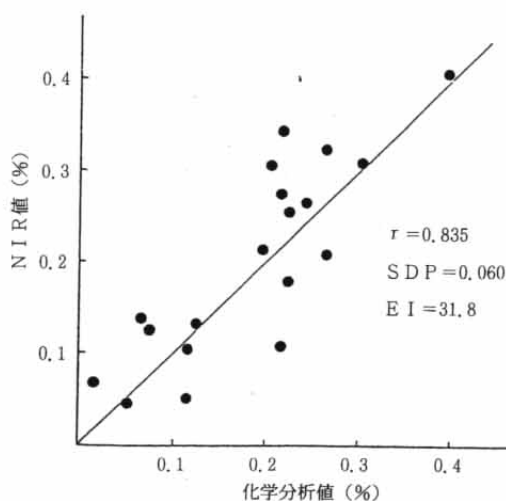


図4. プレディクションにおけるNIRS推定値と化学分析値との関係（総VFA）

表5 各グループ間のマハラノビス距離

	A	B	C	D
A		1.79	3.97	4.58
B			3.18	4.01
C				3.93
D				

注) 判別に用いた波長数：5波長

表6 判別分析に用いたサンプルの判別率中率 (%)

項目	A	B	C	D	全体
判別率中率	82	83	88	85	84
誤判別確率	18	17	12	15	16

注) サンプル数：40

に誤判別され、Bグループは50%をAグループに誤判別された。Cグループでは、22%をBグループに、11%がDグループに誤判別された。さらに表8に各サンプルごとのマハラノビス距離と判別結果を示した。ここで示すマハラノビス距離^{6, 8, 19)}は、測定サンプルと各サンプル群の中心の距離を算出した値であり、No. 1サイレージ(分類B)について見ると、マハラノビス距離がBグループ群の中心(マハラノビス距離：5.29)よりAグループ群の中心(マハラノビス距離：3.78)の方に近いので、Aグループに誤判別された。同様に誤判別された他のサ

ンプルも、マハラノビス距離は隣接するグループに最も近いので誤判別されており、例えばAグループをCグループあるいはDグループとするような極端な誤判別は起こっていない。このことにより、判別分析がサイレージ発酵品質の評価に利用できることが示唆された。しかし、今回は発酵品質を分類するために、連続したVFA濃度から抽出液を分類したために、隣接したグループへの誤判別が生じたものと考えられる。したがって今後、主成分分析等の解析方法と組み合わせた分類方法を検討することにより、発酵形態の解明や品質評価に利用できるものと考えられる。

表7 未知試料のグループ間の誤判別確率(%)

		推定分類群				群全体
		A	B	C	D	
実 分 類 群	A	—	25	0	0	25
	B	50	—	0	0	50
	C	0	22	—	11	33
	D	0	0	0	—	0
全体の誤判別確率：32						

注) サンプル数：19

2. 稲ホールクロップサイレージの栄養的評価

各成分のキャリブレーションの成績は表9に示したように、重相関係数、F値とも高く、推定に用いた波長数も比較的少ない回帰式が得られた。次に、この回帰式を用いてプレディクションを行った結果を表10に示した。これによるとSDPは小さく、実際の化学分析値との関係を散布図でみても、推定値が実測値に対して大きくずれることはなかった(図5-13)。また、EI値¹⁰⁾からみても水分で最も小さく、灰分で比較的高い値を示すも

表8 未知サンプルにおける判別結果

No.	VFA (%)	分類 ¹⁾	マハラノビス距離				NIR判定	結果 ²⁾
			A	B	C	D		
1	0.117	B	3.78	5.29	6.79	6.77	A	×
2	0.399	D	4.62	3.92	2.66	1.62	D	○
3	0.305	D	3.53	3.52	2.81	2.73	D	○
4	0.203	C	4.62	4.52	3.69	2.92	D	×
5	0.127	B	1.69	2.26	5.26	5.43	A	×
6	0.214	C	2.24	1.36	4.42	4.91	B	×
7	0.053	A	2.05	2.90	6.01	5.94	A	○
8	0.194	B	4.94	1.49	3.05	3.74	B	○
9	0.219	C	5.62	4.54	1.76	2.16	C	○
10	0.217	C	4.39	3.24	1.84	2.46	C	○
11	0.257	C	4.37	2.73	2.00	3.07	C	○
12	0.225	C	3.87	2.71	2.33	3.87	C	○
13	0.228	C	2.74	2.07	2.78	3.71	B	×
14	0.118	B	1.81	0.92	2.94	3.81	B	○
15	0.242	C	3.59	2.54	2.38	3.24	C	○
16	0.068	A	1.43	1.61	3.95	4.75	A	○
17	0.018	A	2.00	1.99	4.61	5.20	B	×
18	0.074	A	1.66	2.55	3.99	4.90	A	○
19	0.267	C	3.55	2.46	2.25	3.35	C	○

1) 表1の分類基準による実際の分類

2) 判別結果(○：正しく判別、×：誤判別)

の、評価基準で分類すれば、水分で極めて精度が高く、推定が十分に可能なAランクに分類され、灰分を含む他の成分についても推定精度が高く、実用的なBランクに分類された。

さらに繊維成分についての使用波長の帰属性の検討を行った。まずOCCは蛋白質、単少糖類、フラクト酸等からなり、使用した波長のうち1984nmは蛋白質、2348nmは脂肪に由来すると推察される^{2, 21)}。また植物体の細胞壁物質は、セルロース、ヘミセルロース（キシラン）、リグニンから構成されており、ADF、OCW、Ob等はこれらの構成物質の割合が異なるものである。そこで図14に示したようにセルロース、キシラン、リグニンの2次微分スペクトルを求めた。このスペクトルから、それぞれの成分において特異的な吸収バンドが認め

られ、また一般に確認されている波長の帰属性^{2, 21)}等からも、今回作成したキャリブレーションはこれら成分に由来する波長を用いていることが認められた。

NIRSで未乾燥試料を用いて成分を推定する場合の問題点は、測定する試料の均一化が困難なことであり、風乾物試料ほど均一にならないことが考えられる。したがって今後推定精度をさらに向上させるためには、より均一な状態が得られるような粉碎方法の検討が必要である。また、高水分試料（未乾燥試料）を用いた場合、1400nmと1900nm近辺に水の強い吸収帯が存在すると言われており^{4, 10, 21)}、この吸収帯が2000nm以降にも影響しており、帰属波長の選定における問題点の一つとなると推察される（図15）。

表9 各成分のキャリブレーション結果

成分	サンプル数	平均値	R ¹⁾	SEC ²⁾	F値	採用波長
水分	40	66.03	0.992	1.003	1231	1580, 1572, 1292, 1200
CP	39	2.39	0.957	0.212	270	2492, 2344, 1448
EE	40	0.82	0.965	0.066	254	1680, 1716, 2136, 1328
Ash	39	2.95	0.963	0.302	182	1224, 1244, 1196, 1880, 1416
CFi	40	8.14	0.958	0.327	285	2216, 2236, 1144
ADF	40	11.54	0.949	0.577	1231	2216, 2232, 2412, 2496
OCW	40	17.85	0.941	0.943	194	2268, 2284, 1784
OCC	40	13.68	0.988	1.097	777	2324, 2348, 1352, 1984
Ob	39	15.75	0.963	0.732	184	2256, 2276, 1556, 2272, 2284

1) 重相関係数 (multiple correlation coefficient)

2) 標準誤差 (Standard error of calibration)

表10 各成分のプレディクション結果

成分	サンプル数	平均値	r ¹⁾	SDP ²⁾	EI ³⁾	ランク ⁴⁾
水分	20	66.07	0.99	1.04	7.1	A
CP	19	2.38	0.98	0.19	15.2	B
EE	19	0.89	0.97	0.07	14.4	B
Ash	20	2.80	0.92	0.42	24.9	B
CFi	19	8.28	0.94	0.33	19.7	B
ADF	19	11.63	0.93	0.59	20.9	B
OCW	19	17.79	0.97	0.72	15.9	B
OCC	19	13.23	0.95	1.71	16.9	B
Ob	20	16.00	0.93	1.10	19.1	B

1) 相関係数 (correlation coefficient)

2) 推定誤差の標準誤差 (Standard deviation of prediction)

3) 推定精度の評価指数 (evaluation index)

4) 評価判定基準による分類

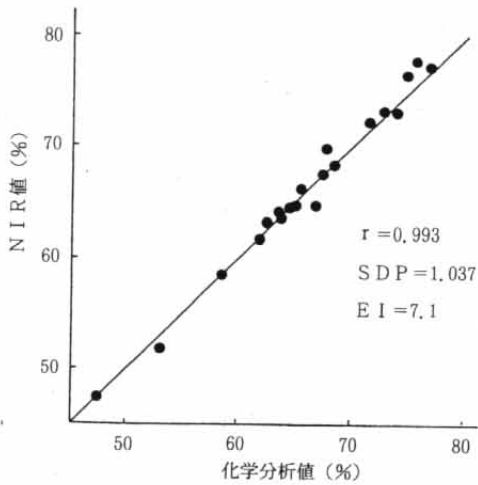


図5. プレディクションにおけるNIRS推定値と化学分析値の関係 (水分)

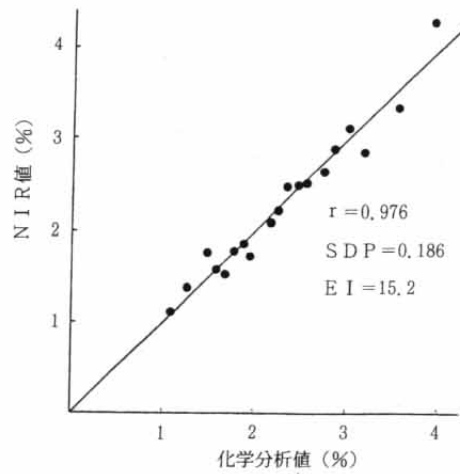


図6. プレディクションにおけるNIRS値と化学分析値の関係 (CP)

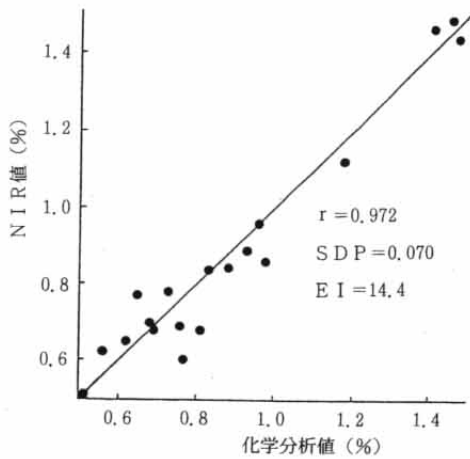


図7. プレディクションにおけるNIRS値と化学分析値の関係 (EE)

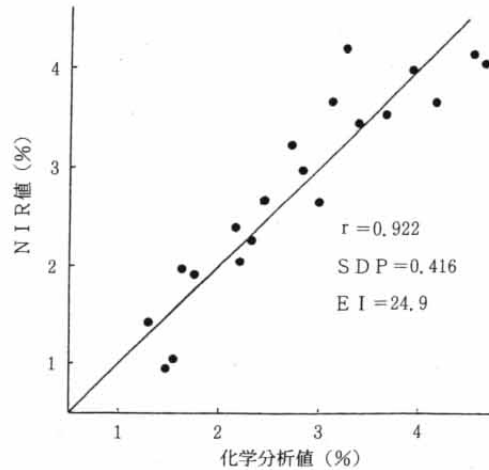


図8. プレディクションにおけるNIRS値と化学分析値の関係 (Ash)

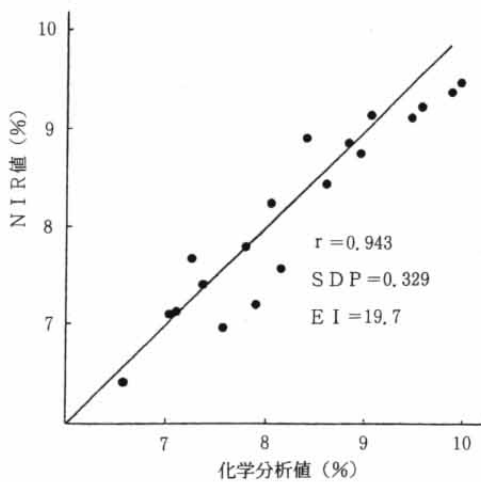


図9. プレディクションにおけるNIRS値と化学分析値の関係 (CFi)

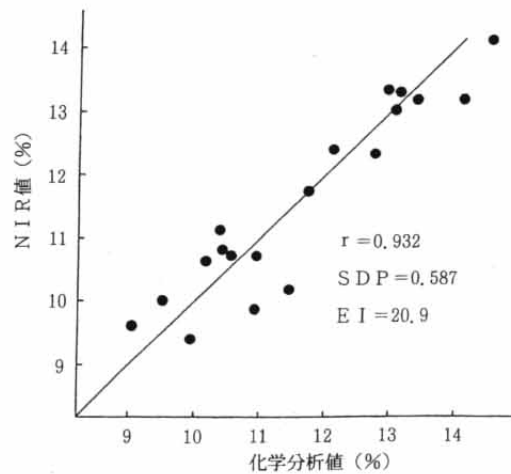


図10. プレディクションにおけるNIRS値と化学分析値の関係 (ADF)

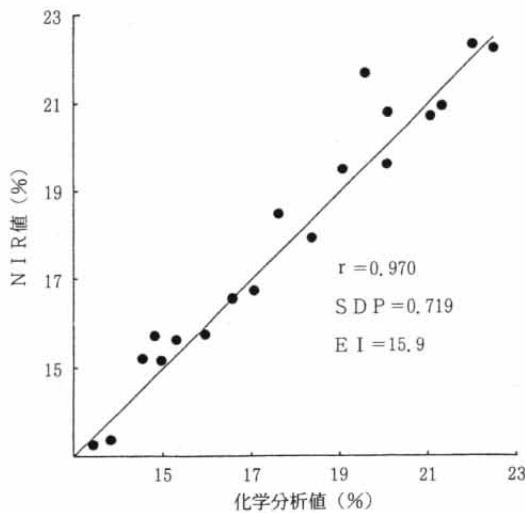


図11. プレディクションにおけるNIRS値と化学分析値の関係（OCW）

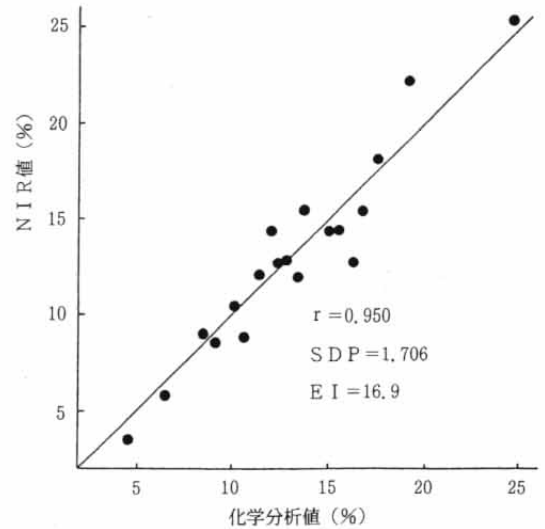


図12. プレディクションにおけるNIRS値と化学分析値の関係（OCC）

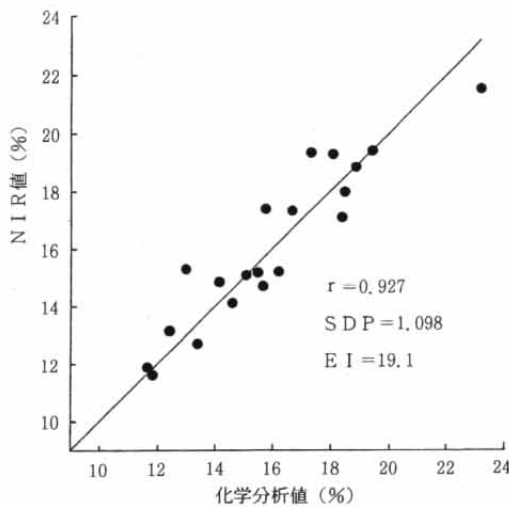


図13. プレディクションにおけるNIRS値と化学分析値の関係（Ob）

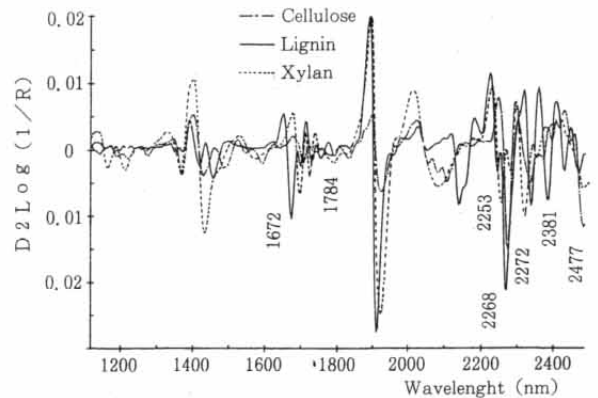


図14. 繊維を構成する物質の2次微分スペクトル

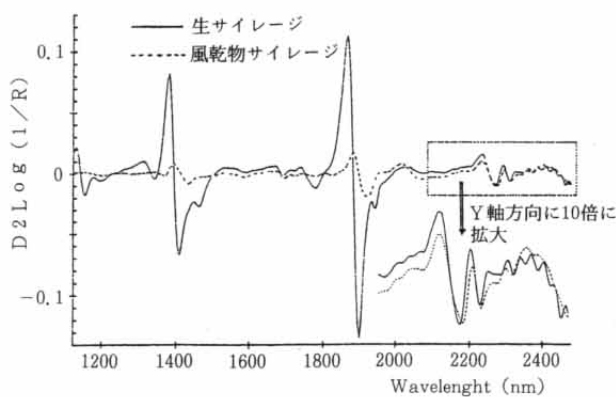


図15. 生サイレージと風乾物サイレージの2次微分スペクトル

3. 稲ホールクロップサイレージの総合評価

1) 栄養価の評価基準の設定

栄養評価はTDN, CP, CFiについて分析値の統計値（表11）と分布を考慮して、表12に示したように各項目について最高点を100点、最低点を50点とする評価基準を設定した。稲ホールクロップサイレージの場合、一般的な刈取り適期とされる¹³⁾ 糊熟期～黄熟期に収穫調整すると、各項目とも80点以上の値となり、特に刈取り適期が遅れて収穫されたものが低い点数になるものと予

表11 供試サンプルの栄養価の基本統計量

項目	平均	標準偏差	変動係数
TDN	59.31	1.38	2.33
CP	7.13	0.60	8.42
CFi	22.07	2.64	11.96

注) 各成分とも乾物中の割合

想される。

2) AHP分析による各項目の重要度の設定

AHP分析は、複雑にからみあった要素（評価基準）の中から1つを取り出すことを目的とした分析手法であるが、今回は各分析項目（評価基準）の重要度を数値的に表すことを最終目的とした。この分析手法^{14, 15)}は、まず評価基準について階層図を作成し、次にアンケート調査により各レベルについて一対比較を行う。この比較にそれぞれの分野の人の価値観が反映されることになる。今回の場合、図16に示したような稲ホールクロップサイ

表12 稲ホールクロップサイレージの栄養価評点

乾物中 (%)			配点
TDN	C P	CFi	
61以上	7.6以上	19以下	100
59~60	7.1~7.5	20~21	90
57~58	6.6~7.0	22~23	80
55~56	6.1~6.5	24~25	70
53~54	5.6~6.0	26~27	60
52以下	5.5以下	28以下	50

表13. 稲ホールクロップサイレージの総合評価基準

稲サイレージの評価基準						実際のサイレージの総合評価例					
①分析項目	②持ち点 (点)	③ウエイト (%)	④分析値の配点 (点)	⑤係数 ④÷②	サイレージNo. 1		サイレージNo. 2		サイレージNo. 3		
					⑥持ち点	点数 ⑥×⑤	⑥持ち点	点数 ⑥×⑤	⑥持ち点	点数 ⑥×⑤	
発酵品質	VCN/TN	50	18.4	18	0.36	50	18	39	14	44	16
	酢酸	10	2.7	3	0.30	10	3	3	1	4	1
	酪酸	40	10.8	11	0.28	40	8	8	2	12	3
	小計	100	31.9	32		100	32	50	17	60	20
栄養品質	TDN	100	44.0	44	0.44	100	44	70	31	90	40
	CP	100	12.1	12	0.12	100	12	90	11	80	10
	CFi	100	12.0	12	0.12	100	12	70	8	90	11
	小計	300	68.2	68			68		50		61
総合評点	(400)	(100)	100			100		67		81	

注) 持ち点：分析値より発酵品質、栄養価の基準により採点
 ウエイト：AHPによる各分析項目の重要度
 分析値の配点：各分析項目のウエイトに基づき割り振った点数

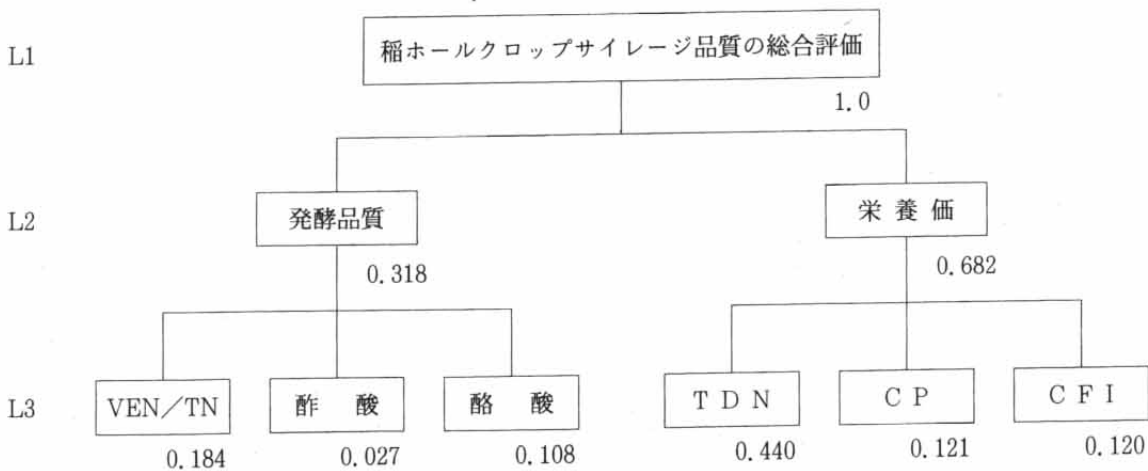


図16. 稲ホールクロップサイレージ品質の総合評価における階層図と各項目の重要度

注) 図中の数字は評価基準のウエイト レベル3 (L3) における整合度は0.036

アンケート調査用紙

AHPアンケート

稲ホールクロップサイレージの品質評価について、それぞれの項目を2つずつ組にして示してあります。各々の組のうち、より重要と思われる方について、その重要さの程度に応じて該当すると思われるところに○印をつけて下さい。

		絶 対 重 要	か な り 重 要	重 要	少 し 重 要	同 じ	少 し 重 要	重 要	か な り 重 要	絶 対 重 要								
発酵品質	9	—	7	—	5	—	3	—	1	—	3	—	5	—	7	—	9	栄 養 価
V B N	9	—	7	—	5	—	3	—	1	—	3	—	5	—	7	—	9	酢 酸
V B N	9	—	7	—	5	—	3	—	1	—	3	—	5	—	7	—	9	酪 酸
酢 酸	9	—	7	—	5	—	3	—	1	—	3	—	5	—	7	—	9	酪 酸
T D N	9	—	7	—	5	—	3	—	1	—	3	—	5	—	7	—	9	C P
T D N	9	—	7	—	5	—	3	—	1	—	3	—	5	—	7	—	9	C F i
C P	9	—	7	—	5	—	3	—	1	—	3	—	5	—	7	—	9	C F i

図17. 稲ホールクロップサイレージの総合評価法のAHPアンケート調査用紙

レージの総合評価（レベル1：L1）を設定し、その下には栄養価と発酵品質（レベル2：L2）、さらにはその下には、それぞれ栄養価と発酵品質に関する各成分（レベル3：L3）となるような階層図を作成した。次に図17に示したようなアンケート調査を実施し、それぞれのレベルにおいての重要度を算出した（図16）。つまり、L2において栄養価と発酵品質の比較では、発酵品質が32%、栄養価が68%の重みがあり、栄養価の方が重要度が高かった。次にL3においては、6成分の中ではTDNが44%と最も高く、逆に酢酸は2.7%と最も低いウェイトとなった。

次に、この各成分の重要度をもとに表13に示したよう

な総合評価基準を作成した。つまり、発酵品質関係は「新評価法」をもとに最高点を100点、栄養価関係は表12をもとに最高点を300点（TDN、CP、CFi各100点）の持ち点とし、さらにAHP分析により設定した各成分の重要度（ウェイト）に基づき持ち点を割り振り、各成分の配分点とした。したがって、この総合評価基準を用いて総合評点を算出する場合、表13の実際のサイレージの評価例に示したように、各成分の分析値を発酵品質、栄養価の評価基準により採点し、係数を掛けることにより総合評点（サイレージNo.1：総合点100点、No.2：総合点67点、No.3：総合点81点）を算出することができる。

要 約

稲ホールクroppサイレージの発酵品質評価，栄養評価のために，近赤外分光分析計の利用を検討し，さらに流通のための総合評価基準を設定した。

1 稲ホールクroppサイレージの発酵品質を評価する場合，発酵形態，嗜好性から考慮して従来のフリーク法よりも「新評価法」を用いる方が望ましいと考えられた。

2 発酵品質関係の各成分をNIRSで推定するための検量線を作成したが，必ずしも推定精度の高い検量線は得られなかった。しかし，判別分析によりサイレージ品質を大まかに分類できることが示唆された。

3 栄養評価のための各成分をNIRSで推定するために，未乾燥サイレージを用いて検量線を作成した。その精度は，各成分とも推定精度の評価指数（EI）で分類するとBランク以上となった。

4 稲ホールクroppサイレージの総合評価のため，AHP手法により各成分の重要度を算出し，総合評価基準を設定した。

謝 辞

本研究は平成3年度から平成5年度に，地域水田農業技術確立試験（国補）の中で実施したものであり，御指導，御協力いただいた農林水産技術会議，農業研究センター，草地試験場の諸先生方に深く感謝いたします。さらに，試料分析に御指導，御協力いただいた三重大学生物資源学部助教授後藤正和博士，近赤外分光分析計の利用については，ブランルーベ株式会社技術部の三浦氏，大阪支社の沼田氏，桜井氏に多大なる御協力をいただいた。ここに心より感謝いたします。

参考文献

- 1) 阿部亮(1988) : 畜試研資 2
- 2) 甘利雅弘(1990) : 畜試90~8 資料
- 3) 藤田浩三・河野幸雄・原田武典(1990) : 肉用牛研究会報 50(3)
- 4) Frank, J. F., Birth, G. S. (1982) : J. Dairy. Sci. 65(7)
- 5) 掘金彰・荒木利幸・篠田満・堀口雅昭(1990) : 第23回日畜大会 宇都宮大
- 6) 飯塚佳子・小林邦男 他(1991) : 醤油研究 17(5)
- 7) 菅民郎(1993) : 実践多変量解析, 社会情報サービス
- 8) K. Kobayashi, K. Iizuka, T. Okada and H. Hashimoto (1989) : The Second International NIRS Conference
- 9) 古賀照章・井上直人・浅井貴之・清水信也(1992) : 畜産の研究 46(7)

- 10) Lanza, E. (1983) : J. Food. Sci. 48
- 11) 水野和彦・石栗敏機・近藤恒夫・加藤忠司(1988) : 草地試験報 38
- 12) 森本宏(1971) : 動物栄養試験法
- 13) 高野信雄・由川利美・渡辺清武・柿本裕(1987) : 畜研 41(3)
- 14) 刀根薫 : ゲーム感覚意志決定法, 日科技連
- 15) 刀根薫 : AHP事例集, 日科技連
- 16) 浦川修司 他(1992) : 畜産の研究 46(10)
- 17) 浦川修司 他(1993) : 畜産の研究 47(10)
- 18) 浦川修司 他(1994) : 機械化農業 10
- 19) W. R. Dillon, M. Goldstein (1984) : Multivariate Analysis, Methods And Applications
- 20) 吉田宣夫・富田道則・武政安一・高橋哲二(1987) : 日草誌 33(2)
- 21) 草地試験場編(1987) : 草地試62~6 資料
- 22) 自給資料品質評価研究会資料(1992)

The Fermentation Quality Value and the Feeding Value
for the Rice Whole-crop Silage

Shuji URAKAWA, and Takao MIZUNO

SUMMARY

The objective of this paper is to assess the use of Near Infrared Reflectance Spectroscopy (NIRS) for fermentation quality and feeding value of rice whole-crop silage (RWCS) and it is to set total quality criterion.

1. In fermentation quality evaluation of RWCS, it is desirable to apply New Mark method than Flieg method, provided that palatability and fermentation form.
2. The 59 samples of RWCS extract were assayed for the purpose of NIRS calibration and validation. Calibration equations by NIRS were validated on 19 samples. Evaluation Index (EI) which evaluated the accuracy of prediction samples ranged from 35.0% for Butyric acid to 21.6% for addition to Acetic and Propanic acid. RWCS quality was classified 4 types in fermentation quality (total VFA) by Discriminant Analysis of NIRS.
3. The 70 samples of fresh matter were assayed for the purpose of NIRS calibration and validation. Calibration equations by NIRS were validated on 20 samples. EI which evaluated the accuracy of prediction samples ranged from 24.9% for Ash to 7.1% for Moisture.
4. We proposed the total quality criterion by AHP (Analytic Hierarchy Process) for fermentation quality to match feeding value.