

イネ生育ステージの厳密な再定義から 北海道イネでは中休みが極端に短いことを判明

～冷涼で長日な北海道でも愚直に生育する早生品種の姿が見えてきた～

ポイント

- ・ 早生のイネの生育ステージを厳密に分けることに成功。
- ・ 北海道のイネの特性である早生性の発生原因を解明。
- ・ イネの生育期間の予測と出穂（しゅっすい）^{*1}のコントロールに期待。

概要

北海道大学大学院農学院博士課程の坂口俊太郎氏と同大学大学院農学研究院の貴島祐治教授らの研究グループは、イネの葉の発達スピードと幼穂（ようすい）^{*2}の出現を厳密に測定する手法を使って、イネの生育ステージを正確に区別することに成功しました。その結果、北海道で栽培されている早生（わせ）^{*3}のイネが早期に穂を出す性質は、生長速度が早いことではなく、普通のイネでは普遍的に見られる基本栄養生長期^{*4}と生殖生長期^{*5}の間にある可消栄養生長期^{*6}が極端に短いことに起因することを明らかにしました（図1）。可消栄養生長期は、基本栄養生長が終わった後、幼穂が発達を始める生殖生長までの間の“中休み”の期間に相当します。基本的に中生（なかて）^{*7}や晩生（おくて）^{*8}と呼ばれる生育期間の長いイネは、この“中休み”に当たる期間が長いと言われてきましたが、今回の研究によってその期間が具体的に定義づけられました。また、通常、イネの生育期間は日長や温度に強く影響を受けます。北海道の早生イネが長日で冷涼なイネに不向きな高緯度の環境でも安定して育つ理由の一つは、可消栄養生長期が短いことにより生育期間の変動が小さいためでありました（図1）。

さらに、可消栄養生長期の長さを制御している二つの遺伝子 *Ghd7* と *Osprp37* のうち、北海道の早生のイネは、どちらも欠損していますが、*Ghd7* の欠損がより大きく影響することを示しました。また、中生品種の日本晴を用いて機能している *Ghd7* 遺伝子をゲノム編集^{*9}によって壊すと、典型的な早生の性質が現れました（図2）。以上の結果から、北海道で広く栽培されている早生のイネは、主に *Ghd7* 遺伝子の欠損により可消栄養生長期を失うことで、環境の変化にもあまり動じず休むことなく基本栄養生長から生殖生長へと愚直に生育していくことを明らかにしました。

なお、本研究成果は、2024年8月9日（金）公開の Plant Stress 誌に掲載されました。

【背景】

イネは一定期間の基本栄養生長期の後、日長に応答する可消栄養生長期を経て生殖生長期へと転換します。本研究では北海道の早生品種に着目し、葉の出現スピードが大きく変わる転換点と幼穂観察に基づく生長ステージの特定を行うことで、日長や温度が影響する時期とその程度の詳細な評価を行いました。

【研究手法】

北海道の早生 4 品種と東北由来のやや早生の 1 品種、そして中生品種の日本晴を用いました。葉齢進展の転換点の観測と幼穂の観察を行い、それぞれの生長ステージの期間を決定しました。日長は長日（14 時間日長）と短日（12 時間日長）の 2 条件、温度は 25°C/20°C の通常区と 22°C/18°C の低温区の 2 条件を設定し、それぞれ組み合わせた最大 4 条件にて試験しました。また日本晴を背景とする *ghd7* 変異個体はゲノム編集操作 CRISPER/Cas9 によって作出しました。

【研究成果】

北海道の品種はいずれの条件においても日本晴より早生であり、またその可消栄養生長期は通常温度区において、日本晴が平均 22 日にに対し、早生品種で 0 から 6 日程度と極端に短縮されていました。低温はすべての生長ステージを延長させ、日本晴では生長ステージのうち可消栄養生長期が最も温度感受性が高く、低温によって 20 日間長くなった一方で、早生品種は低温による可消栄養生長期は 9 日と小さく、またどの生長ステージも一様に延長されていました。これらの結果から、早生品種は可消栄養生長期が極端に短いことが早生性に貢献しており、同時に低温の影響を受けづらいことを示しました。次に可消栄養生長期に強く影響する二つの遺伝子 *Ghd7* 及び *Ospr37* を比較しました。*Ospr37* だけが非機能型である東北由来のやや早生の品種を用いて評価したところ、可消栄養生長期は 12 日程度と短縮したものの、北海道の早生品種と比較すると極端な短縮とはなっていませんでした。一方、*Ghd7* だけが欠損したゲノム編集個体では出穂が短縮され、可消栄養生長期も 0 日近くまで極端に短縮された個体もみられました。これらの結果から、*Ghd7* 及び *Ospr37* は共に可消栄養生長期の短縮によって早生性に寄与しているが、その効果は *Ghd7* の方が強く、またこれらの遺伝子の非機能型は早生性に対して相加的な効果があることが示唆されました。

【今後への期待】

北海道は今や日本の米どころと言ってもいい地域になりました。イネの北限を越えて栽培可能になった北海道のイネは、本州や低緯度地域で栽培されているイネとは異なる生態型を有しています。今回の成果は、イネに不向きな環境においても自然に発生した遺伝的な変異を利用することで、栽培可能な地域や環境を広げることができることを示しています。イネは食料として基本的なカロリーを摂るための重要な作物です。北海道大学大学院農学研究院植物育種学研究室では、アフリカでのイネの栽培普及のための研究を行っていますが、イネの品種改良に関する今回の成果のように、現在はイネの栽培が難しい環境でも、人々に基本的な栄養を与えることができる作物として、将来の品種改良の可能性に期待します。

【謝辞】

本研究は地方独立行政法人北海道立総合研究機構（道総研）中央農業試験場・遺伝資源部と国立研究

開発法人農業・食品産業技術総合研究機構（農研機構）遺伝資源研究センターから材料の分譲を受けました。また、JSPS 科研費（JP19H00937、JP23H02180）及び地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム（SATREPS）（薬培養及びシズンサイエンスによる即時的稲品種開発体制の構築：RiceBACS）の支援を受けました。

論文情報

論文名 Stable early heading in photoperiod-insensitive rice varieties results from an extremely short photoperiod-sensitive phase and weak temperature sensitivity
（早生イネ品種における安定した早期登熟は、極端に短い可消栄養生長期と弱い温度感受性に起因する）
著者名 坂口俊太郎¹、Md. Imdadul Hoque¹、貴島祐治²（¹北海道大学大学院農学院、²北海道大学大学院農学研究院）
雑誌名 Plant Stress（植物学の専門誌）
DOI 10.1016/j.stress.2024.100561
公表日 2024年8月9日（金）（オンライン公開）

お問い合わせ先

北海道大学大学院農学研究院 教授 貴島祐治（きしまゆうじ）

T E L 011-706-2439 F A X 011-706-3341 メール kishima@agr.hokudai.ac.jp

U R L <https://www.agr.hokudai.ac.jp/r/lab/plant-breeding>

配信元

北海道大学社会共創部広報課（〒060-0808 札幌市北区北8条西5丁目）

T E L 011-706-2610 F A X 011-706-2092 メール jp-press@general.hokudai.ac.jp

【参考図】

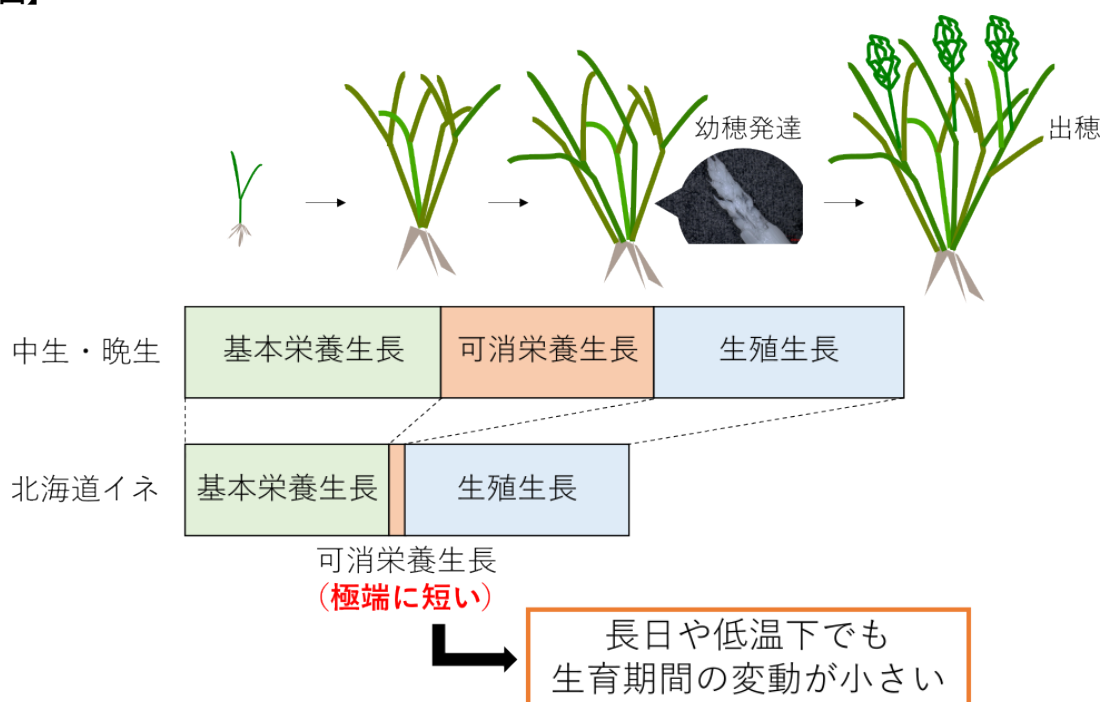


図 1. 中生・晩生イネと北海道イネの生長ステージの長さの違い

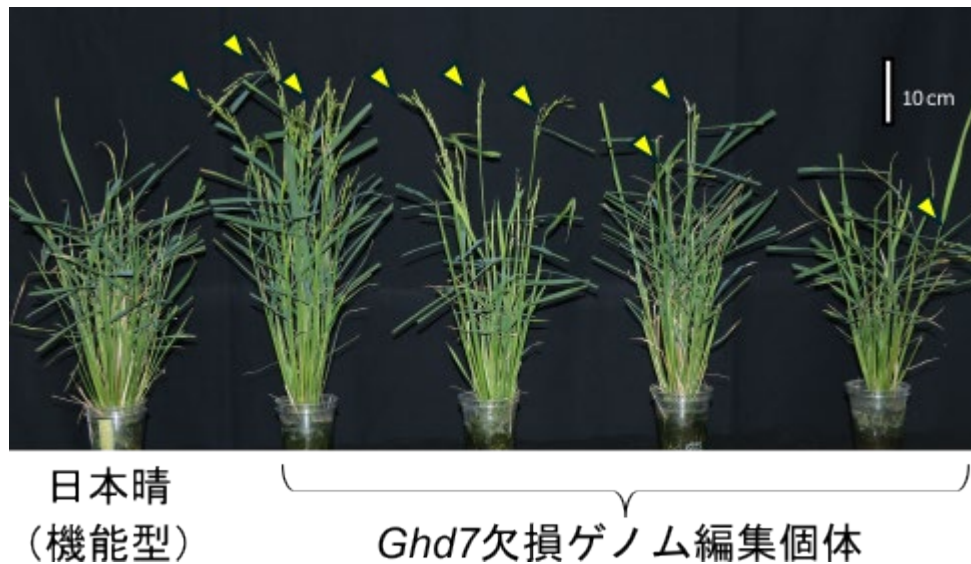


図 2. *Ghd7*ゲノム編集個体。写真は移植後 87日後。黄色矢印は出穂した穂を示す。

【用語解説】

- *1 出穂 … イネの稈から出た時の穂のこと。
- *2 幼穂 … イネの発生初期の穂のこと。
- *3 早生 … 播種から出穂までの日数が相対的に早い品種、大まかに 80 日から 100 日のこと。
- *4 基本栄養生長期 … イネの発芽後、生殖成長に向けた準備が開始されるまでのこと。
- *5 生殖生長期 … 穂の発生が開始されてから出穂までのこと。
- *6 可消栄養生長期 … 生殖成長に向けた準備期間で、基本栄養生長の後、穂が発生を開始するまでのこと。
- *7 中生 … 播種から出穂までの日数が相対的に中程度の品種、大まかに 100 日から 120 日のこと。
- *8 晩生 … 播種から出穂までの日数が相対的に中程度の品種、大まかに 120 日から 140 日のこと。
- *9 ゲノム編集 … 特定の遺伝子の配列を切断し、遺伝子を変異させる技術のこと。CRISPER/Cas9 と呼ばれる操作方法が主流。