

# 水稻の白米タンパク質含有率における栽培環境の影響と 遺伝的改良の可能性

## 学位論文内容の要旨

日本有数の米生産地である北海道の水稻育種においては、米の食味向上が重要な課題となっている。冷涼な気候である北海道では、米の食味と負の相関関係を示す白米アミロース含有率と白米タンパク質含有率がともに高く、その遺伝的改良が望まれている。北海道におけるこれまでの米の食味向上は、低白米アミロース含有率に着目した育種による成果が大きい。白米タンパク質含有率には、様々な栽培環境要因が複雑に影響するため、育種を通じた白米タンパク質含有率の改良はほとんど進んでいない。そこで本研究では、北海道における水稻の食味のさらなる改善を目指して、低白米タンパク質含有率に着目し、その育種による改良の可能性について検討した。

### 1. 白米タンパク質含有率の品種・系統間差に及ぼす乾物生産特性および窒素蓄積特性の影響

北海道で主要な5品種の水稻と、低白米タンパク質含有率系統である北海302号を含む3系統の水稻を供試し、白米タンパク質含有率の品種・系統間差に及ぼす乾物生産特性（玄米収量、穂乾物重）と窒素蓄積特性（玄米窒素量、穂窒素量）の影響を検討した。異なる土壌窒素環境において、この2要因がどのように白米タンパク質含有率に影響するのかを明らかにするために、異なる窒素基肥条件（標肥区、多肥区）において、2005年と2006年に調査を行った。2005年の標肥区では、穂窒素含有率の品種間差には穂乾物重の影響が大きく、2005年の多肥区と2006年の両窒素処理区では、穂窒素含有率の品種間差には穂窒素量の影響が大きかった。また、2005年の両窒素処理区では、白米タンパク質含有率または玄米窒素含有率の品種間差には、収量と玄米窒素量の両形質の影響が大きかった。しかし、2006年の両窒素処理区では、白米タンパク質含有率および玄米窒素含有率と、収量および玄米窒素量との間には、有意な相関関係は認められなかった。これらのことより、多肥条件では、窒素蓄積特性が穂窒素含有率に強く影響することが明らかとなった。また、標肥区では、年次によって穂窒素含有率に対する各要因の貢献度が異なった。さらに、両窒素処理区では、年次によって白米タンパク質含有率または玄米窒素含有率に対する各要因の貢献度が異なった。これには2005年と2006年とで登熟初期の日照条件が大きく異なり、2006年が寡照年であったことが影響したと推察された。これらの関係性に加えて、いずれの年次、窒素水準においても、北海302号は、供試品種中で常に最も低い白米タンパク質含有率を示した。

## 2. 遮光および窒素追肥が白米タンパク質含有率の決定要因に及ぼす影響

日照条件が異なった2005年と2006年とで、白米タンパク質含有率、玄米窒素含有率および穂窒素含有率に対する各要因の貢献度が異なったため、2007年は出穂の前後に遮光処理を行い、この点について明らかにすることを試みた。さらに、止葉期に窒素追肥を行う処理区と、処理を行わない対照区を設け、4処理区において白米タンパク質含有率に及ぼす栽培環境の影響について詳細に検討した。対照区（標肥栽培）では、2005年の標肥区と同様に穂窒素含有率の品種間差には穂乾物重の影響が大きかった。出穂後遮光区では、穂窒素含有率の品種間差には穂窒素量の影響が大きかった。対照区および止葉期追肥区では、玄米窒素含有率の品種間差には収量の影響が大きかった。また、登熟期間中の玄米窒素含有率の推移を、出穂14日後の値に対する相対値でみると、出穂後遮光区における玄米窒素含有率の推移は、2006年の標肥区における推移と類似する傾向を示した。これらの2005年から2007年の結果より、標肥区において、平年並みの日照環境では、穂窒素含有率の品種間差には乾物生産特性の影響が大きく、登熟初期の寡照条件および窒素基肥量が多肥条件では、穂窒素含有率の品種間差には窒素蓄積特性の影響が大きいと考えられた。さらに、施肥条件によらず、平年並みの日照環境では、白米タンパク質含有率または玄米窒素含有率の品種間差には、乾物生産特性の影響が大きいことが示唆された。そして、3年次を通じていずれの処理区においても、北海302号の白米タンパク質含有率は供試系統中で最も低く、これは玄米以外の器官に窒素を多く保持することで、玄米へ蓄積する窒素量が小さかったことに加え、栽培環境によっては乾物生産が旺盛なことで、玄米へ蓄積する乾物重が大きいという特性を北海302号が有するためと推察された。

## 3. 水稻の交配集団における白米タンパク質含有率の遺伝相関

2つの水稻交配集団を用いて、米食味に大きく影響する白米アミロース含有率と白米タンパク質含有率の遺伝特性について比較検討した。母本が低アミロース含有率の特性を有する北海292号の交配集団においては、 $F_4$ - $F_5$ 、および $F_5$ - $F_6$ 世代の白米アミロース含有率の遺伝相関が0.8を超えており、遺伝的要因に強く支配されていた。一方、白米タンパク質含有率の遺伝相関は、両交配集団ともに、遺伝相関が高かった $F_5$ - $F_6$ 世代においても0.6程度であり、白米アミロース含有率と比べて遺伝的要因が低かった。これらの結果より、低白米タンパク質含有率に関して、交配集団の初期世代における系統評価は容易ではなく、その育種が困難であることが推察された。さらに、本試験で用いた2つの交配集団において、多収系統は、少収系統よりも地上部のバイオマス生産が旺盛であり、それを通じて穂を大きく発達させる乾物生産特性が認められた。これらの多収系統において、白米タンパク質含有率が低い系統は、穂窒素量が低いという特性が認められた。これらの結果により、多収・低白米タンパク質含有率の水稻系統育成には、地上部バイオマス生産が大きく、穂に蓄積される窒素量が小さいという特性を選抜することが有望であると考えられた。

以上のように、白米タンパク質含有率を決定している乾物生産特性と窒素蓄積特性は、それぞれ栽培環境の変化によって、白米タンパク質含有率に対する貢献度が変化することが明らかとなった。また、水稻交配集団を用いた試験により、低白米タンパク質含有率系統を選抜するための育種学的知見、および多収で白米タンパク質含有率の低い水稻系統の育成のための基礎的知見を提示した。さらに、北海302号は、遺伝的に白米タンパク質含有率が低い特性を有しており、今後の低タンパク質含有率を通じた良食味米の育種母本として有望であることを示した。本研究で得られたこれらの知見は、これまでは主として栽培管理に頼って

いた白米タンパク質含有率の改良に関して、その遺伝的改良への土台となるものであり、今後の良食味米の育種に貢献すると考える。

# 学位論文審査の要旨

主 査	教 授	岩 間 和 人
副 査	教 授	三 上 哲 夫
副 査	講 師	柏 木 純 一
副 査	助 教	実 山 豊

学 位 論 文 題 名

## 水稻の白米タンパク質含有率における栽培環境の影響と 遺伝的改良の可能性

本論文は、図 11、表 28 を含み、5 章からなる総頁数 123 の和文論文である。

近年、消費者の良食味志向に対応するために、食味の改善は水稻の重要な育種目標となっている。北海道においても、低白米アミロース含有率の交配親を用いて、白米アミロース含有率を遺伝的に下げることを通じて、彩、あやひめ、おぼろづき、ゆめぴりかななどの良食味米が育成されている。また最近では、低白米アミロース含有率に関する QTL が同定され、白米アミロース含有率の育種改良は加速されている。一方、白米アミロース含有率と同じく食味に及ぼす影響の大きい白米タンパク質含有率については、育種改良がなかなか進まず、窒素施肥量の低減などの栽培技術によって白米タンパク質含有率を低下させる方法によって食味の改善が図られてきた。本研究では、低白米タンパク質含有率の育種改良を通じて北海道米の食味改善を行うことを目的として、年次の気象条件や施肥条件が白米タンパク質含有率に及ぼす影響、および育種選抜途中の交配集団における白米タンパク質含有率の遺伝相関を検討し、白米タンパク質含有率の育種改良を効率化するための基礎的知見を得た。

### 1. 白米タンパク質含有率の品種間差異に及ぼす栽培環境条件の影響

北海道の水稻主要栽培品種を含む 8 品種・系統（以下、品種）を、北海道立中央農業試験場岩見沢試験地の圃場で栽培して、2005～2006 年では白米タンパク質含有率の品種間差異と乾物生産特性（登熟期の乾物増加量）および窒素吸収特性（登熟期の窒素吸収量と茎葉から穂への窒素転流割合）との関係を検討した。白米タンパク質含有率の品種間差異に影響する要因は年次の気象条件によって異なり、出穂期以降の日照条件が良好な年次には乾物生産特性が、また、不良な年次には窒素吸収特性が主要因であった。一方、窒素施肥量が増加すると、いずれの品種でも白米タンパク質含有率が増加した。しかし、いずれの年次また窒素施肥量でも、北海 302 号は供試品種中で白米タンパク質含有率が最も低く、この品種が遺伝的に具備する乾物生産特性（中庸な乾物生産量）と窒素吸収特性（窒素吸収量および茎葉から穂への窒素転流割合の低さ）に起因するものと推察した。

2007 年では北海 302 号を含む 5 品種を供試して、出穂期の前後に人工的に日射量を減少させる遮光処理区と、出穂期前に窒素を追肥する処理区を設けて、日照条件と施肥条件が白米タンパク質含有率の品種間差異に及ぼす影響を追試した。その結果、白米タンパク質含有率について処理と品種の間に有意な相互作用は認められず、出穂期後の遮光によって乾物生産が抑制されると、また追肥によって窒素吸収が促進されると、いずれの品種でも白米タンパク質含有率が増加した。しかし、北海 302 号はいずれの処理条件でも白米タンパク質含有率が最も低かった。

これら 3 カ年の試験では、北海 302 号を含む一部の品種について、出穂期後 15、28 および 48 日目に穂の上部穎果の玄米タンパク質含有率を調査して、品種間差異の発現時期を検討した。調査期間中における玄米タンパク質含有率の推移は年次や処理によって異なった。しかし、いずれの年次また処理でも 28 日目以降には北海 302 号は供試品種中で最も低い玄米タンパク質含有率を示した。

以上の結果から、白米タンパク質含有率は出穂期後の栽培環境条件によってそれぞれ独立して変化する乾物生産と窒素吸収の相対的な関係によって決定される複雑な形質であるが、北海 302 号は検討した栽培環境条件を通じて常に低い白米タンパク質含有率を示す特異的な品種であると結論した。

### 3. 交配集団における白米タンパク質含有率の遺伝相関

岩見沢試験地で育種途中の 2 交配集団について、 $F_4$  世代および  $F_5$  世代では 304 系統と 252 系統を、 $F_6$  世代では選抜した 20 系統と 26 系統を圃場に栽培して、白米のタンパク質含有率およびアミロース含有率の遺伝相関（世代間相関係数）を検討した。タンパク質含有率の遺伝相関は、両交配集団ともに  $F_4$ - $F_5$  世代では 0.17 以下、 $F_5$ - $F_6$  世代でも 0.65 程度であった。一方、アミロース含有率の遺伝相関は一つの交配集団では両世代ともにタンパク含有率と類似した遺伝相関を示したが、アミロース含有率が特異的に低い片親（北海 292 号）の交配集団では  $F_4$ - $F_5$  世代でも 0.84、 $F_5$ - $F_6$  世代では 0.95 と非常に高い遺伝相関を示した。従って、供試した交配集団では初期世代におけるタンパク質含有率の選抜は困難であると推察した。しかし、アミロース含有率の遺伝相関で示されたように、タンパク質含有率が特異的に低い北海 302 号のような品種を交配母本に用いた場合には、初期世代での遺伝相関を高める可能性が示唆された。

以上の研究成果は、これまで進展の遅かった北海道における白米タンパク質含有率の育種改良を促進するための基礎的知見として重要であると考えられる。よって、審査員一同は、梶原靖久が博士（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。