

|           |                                                                                                                |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 氏 名       | たか い とし ゆき<br>高 井 俊 之                                                                                          |
| 学位(専攻分野)  | 博 士 (農 学)                                                                                                      |
| 学 位 記 番 号 | 農 博 第 1531 号                                                                                                   |
| 学位授与の日付   | 平 成 17 年 11 月 24 日                                                                                             |
| 学位授与の要件   | 学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当                                                                                        |
| 研究科・専攻    | 農 学 研 究 科 農 学 専 攻                                                                                              |
| 学位論文題目    | Studies on Eco-physiological and Genetic Determinants of Yield Potential in Rice<br>(水稻の収量支配形質の生態生理学および遺伝学的解明) |
| 論文調査委員    | (主 査)<br>教 授 堀 江 武 教 授 谷 坂 隆 俊 教 授 山 末 祐 二                                                                     |

### 論 文 内 容 の 要 旨

「緑の革命」以降、水稻品種の遺伝的な生産能力としての収量ポテンシャルの伸びの鈍化が世界的に認められており、特に熱帯地域でそれが著しい。収量ポテンシャルのさらなる向上には、従来の草型にとどまらず生理・生態的な形質を標的とする育種が求められる。そのためには、水稻収量がいかなる生理・生態的形質に支配されているかを明らかにする必要がある。本論文は、水稻の収量ポテンシャル形成の制限プロセスとそれに関与する主要な諸形質、およびそれらの形質に関わる量的形質遺伝子座 (QTL) を明らかにする目的で行った研究結果をまとめたものである。その主な内容は以下の通りである。

1. 遺伝的背景が大きく異なる多様な水稻品種を2年間にわたって圃場栽培し、それらの生育・収量形成プロセスの比較追跡調査を行った。その結果、生殖生長期後半の個体群生長速度 (CGR) が収量ポテンシャルと最も密接に関係する生長指標であることがわかった。すなわちこの時期に高い CGR を示す品種は、炭水化物 (NSC) の多量供給により、穎花の退化が抑制され、かつ登熟期に必要な NSC が茎葉部に多量蓄積されることを通じて、高い収量ポテンシャルに結びつくことを示した。さらに、多収品種のこの時期の高い CGR は、高い太陽エネルギー変換効率に支配されることを明らかにした。これより、生殖生長期後半に高い群落光合成能をもつことが、高いポテンシャルに必須の条件であると考えた。

2. 群落光合成能の支配要因である群落のガス拡散コンダクタンス ( $g_c$ ) を、圃場においてリモートセンシングにより非破壊・非接触で迅速に測定する方法を開発した。すなわち、群落に瞬間的な日陰部を作り、日陰部と日向い部の葉群温度を熱画像計測装置で測定し、その測定温度を日向い部と日陰部それぞれについての熱収支式に代入することによって、 $g_c$  を求める方法を考案した。この方法によって求めた  $g_c$  は、チェンバー法によって測定した個葉の気孔コンダクタンス ( $g_s$ ) と比例関係にあることを示し、この方法の有効性を確認した。さらに、この方法で求めた各品種の生殖生長期後半の  $g_c$  値は同時期の CGR、ひいては収量と密接に関係することを示した。これより、 $g_c$  あるいはそれを構成する  $g_s$  が、水稻の収量ポテンシャルを支配する重要な形質であると結論づけた。

3. 個葉の  $CO_2$  拡散・同化に密接に関係する  $^{12}C$  と  $^{13}C$  の同位体分別 ( $\Delta$ ) を用いて、個葉光合成能に関わるゲノム領域の検出を行った。すなわち密陽23号とアキヒカリを両親とする組換え近交系 (RIL) 集団の、出穂期の  $\Delta$  をもとに、それに関与する QTL の同定を行った。両親間で  $\Delta$  には大きな差異は認められなかったが、 $\Delta$  には超越分離が見られた。 $\Delta$  に関与する QTL はゲノム中に7つ検出されたが、うち4つは遺伝子型が密陽23号型、3つはアキヒカリ型で  $\Delta$  を高める効果が認められた。この結果と親品種の光合成特性の比較から、アキヒカリ型および密陽23号型の  $\Delta$  を高める QTL は、それぞれ炭酸固定効率と気孔コンダクタンスを高める効果を有すると推察した。

4. 上の RIL を用いて、登熟過程での茎葉蓄積 NSC と穎花の充填率の経時変化についての QTL 解析を行った。一般に、穎花の充填率は穎花数の多少に依存したが、染色体8上に検出された QTL は穎花数とは無関係に蓄積 NSC の穂への転流を促進し、充填率を高める効果をもつことを明らかにした。このことから、水稻のシンクサイズと登熟の両者を高め得る可

能性が示唆された。

以上のように本研究から、水稻の収量ポテンシャルの向上には、高い  $g_s$  を介して生殖生長期後半に高い光合成能をもつことが必須であることが明らかになった。さらに  $g_s$ 、1 穂穎花数、茎葉蓄積 NSC の転流に関与する複数の QTL が同定された。これらの QTL はマーカー育種に応用することにより、収量ポテンシャル向上に貢献できるものと期待される。

## 論文審査の結果の要旨

引き続き人口増と経済発展に伴い、水稻生産性のさらなる向上が求められている。しかしながら、「緑の革命」の水稻生産技術が灌漑稲作地域に一通り普及し終えた今日、水稻収量の伸びの鈍化が世界的に認められている。これには水稻品種の遺伝的な生産能力、すなわち収量ポテンシャルの伸び悩みが大きく関わっている。それゆえ、より高い収量ポテンシャルをもつ水稻品種の育成が急務となっており、そのためにはイネ収量がいかなる形質に支配されているかを明らかにする必要がある。本論文は、イネ収量ポテンシャル形成の隘路となっている生育プロセスとそれを支配する生理・生態的形質を明らかにし、さらにその形質に関わる量的形質遺伝子座 (QTL) を同定しようとして行った研究成果をまとめたものであり、評価すべき主要な点は以下のように要約される。

1. 遺伝的背景が大きく異なる多様な品種群についての圃場実験から、生殖生長期後半の個体群生長速度 (CGR) が水稻の収量ポテンシャルと最も密接に関係する生長指標であることを明らかにした。すなわち、この時期に高い CGR を示す品種は炭水化物 (NSC) の多量供給によって、穎花退化の抑制とその茎葉部への多量蓄積による登熟の向上を通じて、高い収量ポテンシャルに結びつくことを示した。さらに、この時期の CGR の高低は太陽エネルギー変換効率のそれに支配されていたことから、生殖生長期後半に高い群落光合成能をもつことが、高い収量ポテンシャルに必須の条件であると推察した。

2. 群落光合成能の支配要因としての群落ガス拡散コンダクタンス ( $g_c$ ) をリモートセンシングによって非破壊・非接触で迅速に測定する方法を開発した。この方法で求めた各品種の生殖生長期後半の  $g_c$  は、同時期の CGR ひいては収量と密接に関係することを明らかにした。これより、 $g_c$  あるいはそれを構成する気孔コンダクタンス ( $g_s$ ) が水稻の収量ポテンシャルを支配する重要な形質であるとの結論を導いた。

3. 組換え近交系 (RIL) 集団を用いて、個葉の  $CO_2$  拡散・同化に関与する炭素同位体分別 ( $\Delta$ ) をもとに、個葉光合成能に関わるゲノム領域の検出を行った。その結果をもとに、 $\Delta$  には超越分離が見られること、および 7 つの QTL が  $\Delta$  に関与することを示した。このことと RIL の両親の光合成特性の比較から、検出された QTL の 3 つは炭酸固定効率、残りの 4 つは  $g_s$  とそれぞれ密接に関わっていると推察した。

4. 上の RIL を用いて、登熟過程での茎葉蓄積 NSC と穎花の充填率の経時変化についての QTL 解析を行い、染色体 8 上に穎花数の多少とは無関係に、NSC の転流を促進し、充填率を高める効果をもつ QTL を同定した。この QTL は、大きなシンクサイズのもとで登熟の向上を図る上で重要と考えられた。

以上のように、本論文は水稻の収量ポテンシャルが、気孔コンダクタンスを介した生殖生長期後半の個体群生長速度に強く支配されることを明らかにし、さらに気孔コンダクタンスや登熟に関わる遺伝子座の同定を通じて、収量ポテンシャルのさらなる向上に向けて重要な知見を加えたものであり、作物学、育種学および植物生態生理学の発展に寄与するところが大い。

よって、本論文は博士(農学)の学位論文として価値あるものと認める。

なお、平成17年10月19日、論文並びにそれに関連した分野にわたり試問した結果、博士(農学)の学位を授与される学力が十分あるものと認めた。