

飼料イネによる サイレージ（発酵粗飼料）の生産

狂牛病の発生から注目を集め始めた「飼料」。消費者の健康・安全指向が高まる中、当然飼料についても今後さらなる展開が予測されます。今回はその中でも将来性が有望な稲の発酵粗飼料化について特集します。

はじめに

今年の狂牛病、昨年の口蹄疫の相次ぐ発生は、畜産関係業界を中心に極めて大きな経済的影響を与え、国民生活の健康面、安全面にも大きな問題を投げかけています。感染源は海外からの輸入飼料であろうと推測され、安全な国産飼料の確保が畜産農家にとって切実な課題となっています。このような中、イネを飼料向けに栽培し、籾を含む茎葉全体を利用する飼料イネは、夏場に雨の多いわが国の気象条件や湿田に適した飼料作物として、その生産・利用の大幅な拡大が大いに期待されています。

主食用の米生産は、需給安定のため100万haを超える生産調整が実施され、一方、食料・農業・農村基本計画の大きな柱である食料自給率の向上を図るには、国産飼料の大幅な生産拡大が不可欠です。したがって、水田における飼料イネの栽培は、水田農業の振興と国産飼料基盤拡大の両面から極めて有効であり、また、水田の耕作放棄防止や資源の有効活用からも大いに注目されています。

ラッピングされる飼料イネ



食料・農業・農村基本計画に基づき、食料自給率の向上を図るためには、粗飼料を利用する大家畜生産において、これまで以上に自給飼料の利用を推進することが重要な課題となっています。

1. 品種

(1) 飼料イネ品種の育成

現在、国や都道府県農業試験場では飼料イネ品種の育成が進められています。これまでに茎葉重量が重く穂の大きい品種としてホシユタカ、くさなみ、はまさり等が育成されています。さらに飼料イネ専用系統として北陸168号、関東飼206号、中国146号、中国147号が育成され、早急な利用・普及が期待されています。これら品種の飼料価値は一般の飼料作物並みの可消化養分(TDN)含量を示し、優良な飼料作物と認められています。なお、新しく育成された飼料イネ系統の概要を本誌のPART-2に掲載しましたので参照下さい。

表1 飼料イネ向け品種の概要

品種名	適地	長所
ホシユタカ	温暖地・暖地の平坦地	極晩生で、茎葉収量が高い。長粒で識別性が高い。
はまさり	温暖地・暖地の平坦地	極晩生で、茎葉収量が高い。無毛・無ぼう性。
くさなみ	温暖地・暖地の平坦地	極晩生で、茎葉収量が高い。無毛・無ぼう性。



（２）品種の選定

品種の選定に当たっては、高いTDN収量を確保するため、地域の気象条件等に適した飼料イネ品種を選定することが基本となります。ただし適当な飼料イネ品種がない場合、地域で栽培されている食用品種の中から飼料イネとして望ましい特性、例えば多収性、耐倒伏性、耐病害虫性等の優れた品種を選定します。

２．低コスト栽培技術

飼料イネの栽培は、基本的には食用品種の栽培と同様ですが、直播栽培をはじめとする省力・低コスト化技術を積極的に導入し、生産コストの削減を図ることが重要です。

（１）直播栽培

直播栽培は、水田に湛水して播種する湛水直播と、播種時に湛水しない乾田直播に大別され、さらに、播種方法も多様であり、品種の耐倒伏性や作業面積、圃場区画、保有機械などを考慮して選定します。

湛水直播には、散播、条播、点播などの播種方法があります。散播は作業能率は高いですが、播種深度が浅く鳥害、倒伏の危険性があります。右上の写真は、新しく開発された点播湛水直播機であり、播種深度が比較的深く株状に生育するので倒伏には強いのが特徴です。

また、乾田直播には、耕起乾田直播や不耕起乾田直播などの播種方法があります。右中の写真は、新しく開発された耕起乾田直播機であり、ロータリーの後に施肥機、作溝装置、播種機を装着し溝底に播種するもので作業性が高く苗立ちも良好です。

播種期は、地域の気温の推移等を考慮して設定します。湛水直播では、わずかに芽の出た催芽種子を平均気温が15以上の時期に播種するのが一般的です。また、乾田直播では無催芽種子を平均気温が12～13以上の時期に播種します。

代かき同時土中点播湛水直播機



点播機としては、最近開発された代かきをしながら鋸歯型の打ち込み装置で種子を加速して土中に播種する代かき同時打込み式播種機がある。

作溝装置付耕起乾田直播機



作溝播種技術に用いられる作溝播種機としては、作溝装置付き耕うん施肥播種機が用いられる。これは、ロータリーまたはロータリーハローに施肥機、作溝装置、播種機を装着した条播機である。

育成中の飼料イネの立毛状況



(2) 省力的栽培管理

飼料イネの栽培では、子実の他、茎葉も含めた全体収量の大幅な増大を図る必要があります。施肥は一般の食用イネより多肥とし、かつ基肥重点の施肥法とします。なお、飼料イネは茎葉も含めて収穫するので、わらなどの有機物の圃場への還元が不十分となります。稲作農家は畜産農家との連携を図り、堆肥等の有機物の施用に努めることが大切です。

水管理の基本は、食用イネと同様ですが、飼料イネは成熟前の黄熟期に収穫するため、落水時期を早める必要があるなど、用水利用期間が異なります。飼料イネ作付け水田の団地化を図ることは、省力的栽培管理上の重要な対策です。

[飼料作物用作業機体系]

ロールベアラによる収穫・梱包作業



資源の循環や持続性の高い農業生産方式の確立という観点からも、稲発酵粗飼料の生産・利用による耕畜連携を通じて、畜産堆肥の水田への還元など有機質資源のリサイクルシステムを構築することが必要です。

3. 収穫・サイレージ作成技術

(1) 収穫時期

稲の乾物収量及びTDN収量は、熟期が進むにつれて増加する傾向にあります。成熟期に収穫した飼料イネは牛の嗜好性が劣り消化率が低下するため、籾米が軟らかい糊熟期から黄熟期、特に黄熟期が飼料イネの収穫時期として適しています。熟期の判定に当たっては、出穂後の日数（一般的には出穂後30日頃）、穂の熟色等（籾の色が黄色又は褐色、米は

蠟状で、爪で容易に破碎可能）を目安とします。ただし、稲の登熟は高温多照条件下では促進され、低温少照条件下では遅延するので、登熟期の気象経過に注意します。

(2) 収穫並びにサイレージ作成作業機体系

乾田の場合や収穫時期が比較的天候に恵まれ機械走行条件が良好な場合には、畜産農家で一般的に利用されている飼料作物用の収穫・サイレージ作成作業機体系が利用できます。

モアによる刈り取り作業



稲発酵粗飼料は、夏場に雨の多い我が国の気象条件や湿田に適応した飼料作物として、水田農業の振興と自給飼料基盤の拡大に有効な作物として期待されています。

ベールラップによるラッピング





一方、湿田や天候不良な場合には、最近開発・市販された稲発酵粗飼料専用の収穫・サイレージ作成機械を利用すれば、軟弱な圃場における飼料イネの収穫作業も十分可能です。

収穫作業（ダイレクトカット・梱包）



[稲発酵粗飼料専用収穫機械体系]

自走式ロールラップによるダイレクトキャッチ



収穫・調製については、飼料作物用収穫機械によるロールベールラップ技術が利用できるほか、軟弱ほ場でも作業可能な専用カッティングロールベラが実用段階となって市販されている。

自走式ロールラップによるラッピング



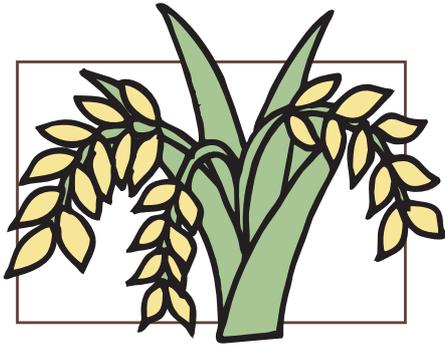
(3) 良質なサイレージを作成するための留意点

良好なサイレージ発酵には、水分含量が特に重要であり、飼料イネでは水分含量65%以下で良好な発酵を示すとされています。飼料イネの収穫期である黄熟期の水分含量はほぼ65%以下であるため、ダイレクトカット収穫が可能です。

梱包に際しては、材料中への空気侵入を少なくすることがポイントであり、梱包密度を高めるよう作業を行います。

[参考資料等]

1. 稲発酵粗飼料生産・給与技術マニュアル 稲発酵粗飼料推進協議会 平成13年1月。
2. 日本型直播稲作導入指針 農林水産省農業研究センター 平成9年6月。
3. 本文中の写真は、上記1, 2の資料から転載。



期待される 飼料イネ系統の紹介

一穂粒数が多く極多収の飼料イネ系統

「中国147号」



来歴

独立行政法人農業技術研究機構近畿中国四国農業研究センター（旧中国農業試験場）において、「多収系175」を母、「アケノホシ」を父とした交配組み合わせから育成された飼料イネ系統です。地上部全体の収量は一般の品種に比べ20%程度多収であり、低コスト生産が可能です。

主要特性

1. 草丈は高いが、茎が太く倒伏し難く、極多収である。
2. 一穂に着く粒数が非常に多く、立毛では一般品種との識別性がある。
3. いもち病、縞葉枯病及び白葉枯病に抵抗性である。
4. 「アケボノ」並みの熟期で、関東以西の平坦部ないし中山間地での栽培に適している。

大粒で極多収の飼料イネ系統

「北陸168号」



来歴

独立行政法人農業技術研究機構中央農業総合研究センター北陸研究センター（旧北陸農業試験場）において、「中国105号」を母、「北陸130号（後のオオチカラ）」を父とする交配組み合わせから育成された飼料イネ系統です。籾を含む茎葉全体の収量が大きいため、飼料イネに適しています。大粒であるため一般品種との識別性があります。

主要特性

1. 一般品種に比べ収量が10%以上多く、極多収である。
2. 大粒で玄米品質が劣り、一般品種との識別性がある。
3. いもち病に強いが、障害型の冷害には弱い。
4. 東北南部、北陸及び関東以西の地域での栽培に適している。



飼料イネは、イネを飼料向けに栽培し、籾を含む茎葉全体を収穫・利用するため、米のみを利用する一般の主食用品種とは重視する特性が大きく異なります。すなわち、主食用品種では玄米の品質や食味が最も重視されますが、飼料イネ品種では籾を含む茎葉全体の単位面積当り重量が大きいことが最も重要となります。ここに紹介する4系統は、平成14年度以降に本格的な普及が期待される飼料イネ専用の有望系統です。

無毛性で極多収の飼料イネ系統

「関東飼206号」



来歴

独立行政法人農業技術研究機構作物研究所（旧農業研究センター）において、「アケノホシ」を母、「中国113号」を父とする交配組み合わせから育成された飼料イネ系統です。草丈、穂ともかなり長いにもかかわらず、倒伏に強く、極多収品種「ホシユタカ」、「はまさり」に比べ明らかに多収です。

主要特性

1. 草丈は高いが、倒伏に強く、一穂籾数が著しく多く、極多収である。
2. 葉や籾に毛が無い無毛性である。
3. いもち病には真性抵抗性遺伝子を持ち、縞葉枯病にも抵抗性である。
4. 関東以西の地域での栽培に適している。

大粒で極多収な中山間地向きの飼料イネ系統

「中国146号」

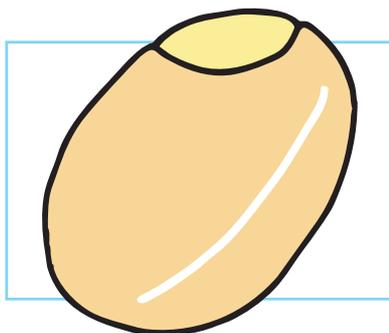


来歴

独立行政法人農業技術研究機構近畿中国四国農業研究センター（旧中国農業試験場）において、「多収系174」を母、「北陸130号（後のオオチカラ）」を父とした交配組み合わせから育成された飼料イネ系統です。籾及び玄米が大粒であるため、一般品種との識別が容易であり、地上部全体の収量は15%程度多収になります。

主要特性

1. 草丈は高いが、茎が太く倒伏し難く、極多収である。
2. 籾・玄米が大粒であり、一般品種との識別性がある。
3. いもち病、縞葉枯病に抵抗性である。
4. 育成地の普通期栽培では「日本晴」並みの熟期で、東北南部以西で栽培でき、温暖地域では中山間地での栽培に適している。



米の音を聴く

京都大学大学院農学研究科
地域環境科学専攻
農産加工学研究室 教授

池田 善郎

はじめに

農業機械では、音はネガティブなものとしてどちらかといえば排除すべきものとして取り扱われてきた。しかし、別の観点からは、機械の発する音には、機械自体の状態やそこで処理されている物体の状態の情報を含んでいるのではないかとの見方も可能である。今回は、精米中に発せられる音が精米の進行状況を反映しているのではないかとの見方をした場合について、基礎的な実験データの解析方法とその結果の一部について述べることにする。

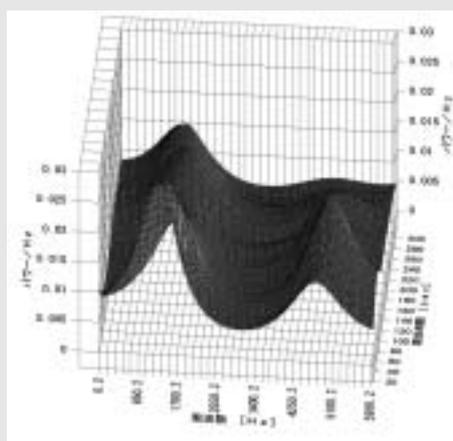
実験方法

精米には、株式会社サタケ製研削式テストミルTM50を使用した。研削砥石は、#30、#36、#40及び#46の4種類で、ロール回転数は1325rpmに固定、精米時間は1分から5分まで1分刻みに設定した。精米実験は、停止状態の精米機に

200gの玄米(水分15%w.b.)を投入し、精米開始と同時に音声の収録を開始した。精米音の収録は、コンデンサーマイク(Sony製、ECM-66B、周波数特性70Hz~14kHz)を、玄米試料投入口直上約10mmに吊り下げて、各精米条件で、5秒毎に5秒間行った。

データ処理方法

精米音は44.1kHzのサンプリングレートで16bitのデジタル値として取り込んだ。音声信号のスペクトルは、最大エントロピー法(MEM)で推定した。広く使われているFFTを使用しなかった理由は、MEMではスペクトルが関数形で与えられる



1.5kHz付近のパワーのピークが、時間とともに変化していく様子がみられる。

図1 パワースペクトルの時間的変化(5分間精米)

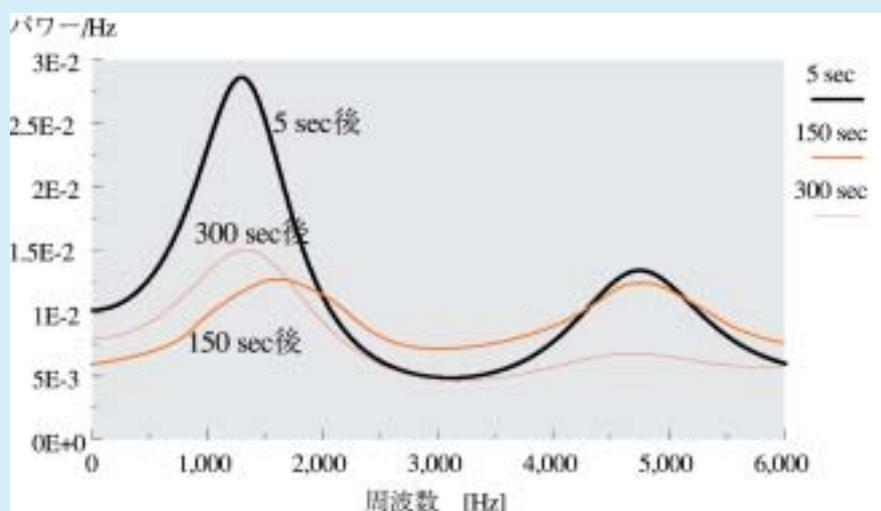


図2 スペクトルピークの時間的変化

ため滑らかな曲線になるからである。したがって、最大パワーを示す周波数の検出が比較的容易に行われる。

結果

パワースペクトルの時間変化

図1に精米時間の経過とともに変化する推定スペクトルの一例を示す。収録した音声は5分間精米時のものであり、使用した精米砥石は#36である。1.5kHz付近のパワーのピークが、時間とともに変化していく様子が見られる。図2は、精米開始



後5、150及び300秒後のスペクトルを示しているが、1.5 kHz近辺で最大パワーを示す周波数が変化していることがわかる。

最大パワーを示す周波数の時間変化

図3は、5分間精米時の音声信号の最大パワーを示す周波数の時間変化を示したものである。精米開始後の約50秒間で1.3 kHzから1.6 kHzまで上昇し、以後精米の進行とともに周波数は低下する傾向を示し、5分後には1.3 kHzに低下する。精米の進行とともに米粒の形状が変化し、音声発生メカニズムが変化した結果と推定されるが詳細は今後の検討課題としたい。

精米歩留まりとの関係

今回の実験では、精米時間は1分から5分の5種類を設定し各実験の終了時に歩留まりを測定した。これらの歩留まりと5分間精米時の音声信号の最大パワーを示す周波数との関係は図4のようになる。歩留まりが約95%から65%に変化する間に、周波数は1.65 kHzから1.35 kHzに低下することがわかる。直線で回帰すると、かなり良好な相関関係が得られ、精米音声の周波数解析で精米工程の進捗状況の推定が可能と考えられる。ただし、今回この関係での周波数は、精米時間を変えた実験での周波数ではないので、より定量的な関係を求めるためには各精米時間での精米終了時の騒音信号の周波数を用いるべきであろう。

おわりに

今後、実験回数を増やすとともに集音装置を併用し機械固有の音を遮断して、精米機外部からのより純粋な精米音の収録を実現すること、精白室内部も含めたマイクロフォンの最適設置個所の検討が必要である。また米の品種、含水率等も精米音声に影響する因子と考えられるので、これらの影響の検討も行いたいと考えている。

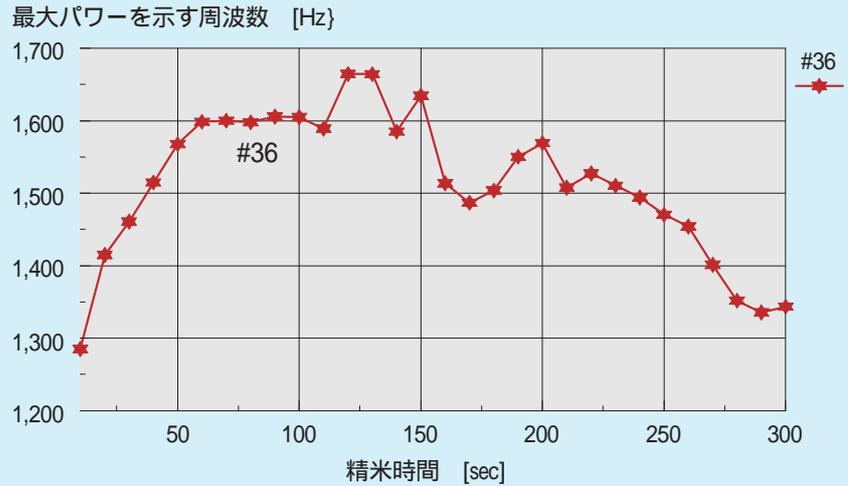


図3 最大パワーを示す周波数の時間変化

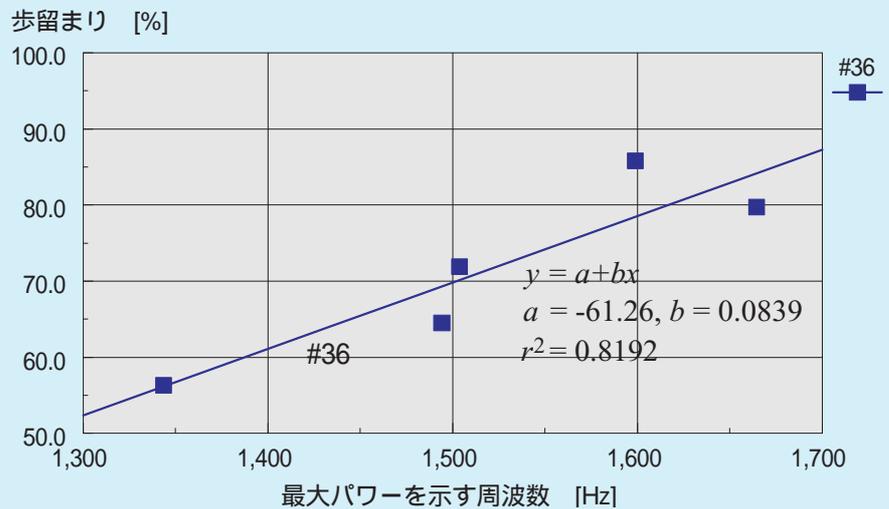


図4 最大パワーを示す周波数と精米歩留まりの関係

謝辞

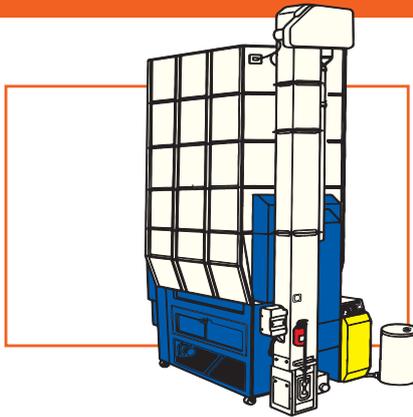
本稿をまとめるに際して使用したデータは、本学農産加工学研究室西津貴久助手、学部学生明石聡一郎君、タンタ大学(エジプト)農学部農業工学科タレク・フォウダ講師の実験によるところが大きかったことを付記し、感謝するものである。

「機械の発する音には、多くの情報が含まれている。」と音研究の重要性を語る池田教授。

池田 善郎 (いけだ よしお)

京都大学大学院 農学研究科 地域環境科学専攻 農産加工学研究室 教授。農学博士。数多くの論文を発表し、農業機械の分野で幅広く活躍、第一線を引っ張ってきた一人。日本の農業技術発展に全力を注ぐ。





マジックドライヤーの遠赤外線放射効果

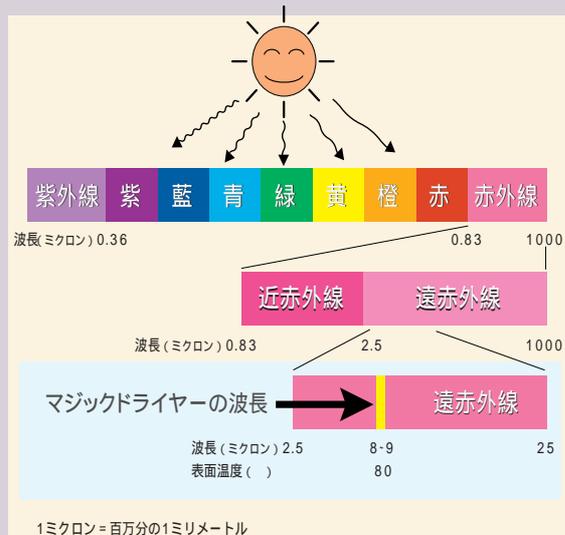
遠赤外線乾燥機が爆発的ブームを生む中、フレンドリー方式の遠赤外線効果はどのように作用するのか。今回は、マジックドライヤーの遠赤外線放射効果について科学的に分析しました。

はじめに

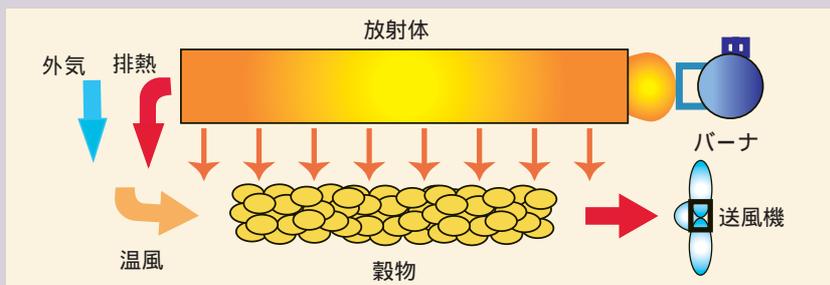
物質を加熱すると遠赤外線を含む電磁波を放出します。遠赤外線の放射効果は、ヒータ、調理、治療など様々な活用されており、近年は農産物乾燥への利用が注目されています。1994～1998年、生研機構を中心に井関農機、金子農機、サタケ、静岡製機、山本製作所の5社で遠赤外線乾燥機共同開発事業が実施され、1999年頃から市場での販売を開始しました。当社は独自に、低温・高速・省エネを実現した超高速乾燥機“マジックドライヤー”を発表しました。今回は“マジックドライヤー”の遠赤外線放射効果についてまとめました。

遠赤外線の効果
遠赤外線の波長の中でも特に2.5～25ミクロンの部分は物質に当たると吸収され、物質の分子や結晶格子の振動を促進し、熱を発生させます。つまり遠赤外線は、物を内部から暖めるのです。

マジックドライヤーと遠赤外線
マジックドライヤーの加温管表面からは8～9ミクロンの波長の遠赤外線が放射されており、穀物をゆっくり、やさしく暖めます。



遠赤外線乾燥機



熱風乾燥機

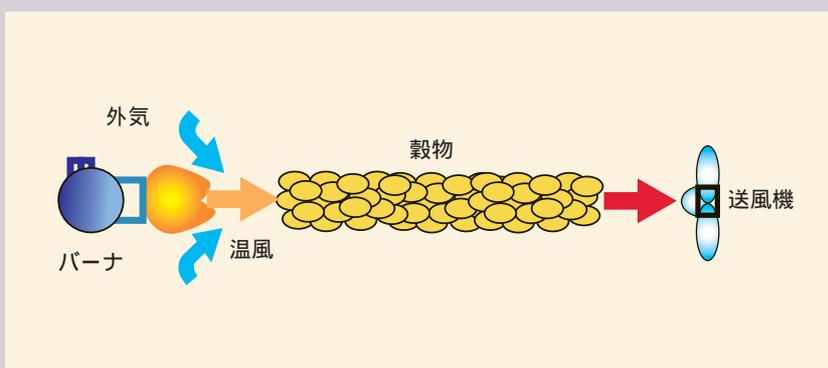


図1 熱風乾燥機と遠赤外線乾燥機の熱エネルギーの流れ

遠赤外線乾燥法の概要

従来の熱風乾燥機は、灯油バーナから発生する熱風を直接的に乾燥に利用しています。一方、遠赤外線乾燥機は、灯油バーナで放射体を加熱した時に発生する遠赤外線の放射エネルギーも利用しています。図1に熱風乾燥機と遠赤外線乾燥機の熱エネルギーの流れを示します。遠赤外線乾燥機の乾燥部では、熱風による対流加熱と遠赤外線放射の両効果が作用するため、従来の熱風乾燥機より効率がよく、省エネルギーとなります。遠赤外線乾燥機の乾燥性能は、従来の熱風乾燥機と比較して同等以上、あるいは乾燥速度30%アップ(条件による)で、燃料消費量は3.4～10%低下、消費電力は23.4～30%低下、騒音レベルは3～4db程度低下するなどの効果があります。



マジックドライヤーの特徴

マジックドライヤーの特徴は、テンパリングタンクと脱水部の間に遠赤外線放射体となる加温管が千鳥格子状に設置してあり(図2参照)、脱水する前に穀層内に貫通する加温管で穀物を加温するという仕組みになっています。バーナから発生した温風が加温管内を通過するとき、加温管の外表面が80℃前後に到達し、加温管表面から遠赤外線が放射されます。循環する穀物が加温部で加温管外壁に沿って流下する際、加温管に接近した穀物は、対流・伝導及び放射の3つの方法で加温されます。

マジックドライヤーの遠赤外線放射効果

遠赤外線による加温効果は、穀物と放射体間の距離、放射を受ける時間、放射体の面積・温度によって異なります。マジックドライヤーと当社試作の通常遠赤外線乾燥機との比較結果を図3に示します。マジックドライヤーは遠赤外線乾燥機に比べ、放射を受ける時間が3倍、放射体の表面積が4倍、1循環に受ける熱放射量が大幅に増加しました。以上より、加温部の遠赤外線放射効果は、マジックドライヤーの高速・省エネ・良食味につながる要因の一つと考えられます。

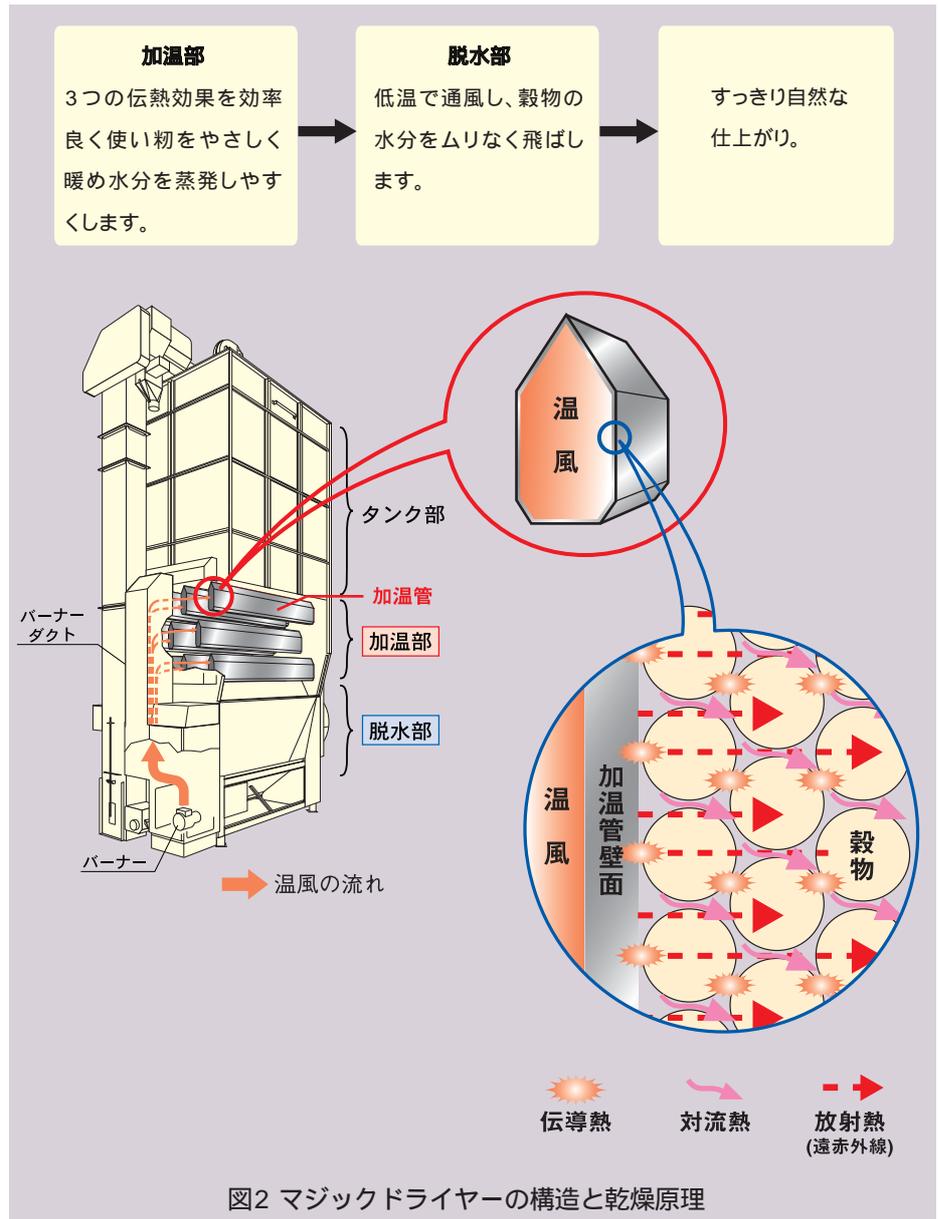
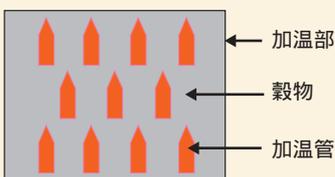


図2 マジックドライヤーの構造と乾燥原理

マジックドライヤー



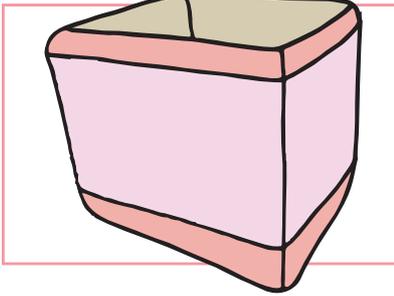
遠赤外線乾燥機



項目	マジックドライヤー-加温部	遠赤外線乾燥機乾燥部
乾燥方式	加温部を設けた乾燥方式	遠赤外線乾燥方式
最大処理量	籾 4500(kg)	籾 4300(kg)
加温部容量	1275(kg)	-
放射乾燥部容量	-	351(kg)
循環時間	46(分)	46(分)
放射を受ける時間	4.4(分)	1.5(分)
放射体の面積	14.0(m ²)	3.5(m ²)
加温(放射)体平均温度	80(℃)	320(℃)
平均放射距離	1.0(mm)	257.0(mm)

図3 マジックドライヤーと遠赤外線乾燥機(当社試作機)の比較

自動ラックシステムの多目的利用



近年、食管法の改定で米の自由化が進み、産地間の競争が激しくなり、より良食味米の生産が求められるようになりました。サタケでは自主検定装置、食味計、米質計といった品質検査機器を組み込んだ次世代型のラックシステムを開発し、コンテナごとの完全な品質管理を可能にしています。また、次世代ラックシステムは、穀物以外の農産物の乾燥も行えるため、多目的利用が可能となり、施設利用日数の拡大と低コスト化を図ることができます。

操作



① **メインCPU**
荷受・乾燥・排出操作はこのCPUで全て行うことができます。

荷受



② **荷受ホッパー**
荷受は、フレコン、パラ、コンバイン袋等で行います。

コンテナ・分散機投入

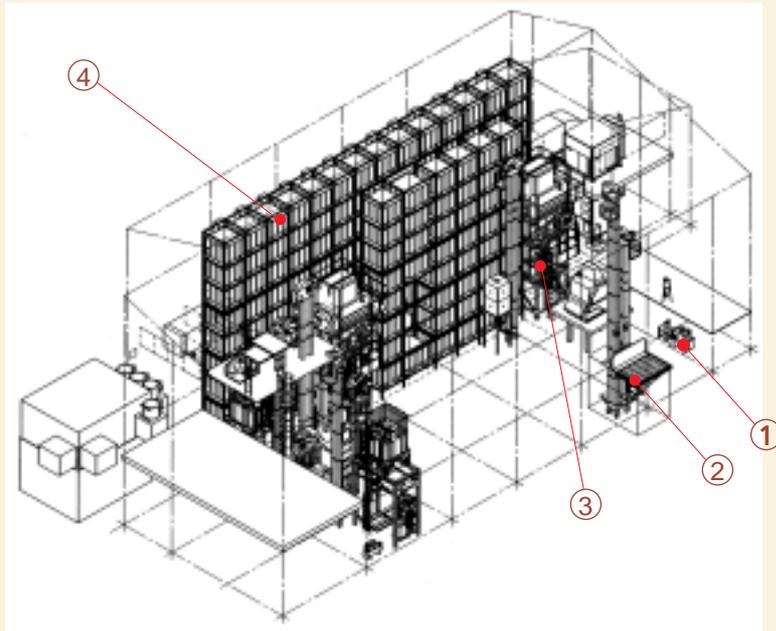


③ **コンテナ**



分散機に投入

荷受された穀物は、粗選機を經由し、1トン単位で計量されコンテナに分散機で均分に投入されます。



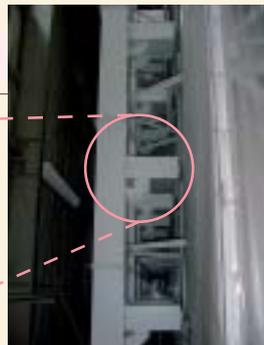
搬送



クレーン

コンテナはクレーンにより乾燥棚へ搬送されます。

乾燥



乾燥ダクト



④ **乾燥棚**

乾燥制御は、メインCPUで全て管理され、ローテーション・乾燥を繰り返し仕上げ上水分まで乾燥します。

図1 自動ラックシステムの概要



概要

自動ラックシステムは、図1の模式図(一部のみ)のように多数のラック(コンテナ)およびそれらを搬出入するクレーンとで構成されます。農産施設としては、利用農産物と収穫後処理操作の内容により、設備内訳が決まります。適用できる領域は、乾燥から流通まで多岐にわたりますが、その詳細は図2に示します。利用方法として貯留を前提とした加温・除湿乾燥設備、良品出荷を目的とし

た選別・貯蔵設備、回転倉庫と出荷倉庫をもつ精米工場、その他、渋柿脱渋処理などへの利用があります。ラックシステムを穀物乾燥に利用する場合、多数の通気可能なコンテナ(1.0トンの穀物が入る)を設けているので、個別の荷扱いができます。ただしコンテナ内では穀物を0.8m前後堆積して乾燥するため、風量比の影響を受けやすい穀物を扱う場合は、上下間に水分むらが発生するので、混合操作と水分測定・重量測定を兼ねた反転装置で定期的

上下反転させる必要があります。また、荷受時に初期水分と重量の測定を行っているので、重量減率で穀物の乾燥状態を把握することもできます。

用途

コンテナごとの個別処理ができることが最大の特長です。以下のような多目的な利用が可能となります。例えば、オールマイティー的なラックシステムは、今後、幅広い分野への利用が期待されています。

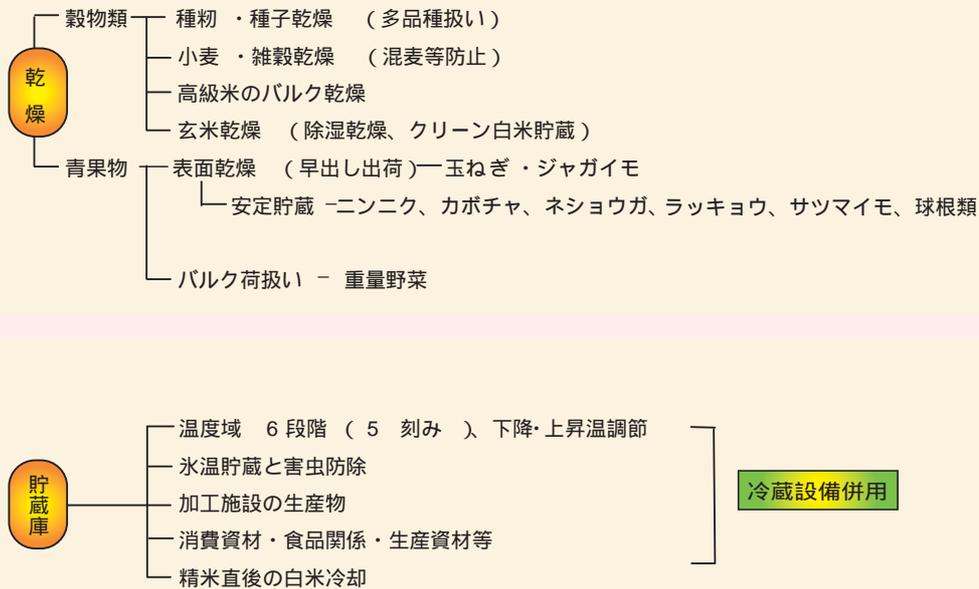


図2 自動ラック施設の利用対象農産物(乾燥・貯蔵など)

自動ラックシステムの特長

- 1 完全個別処理による各種仕分けが可能です。品位、食味、生産者別の管理が容易にできます。
- 2 多目的利用による施設利用日数の拡大と低コスト化ができます。米だけでなく麦、大豆、そば、青果物等の乾燥が可能。稼働期以外は、保有米の管理、資材倉庫等として利用でき、年間を通しての利用と低コスト化が図れます。
- 3 環境保全型施設です。常温に近い乾燥温度で燃料費の低減、CO₂排出量の低減ができます。また夜間自動運転により夜間作業における人件費の削減につながります。
- 4 情報ネット機能を備えた施設です。施設内で荷受データ、食味データ、品位データを共有できるので、集出荷と品質の一元管理が可能となります。

【引用文献】山下律也：自動ラックシステムの多目的利用