

平成21年6月1日現在

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2006～2008

課題番号：18380004

研究課題名（和文） 超多収イネ育種のための理想的草型決定機構の生物学的解明

研究課題名（英文） Biological analysis on decision mechanism of the ideal plant type for hyper-yield rice breeding.

研究代表者

北野 英己（KITANO HIDEMI）

名古屋大学生物機能開発利用研究センター・教授

研究者番号：50144184

研究成果の概要：イネの収量性に直結する草型決定に関わる突然変異体を用いて原因遺伝子を同定し、その遺伝要因を明らかにすることを目的に研究を進めた結果、*Ssi1* や *Slr1-d* は草丈を優性形質として抑制するが、草型自体は大きく変更しないことが半明した。一方、既知のブランノライド関連変異体や、本研究で対象とした TLA 変異体などでは、直立葉やその逆の形態的特徴を表現し、草丈の制御とともに草型を大きく変更する機能を示すことが半明した。*Ssi1* と *Tla1* の原因遺伝子を単離し前者については既に成果を公表した。

交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	6,800,000	2,040,000	8,840,000
2007年度	4,700,000	1,410,000	6,110,000
2008年度	3,800,000	1,140,000	4,940,000
年度			
年度			
総計	15,300,000	4,590,000	19,890,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：農学・育種学

キーワード：イネ、草型、矮性、多収性、倒伏抵抗性、植物ホルモン

1. 研究開始当初の背景

(1) イネの草型は収量性や品質と直接結びつく重要形質であるにもかかわらず、各茎葉器官と穂の大きさや数、それらの空間分布、および各器官の成長様式の違いによって決まる複合形質と考えられてきたため、草型形質を支配する遺伝要因については今日に至るまでほとんど明らかにされて来なかった。

(2) 一方、既存品種の中には、草型に関連し光合成の主要器官である葉身の大きさやラミナジョイントの開く角度（開葉性）、

株の広がり（開張性）等においても様々な変異が認められる。

(3) これらの品種毎に示す草型の特徴は、イネの栽培環境や栽培技術と密接に関連してくることから、草型決定の遺伝的制御機構を明らかにし、得られた知見を育種プログラムに導入することができるならば、本研究の最終目的である理想的な草型を有する超多収イネの作出に留まらず、多様な稲作環境に対応した草型品種を効率的に育成することに繋がると考えられた。

2. 研究の目的

本申請課題では、超多収を可能とする巨大な穂を支持する強靱な稈の構造変異や草型関連形質、特に茎葉の伸長性および葉身の開葉性に密接に関係すると思われる幾つかの遺伝的変異に着目し、これらの原因遺伝子を単離・同定して機能解析を行うことにより超多収イネの理想的草型決定に重要な役割を果たす遺伝的要因を明らかにすることを目的に研究を推進することにした。

3. 研究の方法

(1) 草型関連変異体の育成・形質評価:
多数の草型決定に関わると思われる変異体を圃場に展開し、茎葉の伸長パターン、葉身の開葉性、稈強度と稈構造、収量などに関する諸形質を定性、数量的に測定し変異体の特性形質について評価を行う。

(2) 遺伝子単離のための雑種集団の育成:
これらの変異体の中から上記形質に関して最も注目される形質表現を示した変異体を対象に、遺伝子単離を行うためのF₁およびF₂集団の育成を行う。

(3) 代表者は、主に稈の構造変異や節間伸長性に関わる変異体 (*Ssi1*, *Srl1-d*) を中心に、分担者は葉身の開葉性、伸長性にかかわる変異体 (*Tla*) を扱う。また、ここで展開したF₂集団の生葉から抽出したDNAを用いて分子マーカーによる連鎖解析を進め遺伝子単離を行う。

(4) 遺伝子単離を対象とする変異体を中心に、各種植物ホルモンに対する反応や、生理実験を行い、形態観察と併せて変異体遺伝子の作用に見られる特徴を整理し、これらの実験で得られた情報を原因遺伝子単離のための予測や機能解析に役立てる。

4. 研究成果

(1) 草型関連変異体の育成・形質評価:
草型に関連する変異体には、植物ホルモンのジベレリン (GA) やブラシノライド (BR) が関連することが既知情報として知られており、研究室で保有する多数の変異体ストックを材料に形態形質を調査した結果、GA は草型に関し相似成長的に抑制し、BR 関連変異体は直立葉を表現することが確認された (図1、図2)

次に、これらの変異体の農業形質に及ぼす影響を調査した結果、いずれの変異体でも倒伏抵抗性は増大するが、強表現型のアリアルでは収量性に対するマイナス効果が増大するため、バイオマスの余り大きくない日本型のイネでは利用が難しいことが判明した。しかし、バイオマスの巨大な在来イネや、ハイブリッドイネの草型改良に応用が可能と思

われる遺伝子変異が見いだされた (図3)。



図1. ブラシノライド関連変異体の草型

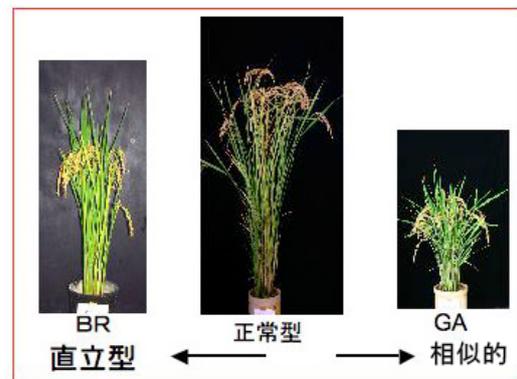


図2.GA, BR 関連遺伝子の草型に及ぼす影響

(2) 草型関連遺伝子の単離: 草型に関連する変異体の一部を用いて原因遺伝子の単離を試みた結果、*Ssi1* および *Tla1* の原因遺伝子の同定を完了した。*Ssi1* は、候補遺伝子領域に逆位が存在し、遺伝子の繋ぎ替えによって優性の新規の機能が生じたと推定した (図3、文献②)。一方、長葉身、開張性を示す *Tla1* はシロイヌナズナの *Vin 3* に相同性を示す遺伝子でイネでは機能が判明していない新規の遺伝子であることが判明した。

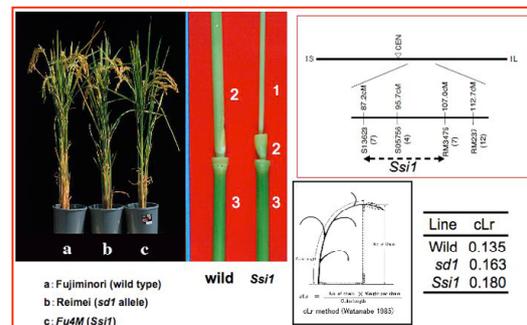


図3. *Ssi1* 変異体の座乗位置と倒伏抵抗性評価

(3) 草型に関する QTL 解析：栽培品種に見られる草型の違いに注目して QTL 解析を行うことで多数の茎葉形質に関する QTL 領域を同定したが、GA や BR に関する既知の遺伝子領域との相同性を見いだすことはできなかった。一方、既知の遺伝子 (*sd1*, *d61*, *d2*, *Slrd*) などの実用的なアレル変異を見いだすため、草型の特徴を指標に多数の栽培品種に対して遺伝子変異の存在をシーケンスにより解析を進めたが、現在までに *sd1* 座以外に既知の矮性遺伝子の変異を含む系統を見いだすことはできていない。

(4) 草型関連遺伝子の育種への応用：栽培イネの在来種や最近の改良品種には草型に大きな変異が認められ、これらの特徴は、栽培方法とともに収量に大きく関連している。我が国で普及しているコシヒカリをはじめとする近代的改良品種は、多蘖、細稈で比較的小型の穂を有する所謂穂数型のイネが殆どを占めている。これらの草型を示す品種の収量性を向上させるには形態学的に見て限界があり、今後超多収性を実現するためには、飛躍的なバイオマスを実現し光合成産物を効率的に転流することが可能な大型の穂を有するイネを設計する必要がある。しかし、既存の高バイオマスイネは、長稈性で開張性を示し、圃場に配置した場合の問題点を多く含んでいる。

本研究で対象とした草型を改良するための遺伝要因の解析結果は、草型改良に植物ホルモンの BR が重要な役割を果たしていることを示唆していると同時に、植物ホルモンに直接関連していない遺伝要因によっても草型に影響を及ぼす遺伝子変異が存在していることが明らかとなった。一方、人為的に作出した突然変異の多くは矮化作用が大きく、そのまま有用形質として利用することは難しいと判断された。

そこで、本研究で用いた *Slrd* 変異体を用いて日本型イネと長稈性を示す印度型イネとの間で F₁ 植物を作成し草型比較を行った (図 4)。

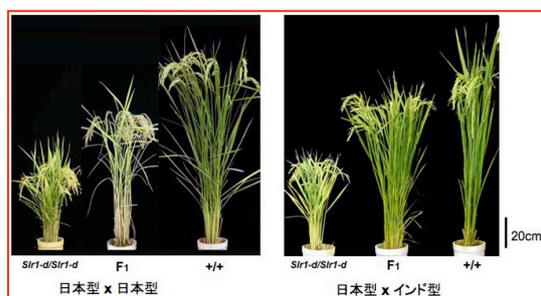


図 4. 優性矮性遺伝子 *Slrd* の F₁ に見られる草丈抑制効果

Slrd は、作出親に比較して約 50% の草丈の伸長抑制を示すが、正常型との F₁ 植物では、

優性形質が緩和されて半矮性の実用的な草型を示すことが確認された。

このような解析例は、遺伝子作用の強度と遺伝的背景 (バイオマス生産能力) とのバランスが重要であることを示唆しており、“*sd1* を除いて既知の突然変異は利用できない” といった従来の育種の評価を再検討する必要があると考えられた。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 5 件)

① Asano, K., Hirano, K., Ueguchi-Tanaka, M., Rosalyn B., Angels-Shim, Komura, T., Satoh, H., Kitano, H., Matsuoka, M. and Ashikari, M. (2009) Isolation and characterization of dominant dwarf mutants, *Slr1-d*, in rice. *Mol. Genet. Genomics* 281, 223-231. (査読有)

② Miura, K., Wu, J., Sunohara, H., Wu, X., Matsumoto, T., Matsuoka, M., Ashikari, M. and Kitano, H. (2008) High resolution mapping revealed a 1.3-Mbp genomic inversion in *Ssi1*, a dominant semidwarf gene in rice (*Oryza sativa* L.). *Plant Breeding*, 128.1.63-69. (査読有)

③ Asano, K., Takashi, T., Miura, K., Qian, Q., Kitano, H., Matsuoka, M. and Ashikari, M. (2007) Genetic and molecular analysis of utility of *sd1* alleles in rice breeding. *Breed. Sci.* 57, 53-58. (査読有)

④ Morinaka, Y., Sakamoto, T., Inukai, Y., Agetsuma, M., Kitano, H., Ashikari, M. and Matsuoka, M. (2006) Morphological alteration caused by brassinosteroid insensitivity increases the biomass and grain production of rice. *Plant Physiol.* 141, 924-931. (査読有)

⑤ Sunohara, H., Miura, K., Wu, X., Saeda, T., Mizuno, S., Ashikari, M., Matsuoka, M. and Kitano, H. (2006) Effects of *Ssi1* gene controlling dm-type internode elongation pattern on lodging resistance and panicle characters in rice. *Breeding Science*, 56, 261-268. (査読有)

[学会発表] (計 7 件)

① 北野英己 イネにおける収量性育種と今後の課題。日本育種学会中部地区談話会 2008 年 11 月 29 日、(名城大学、名古屋)。

② Kitano, H., Sato, K., Ikeda, M. and Ashikari, M. Functional Analysis of Induced Semidwarf mutations and application to rice breeding. International Symposium on Induced Mutations in Plants IAEA. 2008 年 8 月 14 日、オーストラリア (IAEA、ウイーン)。

③ 浅野賢治、北野英己、松岡信、芦荻基行 日本型イネは変異型/*SD1* を有する。イネ遺伝学・分子生物学ワークショップ 2008、2008

年7月4日、(九州大学、福岡)。

④ Kitano, H., Ikeda, M., Takashi, T., Sakamoto, T., Asikari, M. and Matsuoka, M. Molecular Research Progress on High Yield Control, and the Future Direction. The 6th Asian Crop Science Association Conference (Bioasia 2007). 2007年11月9日、 タイ王国 (バンコク)

⑤ 浅野賢治、平野恒、上口 (田中) 美弥子、香村敏郎、佐藤光、北野英己、松岡信、芦苺基行 イネ半雄性矮性変異体 *Slr1-d* の遺伝学解析。第112回日本育種学会 2007年9月22日、(山形大学、山形)。

⑥ 坂本知昭、松岡信、北野英己 ブラシノステロイド非感受性イネ変異体の解析。第112回日本育種学会 2007年9月22日、(山形大学、山形)。

⑦ 北野英己 新規イネ半矮性変異の機能解析と育種利用。第45回ガンマフィールドシンポジウム 2006年7月12日、(水戸、茨城)。

6. 研究組織

(1) 研究代表者

北野 英己 (KITANO HIDEMI)

名古屋大学・生物機能開発利用研究センター・教授

研究者番号：50144184

(2) 研究分担者

佐塚 隆志 (SAZUKA TAKASHI)

名古屋大学・生物機能開発利用研究センター・准教授

研究者番号：70362291