

# 千葉県で生産された稲発酵粗飼料の栽培・収穫条件の実態と品質に影響を与えた要因の解析

## 〈I〉 牧草用機械体系

名取美貴・細谷 肇

Analysis of Factors Affecting Fermentative Quality  
in Whole Crop Rice Silage made in Chiba Area

〈I〉 In the Case of Harvest by Roll Balers for Grass

Miki NATORI and Hajime HOSOYA

## 要 約

千葉県において2008-2011年に生産された稲発酵粗飼料について、適切な収穫条件を明らかにすることを目的に、栽培・収穫条件及び発酵品質を解析した。本報では、予乾による水分調整が可能である牧草用機械体系を対象として解析した。牧草用機械体系で収穫された稲発酵粗飼料では、作付品種、収穫時の生育期及び乳酸菌添加の有無は発酵品質の安定性を左右する大きな要因ではなかった。また、水分含量50%未満まで予乾することで、酪酸含量が少なくVスコアにおいて良評価のサイレージが安定的に生産可能であることが明らかとなった。

## 緒 言

稲発酵粗飼料（イネホールクロップサイレージ:以下イネ WCS と表記）生産は、水田転作の中核のひとつに位置づけられ、水田農業と畜産経営の連携及び食料自給率向上を図る手段として推進されている。本県でも WCS 用イネの作付面積は2008年103ha から2011年の295ha と増加している<sup>1)</sup>。

イネ WCS を含むサイレージの発酵品質は牛の嗜好性に関わり、酪酸や酢酸含量が高いサイレージは通常の乳酸主体のサイレージと比較して採食量を低下させる要因となる<sup>2)</sup>。また、かびの発生や貯蔵性にも影響を与えるため、当センターでもイネ WCS の品質に関する研究を行ってきた<sup>3,4,5)</sup>。しかし、イネ WCS を生産利用する現地では、かびの発生による廃棄などの品質の問題が散発し、生産されたロールバールの流通など耕畜の円滑な連携を阻害するケースもあった。今後、イネ WCS の作付・利用を拡大する上では、給与上の安全性・嗜好性や廃棄量が少ないことなど安定した品質確保が重要である。

イネ WCS の品質に関しては、稲発酵粗飼料生産・給

平成24年 8 月31日受付

与技術マニュアル<sup>6)</sup>に相当とされる生産条件がまとめられ、利用する機種と予乾の有無により牧草用機械体系と専用機械体系の二つの収穫方式が挙げられている。県内では、畜産農家等に既存の牧草収穫機械を利用し、イネ WCS の収穫調製を行う事例が多く存在している。牧草用機械体系は、ダイレクトカット方式の専用機械体系とは異なり、予乾により水分調整が可能である。サイレージでは水分含量は発酵品質を左右する大きな要因の一つであるため、実際に牧草用機械体系で収穫されたイネ WCS を解析し、高品質が安定的に得られる収穫条件を明らかにする必要がある。

そこで、2008-2011年に牧草用機械体系で調製した県内産イネ WCS の発酵品質分析を行い、県内産イネ WCS の栽培・収穫条件と品質の関係について解析したので報告する。

## 材料及び方法

### 1. 供試材料

牧草用機械体系で収穫した県内産イネ WCS 計27点を県内各生産地域から収集し、併せて栽培・収穫条件などの情報を把握した。内訳は2008年産6点、2009年産8点、2010年産6点、2011年産7点である。

2. 発酵品質及び飼料成分分析

イネ WCS のサンプルは、1-2 cm 程度に細切後、70 g を採取し500ml容のポリビンに入れ250mlの蒸留水を加えて15℃の冷蔵庫中で16-24時間抽出した。抽出後、脱脂綿で濾過し、サイレージ抽出液（濾液）とした。

サイレージ抽出液の pH をガラス電極 pH メーターにより測定した。有機酸含量は、高速液体クロマトグラフィーによるポストカラム pH 緩衝化電気伝導度検出法で乳酸及び揮発性脂肪酸を定量した<sup>7)</sup>。また、揮発性塩基態窒素 (VBN) 定量を水蒸気蒸留法<sup>8)</sup>、全窒素 (TN) 定量をケルダール法<sup>9)</sup> により行った。さらに、VBN/TN 比と、酢酸、プロピオン酸、酪酸含量より V スコアを算出した<sup>8)</sup>。

3. 栽培・収穫条件に基づく集計

前項の分析値を作付品種別、収穫時の生育期別、添加剤の種類別で集計した。牧草用機械体系では予乾により水分調整されるので、サイレージ水分含量の違いとこれらの集計値の関係を中心に解析を加えた。

ただし、かびや細菌の抑制を目的に処理するアンモニア及び尿素添加は、全窒素含量が高くなること、また発酵を抑制することから、VBN/TN 及び V スコアといった発酵品質の評価基準<sup>8)</sup> にあてはまらない。このためこれに該当するサンプルは、作付品種別、及び収穫時の生育期別による発酵品質の集計では除外した。また、利用した添加剤が不明の場合は、アンモニアや尿素などの添加剤を使用した可能性もあるため、同様に発酵品質の集計からは除外した。

結 果

1. 栽培・収穫条件の実態

作付品種別のサンプル数を表1にまとめた。県内の牧草用機械体系では、主食用品種及び飼料専用品種の双方が利用されていた。飼料専用品種では、早生の「夢あおば」から晩生の「リーフスター」まで幅広く利用されていたが、主食用品種を作付する事例の方が多く、飼料専用品種は8点（約30%）にとどまっていた。

収穫時の生育期別にサンプル数を表2に集計した。黄熟期刈りが最も多かったが、出穂期から完熟期に至るまで幅広い生育期で刈り取りがされている状況であった。

添加剤別に集計したところ、無添加が最も多く、次いで乳酸菌添加が多かった（表3）。そのほかに確認できた添加剤はアンモニアが1例のみであったが、これは土の混入により不良品質となったイネ WCS に対して処理したケースであり、ロールバールを開封して堆積シートで密封してからアンモニア注入したものであった。

表1 作付品種別内訳

品種用途	品種用途別サンプル数	品 種	品 種 別 サンプル数
主 食 用	18	あきたこまち	5
		ちば28号	5
		ふさおとめ	1
		コシヒカリ	5
		不 明	2
飼 料 専 用	8	夢あおば	2
		べこあおば	1
		クサホナミ	1
		ホシアオバ	2
		たちすがた	1
		リーフスター	1
主食用/飼料専用種別不明			1

表2 収穫時の生育期別内訳

収穫時の生育期			サンプル数
出 穂	期		3
乳 熟	期		3
糊 熟	期		7
黄 熟	期		12
完 熟	期		2

表3 添加剤の種類別内訳

添 加 剤	サンプル数
乳 酸 菌	9
ア ン モ ニ ア	1
無 添 加	15
不 明	2

2. 栽培・収穫条件と発酵品質の関係

サイレージの水分含量と pH の関係について、収穫時の生育期別（図1）、乳酸菌添加の有無別（図2）に分布を示した。水分含量と pH との間には負の相関がみられ（ $r = -0.69$ ,  $p < 0.01$ ）、生育期に関わらず予乾の程度が pH の高低に影響していた（図1）。乳酸菌添加は、例数が少ないながら水分50%以上の中に pH が4.5以下まで低下している事例が認められ、逆に水分50%未満では、pH を下げる効果がみられなかった

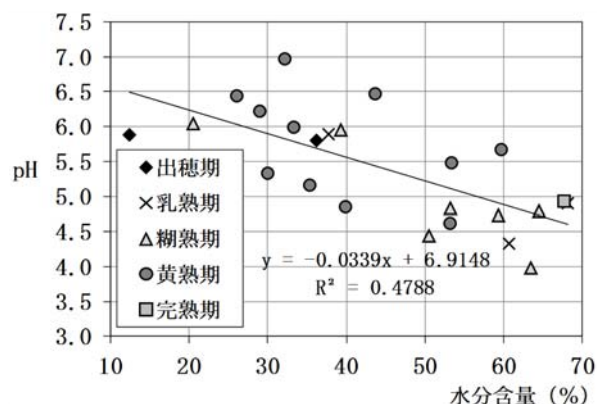


図1 収穫時の生育期別にみたサイレージ水分含量と pH の関係

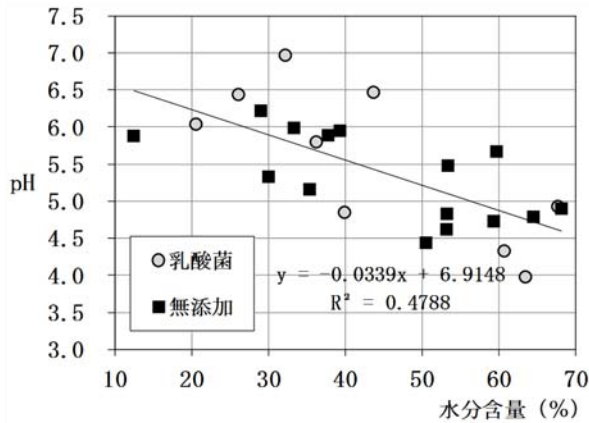


図2 乳酸菌添加の有無によるサイレージ水分含量とpHの関係

(図2)。

水分含量とVスコアの関係について、主食用品種と飼料専用品種別(図3)、収穫時の生育期別(図4)、乳酸菌添加の有無別(図5)にそれぞれ分布を示した。主食用品種及び飼料専用品種の双方とも、水分含量が50%未満では80点以上の良評価が得られており、それ以上の水分では品質にばらつきが見られた(図3)。また、生育期別に集計したところ、出穂期刈りで高品質なものが得られていたが、これらは予乾され水分含量が50%未満であった(図4)。一方で、TDN収量が最大となり適期刈りとされる黄熟期刈り<sup>6)</sup>においても、水分50%以上では不良評価のものもできていた。乳酸菌添加の有無別についても同様に、乳酸菌添加及び無添加に関わらず水分50%未満では良評価で安定し、それ以上では品質にばらつきがあったが、例数は少ないながら乳酸菌添加で高得点となったものも2例あった(図5)。しかし、イネWCSに明らかな土砂混入あるいは予乾中降雨があったケースについては、全て不良評価となった(図3、4、5の実線円及び点線円で囲ったサンプル)。

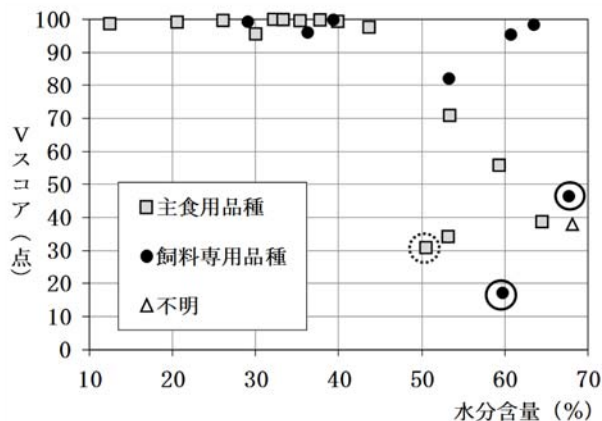


図3 飼料専用品種・主食用品種別にみたサイレージ水分含量とVスコアの関係  
○土砂混入があったサンプル  
⊙予乾中降雨があったサンプル

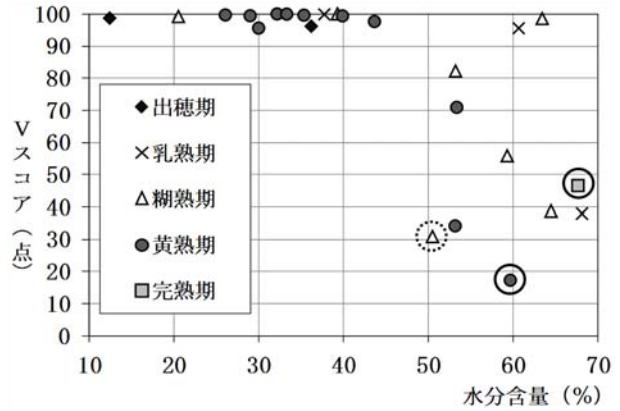


図4 収穫時の生育期別にみたサイレージ水分含量とVスコアの関係  
○土砂混入があったサンプル  
⊙予乾中降雨があったサンプル

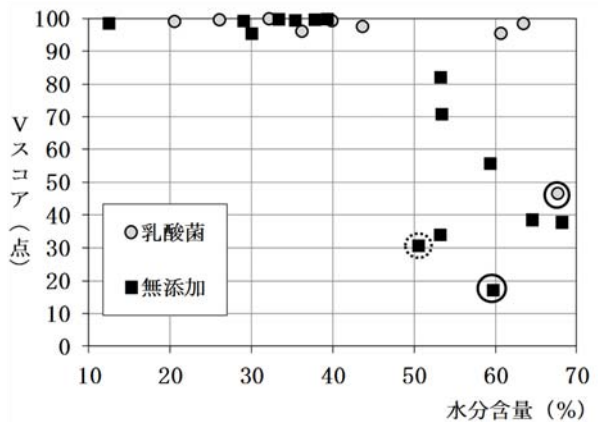


図5 乳酸菌添加の有無によるサイレージ水分含量とpHの関係  
○土砂混入があったサンプル  
⊙予乾中降雨があったサンプル

水分含量と乳酸及び不良発酵で生じる酪酸含量の関係について、生育期別(図6、7)、乳酸菌添加の有無別(図8、9)に示した。乳酸含量については、生育期別及び乳酸菌添加の有無別双方とも、分類条件の違いによる特定の傾向はなかった(図6、8)。酪酸含量は、水分が50%未満のときは0-0.02%の少ない含量で安定しており、水分50%以上では、0-0.94%で大きくばらついていた(図7、9)。また、酪酸含量についても乳酸と同様、生育期別及び乳酸菌添加の有無にかかわらず、分類条件の違いによる特定の傾向は認められなかった(図7、9)。ただし該当が2例と少ないながら、水分50%以上で乳酸菌添加したものは、土砂混入がなければ乳酸含量が高く(図8)、酪酸生成が低く抑えられていた(図9)。

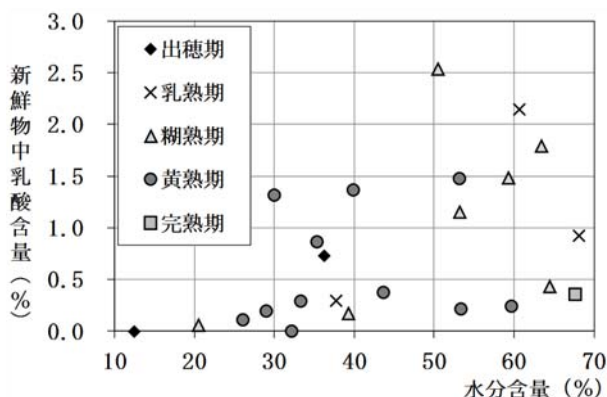


図6 収穫時の生育期別にみたサイレージ水分と乳酸含量の関係

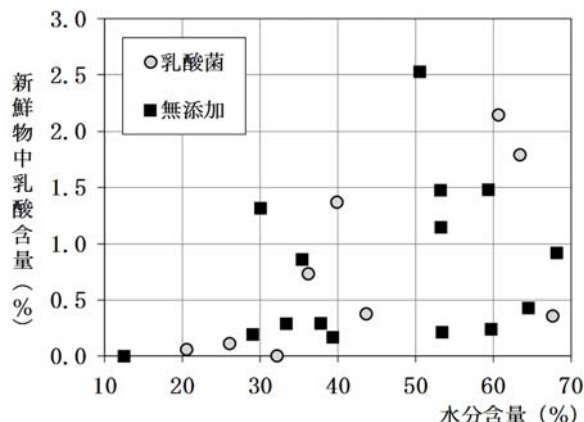


図8 乳酸菌添加の有無によるサイレージ水分と乳酸含量の関係

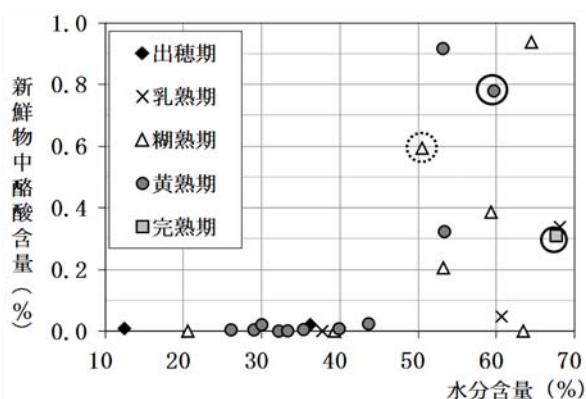


図7 収穫時の生育期別にみたサイレージ水分と乳酸含量の関係  
○土砂混入があったサンプル  
⊙予乾中降雨があったサンプル

酪酸に修正

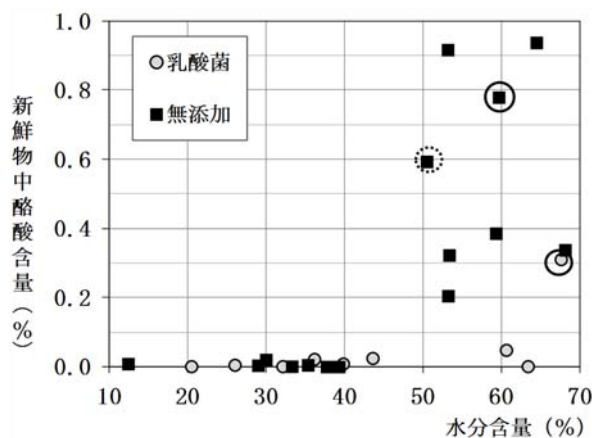


図9 乳酸菌添加の有無によるサイレージ水分と酪酸含量の関係  
○土砂混入があったサンプル  
⊙予乾中降雨があったサンプル

## 考 察

### 1. 牧草用機械体系における県内産イネ WCS の栽培・収穫条件の実態

本報告のサンプル収集の範囲では、県内では主食用品種作付の方が多く、飼料専用品種は約30%程度の利用にとどまっていた。県下には水稻の早期栽培が普及しており、水利条件として農業用水利用が早期栽培に合わせた期間に限定される管理体制が地域に定着している。このため、特に収量が高い飼料専用品種の晩生タイプは作付けしにくい状況であり、飼料専用品種の利用を制限する要因の一つとなっていることが考えられる。

また、イネは登熟が進むに伴い化学成分の組成が大きく変化し、TDN 収量が最大となる黄熟期が刈り取り適期とされている<sup>6)</sup>。しかし県内では、出穂期から完熟期までの幅広い期間で刈り取りが行われていた。これも、早期栽培向けの管理体制が定着していることにより、作業分散しにくく主食用米収穫の前に早刈りせざるを得ない状況になっていることが考えられ

る。一方、酪農家の需要として、粉の収量に期待せず繊維の消化性が高い出穂期や乳熟期での早刈りを意図的に行っているケースも認められ、このような理由から県内のイネ WCS の刈り取り時期は多様化していることが考えられた。このため牧草用機械体系において、適期刈りでなくても安定して良質なイネ WCS を得られる条件を明らかにすることが、本県の作付けの現状から必要であると考えられた。

### 2. 牧草用機械体系の県内産イネ WCS における栽培・収穫条件と発酵品質の関係

水分含量はサイレージの品質を決定づける要因として挙げられており、イネ WCS でも早刈りなど高水分条件下で収穫調製することで酪酸発酵を生じやすい。一方、材料草の水分を低下させることで、乳酸生成に関わらず酪酸発酵が抑制され、品質の良いサイレージが調製できるとされる<sup>10,11)</sup>。本研究では、水分50%未満の場合には品種や収穫時の生育期の違いに関わらず酪酸生成が抑制されており、水分50%以上と比較して品質の安定性は明らかに高かった。特に早刈りは高水

分で不良発酵しやすいとされるが<sup>11)</sup>、予乾による水分調整により良評価が得られていた。このことから、牧草用機械体系のイネ WCS では、水分50%未満まで予乾することで、収穫時の生育期に関わらず、確実に酪酸発酵を抑制できることが明らかとなった。

イネ WCS の牧草用機械体系での収穫は、一度刈り倒すために、反転・集草・ピックアップ等の作業時に土砂を混入しやすい<sup>6)</sup>。土壌中には酪酸菌が生息していることから、サイレージにおいて土砂の混入は酪酸発酵を生じやすい<sup>11)</sup>。本研究でも明らかな土砂混入が見られたサンプルでは、酪酸生成量が多くなり不良評価となっていた。また、予乾中に降雨があったイネ WCS についても、酪酸含量が高く V スコアは低くなっていた。これは、水田は水が溜まってぬかるみやすく、刈り倒したイネに降雨によって泥が付着したことが大きな原因と推測される。このため、イネ WCS への土砂の混入を防ぎ良質サイレージとするためには、刈り倒しから予乾、梱包作業まで、一貫して圃場が乾いた条件で実施することが重要であると考えられる。

また、一般に乳酸菌の添加は、乳酸生成量を高め速やかに pH を低下させることで、不良発酵を抑制して発酵品質を改善させる。しかし、本研究では乳酸菌添加による明確な品質改善効果は認められず、特に水分50%未満では、無添加及び乳酸菌添加ともに、安定して高品質なイネ WCS が調製されていた。また乳酸生成量についても、乳酸菌添加の有無による特定の傾向は見られなかった。サイレージでは、材料を低水分化することで特に酪酸菌の生育が優先的に抑制されるが、同時に微生物全般の働きが抑制されることが知られている<sup>10)</sup>。このことから、牧草用機械体系のイネ WCS では、水分含量を50%未満とすることで、乳酸菌を含むサイレージ発酵に関与するほとんどの微生物の働きが抑制され pH が低下しない状況になっていたと考えられた。このため、牧草用機械体系で水分50%未満のイネ WCS を梱包する場合には、乳酸菌添加の効果はなく、予乾による水分調整が品質を安定させる上で重要であることが明らかとなった。

以上のことから、牧草用機械体系で安定的に高品質イネ WCS を得るには、天候や圃場の条件から十分に予乾が可能な状況下において、水分含量を50%未満まで低下させることが望ましいと考えられる。自脱型コンバインで刈り倒したイネのウインドローの予乾では、晴天の場合3-4時間で10%程度水分が低下するとされ、早刈りの乳熟期刈り及び適期刈りの黄熟期刈りを14-15時に刈り倒すと、翌日12時には水分が50%未満に低下することが報告されている<sup>6)</sup>。県内で見られたケースの中で最も早刈りである出穂期の水分含量は、日本標準飼料成分表<sup>12)</sup>で75.1%であり、晴天下で1日以上予乾することで水分含量を50%未満まで低下させれば、良質サイレージを生産することが可能であると

考えられる。ただし、刈り倒したイネへの結露は水分含量を高め不良発酵の要因となるため、梱包作業は結露水が蒸散した後に実施する必要がある。

しかし、水分が50%未満でも、かびが発生するリスクは残っている。一般的に強く予乾した低水分サイレージでは高水分サイレージよりもかびの発生頻度が高いとされる。低水分サイレージのラップサイロでは、ピンホール部からかびが容易に発生し、空気侵入による飼料価値の低下は低水分サイレージほど影響が大きい<sup>13)</sup>。そのため、良質なイネ WCS を得るには水分含量を50%未満とし、かつラップフィルムの破損や、ラップ内へ空気の侵入のおそれがあるハンドリング時のロールの大きな変形に注意する必要がある。

本研究で、牧草用機械体系では水分50%未満に予乾することが有効であることが明らかとなったが、実際には十分に予乾できず50%以上となるケースも出てくることが想定される。水分50%以上では、酪酸発酵あるいは乳酸発酵が進んでいたサンプルも認められ、乳酸菌添加が効果を発揮したと考えられる V スコアが高得点の事例も存在したことから、乳酸菌が優位となるような発酵が重要であると考えられる。しかし、本研究では例数が少なく、乳酸菌の添加効果について結論を出すことは性急であるため、今後、牧草用機械体系のイネ WCS において、乳酸菌添加が効果を発揮できる条件を明らかにする必要がある。

最後に、本報告に供したイネ WCS のサンプル収集に協力いただいた県内各地域の農業事務所に感謝申し上げます。

## 引用文献

- 1) 千葉県 (2012)、千葉県農林水産業の動向 平成24年度版:55
- 2) 古川 修 (2011)、不良発酵サイレージの給与上の注意点—発酵品質を把握した給与と栄養管理—、牧草と園芸 59 (3):13-16
- 3) 細谷 肇・山田真希夫・反町 裕 (2009)、自走細断型専用収穫機で調製した飼料イネサイレージの発酵品質と長期貯蔵性、千葉畜セ研報 9:37-42
- 4) 細谷 肇・斉藤健一・反町 裕・米本貞夫 (2008)、乳酸菌と尿素添加が梱包密度の低い飼料イネサイレージの長期貯蔵性に及ぼす影響、千葉畜セ研報 8:71-76
- 5) 細谷 肇・斉藤健一・反町 裕・米本貞夫 (2008)、早場米地帯における収穫時期が飼料イネサイレージの長期貯蔵性に及ぼす影響、千葉畜セ研報 8:77-82
- 6) 全国飼料増産協議会 (2011)、収穫・調製・輸送/稲発酵粗飼料の飼料特性、稲発酵粗飼料生産・給与技術マニュアル:41-72

- 7) 渡辺晴生・堀田正樹・高梨 勝・佐藤公明 (1998)、外来雑草の混入がトウモロコシサイレージの発酵品質に及ぼす影響、千葉畜産研報 22:49-57
- 8) 自給飼料利用研究会編 (2007)、水蒸気蒸留法/V-スコア、粗飼料の品質評価ガイドブック、社団法人日本草地畜産種子協会:68、75-76
- 9) 作物分析法委員会編 (1976)、全窒素、栄養診断のための栽培植物分析測定法、養賢堂:63-67
- 10) 安宅一夫監修 (2012)、サイレージ発酵の制御、最新サイレージバイブル-サイレージと TMR の調製と給与-、酪農学園大学エクステンションセンター:24-27
- 11) 高野信雄・安宅一夫監修 (1986)、サイレージ発酵と微生物/サイレージ発酵の制御技術/サイレージの調製技術、サイレージバイブル、酪農学園出版:28-64
- 12) 独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構 (2009)、日本標準飼料成分表 (2009年版)、社団法人中央畜産会:38
- 13) 萬田富治 (1999)、ラップサイレージの品質に影響する主要因、自給飼料シリーズ No.2 ラップサイレージの調製と利用、酪農総合研究所:44-46