

学 位 論 文 題 名

米の乾燥調製貯蔵工程における品質の保持および向上技術

学位論文内容の要旨

近年わが国では、籾貯蔵を行う共同乾燥調製貯蔵施設（以下、共乾施設）が増加している。共乾施設では、集団処理により効率的に品質の保持および向上が図られている。籾貯蔵を行う共乾施設は、北海道では1996年に設置された。北海道は本州以南の米産地とは米の生育環境や貯蔵環境が異なるため、それに対応した独自の技術を開発する必要がある。そこで、米の乾燥調製貯蔵工程における品質の保持および向上技術の開発と実用化を目指し研究を行った。

1. 水分が玄米の物理特性に与える影響

共乾施設では荷受した籾の品質を検査（自主検査）し、製品出荷量を推定して生産者に支払う米代金を決定している。この自主検査用の試料を調製する際に、籾を過乾燥させることがある。そこで、玄米の水分が粒径などの物理特性に与える影響を調べた。その結果、玄米水分の低下にともない玄米の粒径が縮小して選別歩留が低下し、製品出荷量が実際より少なく推定されることがわかった。よって、自主検査において試料調製時に籾を過乾燥させた場合には、選別歩留を水分に応じて補正すべきであることがわかった。

2. 半乾籾の安全貯留日数

米の収穫適期には、共乾施設では籾の荷受が集中する。これに対処するために、共乾施設では水分を17%~19%程度に乾燥した半乾籾の状態で一時的に貯留して乾燥機の利用効率を高め、荷受籾の処理量を増やしている。半乾籾の一時貯留については過去に多く研究されているが、貯留中における品質の安全限界の判断基準が適当ではない。そこで、安全限界の判断基準を新たに設けて半乾籾の貯留試験を行い、半乾籾の水分と安全に貯留可能な日数との関係を明らかにした。半乾籾の安全貯留日数は、貯留温度25℃では水分に関わらず10日、15℃では19%で40日、18%で60日、17%で70日、5℃では水分に関わらず70日である。

3. 籾貯蔵のための籾精選別システムの開発

北海道のような寒冷地で生産される籾には未熟粒やしいなが多く含まれる。そのため、共乾施設で籾貯蔵を行う場合には籾の精選別を行い、未熟粒やしいなを除いて品質の良い籾を貯蔵することが重要となる。そこで、籾貯蔵のための籾精選別システムを開発することを目的として、実用施設において既存の籾精選別システムの選別特性および各種選別機の選別特性を調査した。その結果をもとに、最適な籾精選別システムを開発した。この籾精選別システムは、風力選別機、比重選別機、インデントシリンドラ型選別機で構成されており、既存のシステムに比較して低コストで籾の高品質化を実現するシステムである。

4. 超低温貯蔵の実用化のための基礎試験

米を氷点下で貯蔵する超低温貯蔵は、従来の低温貯蔵（15℃以下での貯蔵）より高品質保持可能であることが明らかとなっている。しかし、超低温貯蔵を実用化するためには、籾の凍結温度を明らかにする必要がある。そこで、籾の水分と凍結温度との

関係を明らかにする基礎試験を行った。その結果、水分 17.8%以下の籾は $-80^{\circ}\text{C}$ においても凍結せず、したがって水分 16%程度に乾燥して貯蔵される籾は自然条件下では凍結する可能性がないことを明らかにした。また、超低温貯蔵は長期間の高品質保持が可能であると考えられた。そこで、籾を氷点下で4年間貯蔵する基礎試験を行った。その結果、 $5^{\circ}\text{C}$ 以下の貯蔵温度では4年間にわたり新米と同様な品質を保持可能であることを明らかにした。よって、とくに北海道のような寒冷地においては、冬季の自然冷気を籾の冷却に利用することにより、米の長期貯蔵の実用化が可能と考えられる。

#### 5. 超低温貯蔵による籾貯蔵技術の確立

共乾施設において、寒冷外気を利用した超低温貯蔵による籾貯蔵技術の実用化試験を行った。その結果、冬季に寒冷な外気を貯蔵サイロ内に通風して籾の冷却を行うことにより、サイロ内の籾の穀温はすべて氷点下となり、さらにサイロ中心部の籾の穀温は夏季まで氷点下に保たれた。これにより、実用規模の施設で超低温貯蔵が可能であることが実証された。サイロ内壁付近の籾の穀温は春から夏にかけて徐々に上昇し、貯蔵終了時にはサイロ内に穀温差が生じたが、この穀温差は品質に悪影響を与えないことがわかった。貯蔵後の籾の品質は、低温貯蔵を行った籾の品質より高かった。また、サイロ内上部空間の自動換気システムにより、貯蔵中のサイロ内での結露発生を防止する技術を確立した。さらに、低温の籾をサイロから排出して籾摺る際に玄米の胴割発生を防止するために、排出直後の籾を乾燥機に通し常温通風して昇温させる技術を開発した。本試験により確立した超低温貯蔵による籾貯蔵技術は、自然エネルギーである冬季の寒冷外気を籾の冷却に利用している。すなわち、これは北海道のような寒冷地の自然環境を有効に利用し、低コスト省エネルギーで高品質米を供給する貯蔵技術である。

#### 6. 粒厚選別機と色彩選別機とを組み合わせた玄米選別技術の開発

北海道の共乾施設では、高品質米（一等米）の出荷のために玄米の選別に用いる粒厚選別機の篩の網目サイズを大きくしている。しかし、網目サイズを大きくすることにより、選別歩留の低下（製品出荷量の減少）を招いている。一方、近年玄米の選別機として色彩選別機が導入されはじめた。そこで、粒厚選別機と色彩選別機とを組み合わせた新しい玄米選別技術の開発を試みた。その結果、粒厚選別機の篩の網目サイズを現行より 0.1mm 小さくして選別歩留を上げ、その後に色彩選別機で積極的に未熟粒などを除去することにより、選別歩留の向上と高品質米の調製が同時に実現可能であることが明らかとなった。

#### 7. 北海道における共同乾燥調製貯蔵施設の普及状況

本研究の成果をもとに、北海道では1996年以降、籾貯蔵可能な共乾施設の建設が進んでいる。そこで、近年建設された施設の設置数および各施設の籾貯蔵能力や稼働率などを調査した。北海道において2002年度までに建設された籾貯蔵可能な共乾施設は23カ所となり、全体で約10.4万tの貯蔵能力（北海道で収穫される籾の1割強を貯蔵可能）となっている。これらの施設の稼働率は毎年度ほぼ100%を超えており、良好な運営がされていた。

#### 8. 総括

米の乾燥調製貯蔵工程における品質の保持および向上技術の開発と実用化を目指し研究を行った。本研究で開発した籾精選別システムおよび寒冷外気を利用した超低温貯蔵による籾貯蔵技術は、2000年1月の北海道農業試験会議の審議を経て指導参考として認められた。この籾精選別システムは、北海道の共乾施設の標準システムとして各地の施設に普及している。また、籾貯蔵を行う共乾施設は、上川、空知、石狩、胆振、渡島など北海道内の米の主要な産地に建設された。さらに、粒厚選別機と色彩選別機とを組み合わせた玄米選別技術は、2003年1月の北海道農業試験会議で普及推進として認められた。これにより、この玄米選別技術は今後共乾施設を中心に導入される予定である。以上のように、本研究の内容は、北海道産米の品質保持および品質向上に貢献する技術である。

# 学位論文審査の要旨

主 査 助 教 授 川 村 周 三

副 査 教 授 伊 藤 和 彦

副 査 教 授 松 田 從 三

(北海道大学北方生物圏フィールド科学  
センター)

## 学 位 論 文 題 名

### 米の乾燥調製貯蔵工程における品質の保持および向上技術

本論文は、全9章からなる総頁数264の和文論文である。論文には図139、表46、写真14、引用文献100が含まれ、別に参考論文9編が添えられている。

本研究は、北海道の穀物共同乾燥調製貯蔵施設（以下、共乾施設）における米の品質の保持および向上技術の開発を目的とし、基礎実験と実用化試験を行い、その上で開発した新技術の普及状況を調査したものである。以下に、論文の内容と審査結果について述べる。

#### 1. 水分が玄米の物理特性に与える影響

玄米の水分が粒径などの物理特性に与える影響を調べた結果、水分の低下とともに玄米の粒径が縮小して選別歩留が低下した。よって、自主検査における試料調製時に粳を過乾燥させた場合には、玄米水分に応じて選別歩留を補正すべきであることがわかった。

#### 2. 半乾粳の安全貯留日数

半乾粳の一時貯留において、粳の水分と安全に貯留可能な日数との関係を調べた。その結果、安全貯留日数は、貯留温度25℃では水分に関わらず10日、15℃では19%で40日、18%で60日、17%で70日、5℃では水分に関わらず70日であることが明らかになった。

#### 3. 粳貯蔵のための粳精選別システムの開発

北海道のような寒冷地で粳貯蔵を行う場合には、粳の精選別を行い未熟粒やしいなを除いて品質の良い粳を貯蔵することが重要となる。そこで、実用施設において粳精選別システムを設置してその選別特性を調査し、その結果から最適な粳精選別システムを開発した。開発したシステムは風力選別機、比重選別機、インデントシリンダ型選別機で構成されており、低コストで粳の高品質化を実現するシステムである。

#### 4. 超低温貯蔵の実用化のための基礎試験

米を氷点下で貯蔵する超低温貯蔵を実用化するためには、粳の凍結温度を明らかにする

必要がある。そこで、粳の水分と凍結温度との関係を調べた結果、水分 17.8%以下の粳は -80℃においても凍結しないことがわかった。すなわち、粳は通常水分 16%程度に乾燥して貯蔵されるため、自然条件下では凍結する可能性はない。また、超低温貯蔵の長期間の品質保持効果を調べるために、粳を氷点下で 4 年間貯蔵する試験を行った。その結果、貯蔵中の穀温が 5℃以下であれば、4 年間にわたり新米と同様な品質を保持可能であることがわかった。

#### 5. 超低温貯蔵による粳貯蔵技術の確立

共乾施設において、超低温貯蔵による粳貯蔵技術の実用化試験を行った。その結果、冬季に寒冷な外気を貯蔵サイロ内に通風して粳の冷却を行うことにより、サイロ内の粳の穀温はすべて氷点下となり、実用規模の施設で超低温貯蔵が可能であることが実証された。貯蔵後の粳の品質は、従来から行われている低温貯蔵（15℃以下の貯蔵）の粳の品質より高かった。本試験により確立した超低温貯蔵による粳貯蔵技術は、自然エネルギーである冬季の寒冷外気を粳の冷却に利用している。すなわち、これは北海道のような寒冷地の自然環境を有効に利用し、低コスト省エネルギーで高品質米を供給する貯蔵技術である。

#### 6. 粒厚選別機と色彩選別機とを組み合わせた玄米選別技術の開発

粒厚選別機と色彩選別機とを組み合わせた新しい玄米選別技術の開発を行った。その結果、粒厚選別機の篩の網目サイズを現行より 0.1mm 小さくして選別歩留を上げ、その上で色彩選別機で未熟粒などを除去することにより、高品質米の調製と選別歩留の向上とを同時に行うことが可能となった。

#### 7. 北海道における共同乾燥調製貯蔵施設の普及状況

本研究の成果をもとに、北海道では 1996 年以降、粳貯蔵可能な共乾施設の建設が進んでいる。そこで、近年建設された施設の設置数および粳貯蔵能力や稼働率などを調査した。北海道において 2002 年度までに建設された粳貯蔵可能な共乾施設は 23 ヲ所となり、全体で約 10.4 万 t の貯蔵能力（北海道で収穫される粳の 1 割強を貯蔵可能）となった。

以上のように本論文は、米の乾燥調製貯蔵工程における品質の保持および向上技術の開発とその実用化を目的に研究を行ったものである。本研究で開発した粳精選別システムおよび超低温貯蔵による粳貯蔵技術は、2000 年 1 月の北海道農業試験会議の審議を経て北海道農政部から指導参考事項として認められた。この粳精選別システムは、北海道の共乾施設の標準システムとして各地の施設に普及している。また、粳貯蔵を行う共乾施設は、北海道内の米の主要な産地に建設された。さらに、粒厚選別機と色彩選別機とを組み合わせた玄米選別技術は、2003 年 1 月の北海道農業試験会議で普及推進事項として認められた。以上のように、本研究の成果は北海道産米の品質保持および品質向上のための新しい技術として実用化されており、北海道農業の発展に大きく貢献している。

よって審査員一同は、竹倉憲弘が博士（農学）の学位を受けるのに十分な資格を有するものと認めた。