

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〈Ⅲ〉専用収穫機体系の機種別の解析

名取美貴・細谷 肇

Analysis of Factors Affecting Fermentative Quality in Whole Crop Rice Silage made in Chiba Area 〈Ⅲ〉 Analysis based on Different Types of Roll Baler for Paddy Rice

Miki NATORI and Hajime HOSOYA

要 約

千葉県において2008-2011年に収穫・調製された稲発酵粗飼料について、適切な発酵品質を得るための収穫条件を明らかにすることを目的に、ダイレクト収穫方式の専用収穫機体系のロールバールを対象とし、収穫機種別に発酵品質を解析した。その結果、梱包密度が低い従来型コンバイン型専用収穫機を含むいずれの収穫機種においても、水分含量が60%未満のものは黄熟期から完熟期刈りが主体で、Vスコア80点以上の良評価が安定して得られていた。一方、水分75%以上の場合はずべて出穂期刈りであり、高密度梱包の収穫機種を利用し乳酸菌製剤を添加していてもすべて60点未満の不良評価となっていた。また、フレール型専用収穫機を利用した場合には、水分60-75%となる糊熟期から黄熟期刈りで、比較的安定して高品質のサイレージが得られていた。細断型コンバイン型専用収穫機では、水分60-75%において、土砂混入・降雨・ラッピングの不備などが無い適切な条件下で乳酸菌添加による品質改善の可能性が示唆された。収穫機種により、品質が安定しやすい水分含量や乳酸菌添加の効果は異なっていた。

緒 言

稲発酵粗飼料（イネホールクropp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、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2007年以降年々増加し、2009年150haから2013年の452haまで拡大している¹⁾。

一方で、イネWCSを生産利用する現地では、かびの発生などの品質に関する問題のために苦情が発生し、ロールバールの流通などに支障が出るケースもあった。このことから当センターでは、特に劣質となった原因や高品質が安定的に得られる収穫条件を明らかにするため、県内のイネWCSの品質について解析を行ってきた^{2,3)}。

千葉県内ではコントラクターや営農組合を中心として

平成26年 8月31日受付

ダイレクト収穫方式の専用収穫機体系が普及しているが、各組織・集団で異なる機種が利用されている状況にある。これらの機種の刈り取り方式や梱包密度の違いにより、発酵品質が異なることが報告されており^{4,5)}、県内産イネWCSについても機種の違いにより、品質が安定しやすい条件が異なっていると考えられる。

そこで、2008-2011年にダイレクト収穫方式の専用収穫機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の品質について収穫機種別に解析したので報告する。

材料および方法

1. 供試材料

専用収穫機体系で収穫したイネWCS合計121点を県内各生産地域から収集し、併せて利用した収穫機種等の情報を把握した³⁾。このうち、本報では前報³⁾に準じて、乳酸菌製剤添加および無添加の場合のみを対象とし、その他の添加剤や添加が不明なものは除外した。内訳は2008年産18点、2009年産24点、2010年産19点、

2011年産21点で、合計82点である。

2. 発酵品質

イネWCSのサンプルは前報^{2,3)}と同様の方法で前処理し、サイレージの水抽出液のpH、有機酸含量、揮発性塩基態窒素 (VBN) の測定分析、サイレージの全窒素 (TN) の分析、VBN/TN比とVスコアの算出を行った。

3. 栽培・収穫条件に基づく集計

前項の分析値を収穫機種別、収穫時の熟期別、乳酸菌添加の有無別に集計し、前報³⁾と同様、サイレージ水分含量と集計値の関係を中心に解析した。

なお収穫機種は、稲発酵粗飼料生産・給与技術マニュアル⁶⁾、切断長が長く結束がトワイン方式のコンバイン型専用収穫機を従来型コンバイン型専用収穫機、設定切断長が3cmで細かく結束がネット方式のコンバイン型専用収穫機を細断型コンバイン型専用収穫機、トワイン方式のフレール型専用収穫機をトワイン式フレール型専用収穫機、ネット方式のフレール型専用収穫機をネット式フレール型専用収穫機、および汎用型飼料収穫機 (イネWCS用アタッチ) とした。

結 果

表1には、収穫機種別に分析点数をまとめた。2008年から2011年にかけて、県内では従来型コンバイン型専用収穫機、トワイン式あるいはネット式フレール型専用収穫機、細断型コンバイン型専用収穫機および汎用型飼料収穫機が稼働し、イネWCSを生産していた。

そこで、収穫機種ごとの違いを解析するため、収穫時の熟期別および乳酸菌添加の有無別に以下の各図を作成

表1 収穫機種別内訳

収穫機種	サンプル数
従来型コンバイン型専用収穫機	9
トワイン式フレール型専用収穫機	24
ネット式フレール型専用収穫機	6
細断型フレール型専用収穫機	37
汎用型飼料収穫機	6

した。

従来型コンバイン型専用収穫機 (図1) では、黄熟期刈りかつ乳酸菌添加のケースのみであったが、Vスコアにおいて60点未満の不良評価が半数以上で認められた。

トワイン式フレール型専用収穫機 (図2) では、熟期は糊熟期から完熟期刈りで分布していたが、土砂の混入が認められたサンプル2点を除き、すべて良評価であった。

ネット式フレール型専用収穫機 (図3) では、良評価だけでなく可および不良評価も含まれていたが、これらは機械のトラブルで梱包がゆるくなったロールベールであったことが確認された。

細断型コンバイン型専用収穫機 (図4) を利用した場合では、水分含量が75%以上となる出穂期刈りをしたケースが多く含まれていた。水分60-75%では、刈り取り熟期は出穂期刈りの1例を除き糊熟期および黄熟期であり、ここで80点以上の良評価となったのは乳酸菌添加のケースのみであった。無添加の多くは不可評価で80点以上は認められなかった。一方で水分が60-75%では、乳酸菌添加したケースの発酵品質は、良評価あるいは不良評価の二極化傾向があった。

汎用型飼料収穫機 (図5) では、すべて黄熟期刈りかつ無添加であったが、いずれも良評価となっていた。

以上のように、サンプルの水分含量の範囲と刈り取り熟期は、機種別に偏りが認められた。

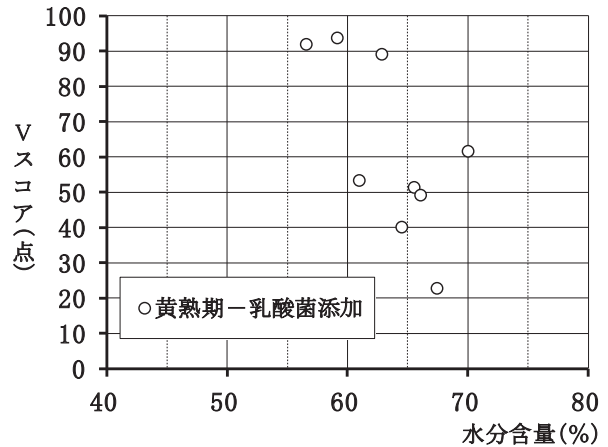
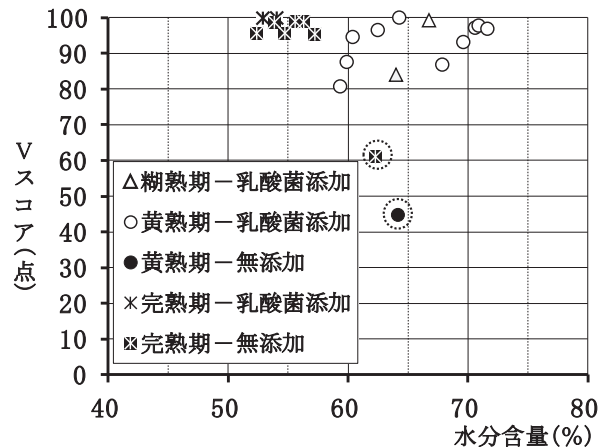


図1 従来型コンバイン型専用収穫機におけるサイレージ水分とVスコアの関係



注 〇: 土砂混入のあったサンプル

図2 トワイン式フレール型専用収穫機におけるサイレージ水分とVスコアの関係

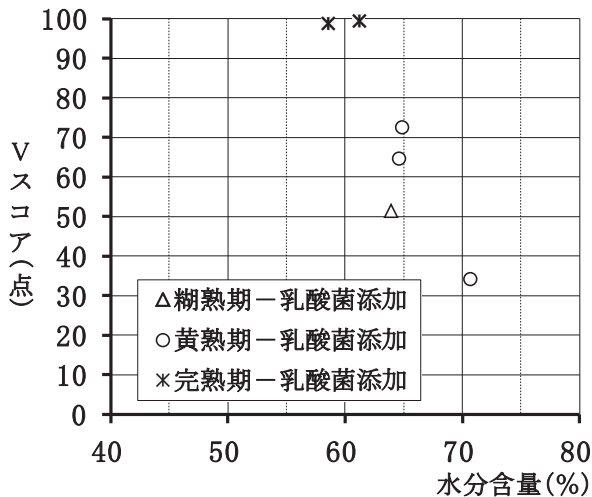


図3 ネット式フレール型専用収穫機におけるサイレージ水分とVスコアの関係

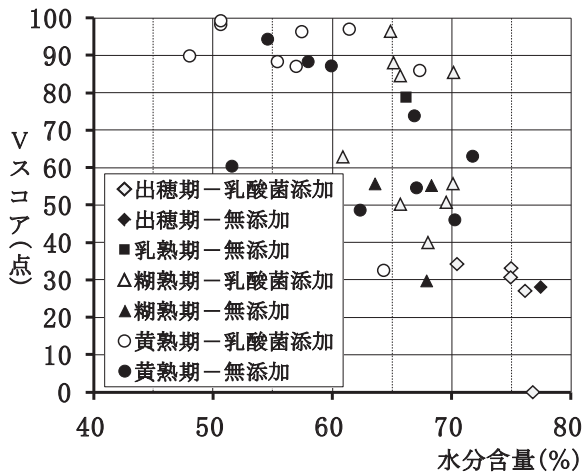


図4 細断型コンバイン型専用収穫機におけるサイレージ水分とVスコアの関係

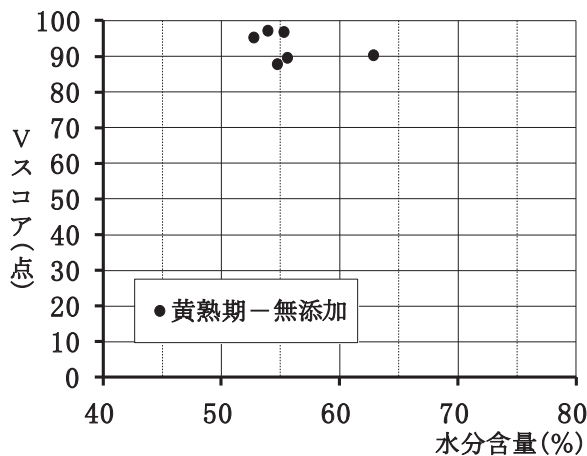


図5 汎用型飼料収穫機におけるサイレージ水分とVスコアの関係

考 察

イネWCSでは、収穫機種により梱包密度と刈り取り方式が異なり、発酵品質に影響することが確認されている^{4,5)}。2008年から2011年にかけて、県内では様々な収穫機種が稼働していたため(表1)、これら収穫機種により、発酵品質に影響を及ぼすことが想定された。

1. 従来型コンバイン型専用収穫機(図1)

従来型コンバイン型専用収穫機を利用したイネWCSは、乳酸菌添加かつ適期刈りの黄熟期刈りのみであった。しかし、Vスコアにおいて不良評価が多く、乳酸菌添加による十分な品質改善効果が得られているとは言い難い。従来型コンバイン型専用収穫機の梱包密度は100-143kgDM/m³であったとする報告があり⁵⁾、稲発酵粗飼料生産・給与技術マニュアル⁶⁾に記載されたイネWCSの良質発酵の目標値150kgDM/m³以上を下回る。また細断型コンバイン型専用収穫機やフレール型専用収穫機といった梱包密度がより高い機種と比較して、乳酸含量が低くpHが高くなることが報告されている^{4,5)}。一般にサイレージ調製では、嫌気性の確保により偏性好気性菌だけでなく乳酸菌以外の通性嫌気性菌が増殖しにくくなり乳酸菌の増殖が相対的に高まることや、乳酸菌の増殖が優先せずに乳酸生成量が少なくpHの低下が不十分になると酪酸菌が活発となる⁷⁾。従来型コンバイン型専用収穫機では、梱包密度が低いために嫌気条件を十分に確保しにくく乳酸菌による乳酸発酵およびpH低下に時間を要した。このため、酪酸菌が増殖しやすくなったことが考えられた。一方で、Vスコアの減点対象となる酪酸発酵は、水分60%以下では乳酸生成の多少にかかわらず抑制される⁷⁾。前報において、ダイレクト収穫方式の専用収穫機体系で、水分含量が60%を下回る場合、水分60%以上と比べ、安定して良評価のイネWCSが得られていたことを報告した³⁾。本研究において、水分60%未満では従来型コンバイン型専用収穫機を含むすべての収穫機種において、不良評価となったイネWCSはなかった(図1、2、3、4、5)。このことから、水分60%未満での調製は、酪酸発酵のリスクを避け高品質のイネWCSを安定生産する方法として、特に梱包密度が低い従来型コンバイン型専用収穫機で収穫する上で有効な手段と考えられる。ダイレクト収穫方式において水分含量が60%未満となる条件とは、収穫時の熟期で完熟期刈りが多いことを報告している³⁾。このため、従来型コンバイン型専用収穫機の利用で高いVスコアを得るためには、黄熟期でも後期か完熟期で刈り取るよう配慮する必要があると考えられる。

2. フレール型専用収穫機(図2、3)

前報では、専用収穫機体系において、サイレージの水分含量が60-75%では80点以上の良評価と60点未満の

不良評価の二極化の傾向があったことを報告した³⁾。一方、本報でトワイン式フレール型専用収穫機を解析したところ、水分60-75%において収穫時の熟期に関わらず多くが高品質となっていた。フレール型専用収穫機の刈り取り機構は、材料草の破碎が期待できる。装備されたフレールモアは、レシプロモアやロータリモアに比べ材料草を縦裂きできるなどイネ体の堅固な中空構造を破壊し、空隙率を減少させて残存空気を排出し、材料草汁液の細胞壁外への滲出を多く導いて調製初期の乳酸菌増殖を促進するとされる⁵⁾。またトワイン式フレール型専用収穫機の梱包密度は140-190kgDM/m³で⁵⁾、目標値150kgDM/m³以上を得られる可能性が高い。このことから、水分60-75%でも安定して高品質が得られたのは、梱包密度の高さに加え、フレールモアの性質により乳酸発酵しやすい条件が整ったためであると考えられる。前報から、ダイレクト収穫方式で水分60-75%となるのは、糊熟期から黄熟期が相当することが明らかになっている³⁾。水分75%以上のケースについて今回の調査では確認できていないため言及できないが、トワイン式フレール型専用収穫機は、糊熟期以降の刈り取りであれば、比較的品質が安定しやすいことが明らかになった。ただし土砂混入が認められた2点のみ品質が低くなっていた。高密度で乳酸発酵しやすいフレール型専用収穫機であっても土砂混入は品質を著しく劣化させることに留意が必要である。

一方、ネット式フレール型専用収穫機では、不良評価も含まれていたが、これらは収穫機のトラブルで梱包がゆるくなったロールバールであったことが確認された。メーカーの諸元表において、ネット式フレール型専用収穫機の梱包密度は150-180kgDM/m³であり、トワイン式と同等の梱包能力とフレールモアでの刈り取り部の構造を持つ。実際に良評価のものも存在したことから、ネット式フレール型専用収穫機でも、能力を十分に発揮し密度を高めることが可能であれば、トワイン式と同等の条件で安定した品質を実現可能であると考えられる。

また本報では、フレール型専用収穫機において乳酸菌添加の効果は、サンプル数が偏っており明らかにはならなかったが、イネWCSの発酵品質は乳酸菌製剤の活用により効率的に向上することが知られている⁸⁾。フレール型専用収穫機の梱包密度や刈り取り機構は、乳酸菌の増殖を促進することから、添加効果は十分に期待できると考えられる。

3. 細断型コンバイン型専用収穫機 (図4)

細断型コンバイン型専用収穫機を利用し水分含量60-75%となったサンプルでは、乳酸菌添加していても、発酵品質は良評価あるいは不良評価の二極化傾向があった。細断型コンバイン型専用収穫機の梱包密度は諸元表によれば180kgDM/m³以上で、200kgDM/m³

以上となった報告⁴⁾があることから、150kgDM/m³以上の高密度梱包が可能である。しかし、サイレージ材料としてのイネは茎部が中空構造であり、サイロ内に空気が残存しやすく、乳酸菌の生育にとって好ましくないとされる⁹⁾。細断型コンバイン型専用収穫機は、従来型コンバイン型専用収穫機に比べディスクカッタ装備の改良で細断能力が向上しており品質改善に寄与しているものの、細断しても中空構造が残り、残存した空気が品質に影響を与えると考えられている⁴⁾。フレール型専用収穫機と同等の梱包密度を有するにも関わらず、細断型コンバイン型専用収穫機の品質にばらつきが見られたのは、フレール型専用収穫機では稲体の破碎で切断面が多くなり茎葉部の空隙率が減少するとともに材料草汁液の早期滲出が乳酸菌増殖を促進するのに対し⁵⁾、細断型コンバイン型専用収穫機では中空構造中に空気が残存しやすいため、収穫調製でなんらかの不備があると品質が劣化しやすいものと考えられた。

また、水分含量が60%以上の飼料イネを細切して高密度に詰め込んでも、ただちに乳酸発酵が促進されるわけではなく、自然発酵に依存すると酪酸発酵が亢進し劣質サイレージとなる可能性が高いため、乳酸菌製剤の使用など品質改善技術を検討する必要があることが報告されている¹⁰⁾。本報の細断型コンバイン型専用収穫機で収穫したイネWCSにおいて乳酸菌添加と無添加を比較すると、水分60-75%で80点以上の良評価となったのは、乳酸菌添加のみとなっていた。以上から、細断型コンバイン型専用収穫機において水分60-75%の場合では、乳酸菌添加による品質の底上げが可能であると考えられる。ただし土砂の混入や機械のトラブルなどによる低密度の梱包、ラッピングの不備などはこの限りではなく、乳酸菌製剤の能力が適切に発揮できる条件で添加することが重要である。

本報で収集した細断型コンバイン型専用収穫機のイネWCSでは、水分75%以上で不良評価となったサンプルが多く含まれ、これらは出穂期刈りであった。また前報では、水分75%以上の場合には、乳酸菌添加をしても酪酸発酵が抑制されずVスコアが低かったことを報告した³⁾。これらから水分75%以上となる出穂期刈りでは、高密度梱包が可能な機種で、かつ乳酸菌を添加しても発酵品質の良いサイレージを得るのは難しいことが考えられた。

4. 汎用型飼料収穫機 (図5)

汎用型飼料収穫機は、高密度の梱包が可能でイネWCSの平均乾物密度は168kgDM/m³に達し、乳酸菌添加なしでも良好な発酵品質と1年の長期貯蔵が可能な機種として開発者から示されている¹¹⁾。本研究での汎用型飼料収穫機のケースでは、すべて無添加であったが良評価のみとなっており、これまでの報告と合致していた。また、ほとんどのサンプルが水分60%未満と

なっていたことも、酪酸発酵を抑制し高品質に寄与したと考えられる。水分含量が60%以上の場合は1点のみであったが、水分含量が62%で乳酸菌添加なしでも安定して高いVスコアが得られたとの報告があることや¹¹⁾、細断型コンバイン型専用収穫機において水分含量が60%以上の無添加のケースでは80点以上の良評価が得られていなかったことから、汎用型飼料収穫機は他機種と比較して高品質のイネWCSが得られやすいことが示唆された。

以上より、現地で生産されたイネWCSを解析した結果、収穫機の梱包密度と刈り取り機序、収穫時の熟期、水分含量が相互に関わりながら、発酵品質に影響を与えていた。特に収穫機種別に、品質が安定しやすいイネWCSの水分含量や乳酸菌添加の効果は異なっていた。これらの結果は、今後安定した品質のイネWCSを生産する一助になると考えられる。

最後に、本研究に供したイネWCSのサンプル収集に協力いただいた各農業事務所の担当者に感謝申し上げます。

引用文献

- 1) 千葉県 (2014)、千葉県農林水産業の動向 平成26年度版:47
- 2) 名取美貴・細谷 肇 (2012)、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、千葉畜七研報12:43-48
- 3) 名取美貴・細谷 肇 (2013)、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〈Ⅱ〉専用収穫機体系、千葉畜七研報13:55-59
- 4) 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、千葉畜七研報9:37-42
- 5) 百瀬義男・原 拓夫・土屋 学・袖山栄次・渡辺晴彦 (2006)、飼料イネロールペールサイレージの発酵品質に及ぼす刈取方法の影響、日草誌51 (4):408-441
- 6) 日本草地畜産種子協会編 (2012)、収穫・調製・輸送、稲発酵粗飼料生産・給与マニュアル平成23年度版、社団法人日本草地畜産種子協会:52-77
- 7) 安宅一夫監修 (2012)、サイレージ発酵の原理/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:16-27
- 8) 蔡 義民 (2003)、飼料イネサイレージ調製用乳酸菌の開発、畜産の研究57 (8):19-24
- 9) 永西 修・四十万谷吉郎 (1998)、稲ホールクroppサイレージの発酵特性、日草誌44 (2):179-181
- 10) 河本英憲・山口弘道・小松篤司・田中 治・押部明德 (2009)、飼料イネのサイレージ発酵に及ぼす細切・高密度詰込みの影響、日草誌54 (4):323-327
- 11) 橘 保宏・志藤博克・川出哲生・高橋仁康・岡嶋 弘・北中敬久・正田幹彦・古田東司・和田俊郎・安藤和登 (2011)、汎用型飼料収穫機の飼料イネ収穫機能の開発、日草誌57 (1):21-26