

## ラオス産黒米由来で玄米のフィチン酸含量を高める量的遺伝子座 *qPA1* の検出

ラオス北部などの低肥沃度環境では、初期生育の不良がイネの安定生産を制約している。玄米中のフィチン酸は、発芽・初期生育期における主要なリン供給源であり、低肥沃度環境への適応性と密接に関係する。ラオス産黒米品種 *Kampeng* の高フィチン酸含量に関与する新規の量的遺伝子座 *qPA1* は第 1 染色体短腕に存在し、*qPA1* が *Kampeng* 型の系統は安定多収の白米品種 *Non* 型と比較してフィチン酸含量が約 23% 高い。本成果は、低肥沃度環境における初期生育の安定化を通じ、黒米の安定生産に資する育種基盤を提供する。

キーワード：黒米、フィチン酸、*qPA1*、ラオス

### 背景・ねらい

ラオス北部の山岳地帯では陸稲栽培が中心であるが、土壌肥沃度が低く、平均収量は約  $2.0 \text{ t ha}^{-1}$  と低水準にとどまっている。この地域では黒米が伝統的に栽培されており、栄養性や健康機能性の観点から地域住民の食生活を支える重要な作物である一方、低肥沃度条件下における生育不良が安定生産の大きな制約となっている。

玄米中のリンの約 60~90% はフィチン酸として存在し、ヒトの栄養利用の観点ではミネラル吸収阻害因子として議論される場合がある。しかし、イネにとってフィチン酸は、発芽および初期生育段階における主要なリン供給源であり、特に低リン条件下では初期生育を支える重要な貯蔵形態リンとして機能する。したがって、フィチン酸は作物側の適応性を規定する重要形質であり、低肥沃度環境に適応したイネ品種の育成においては、玄米中のリン貯蔵特性、特にフィチン酸含量に着目した育種戦略が重要である。

本研究では、ラオス産黒米品種 *Kampeng* と安定多収の白米品種 *Non* の交雑後代を用いて、玄米中のフィチン酸含量に関与する量的遺伝子座の探索を行う。さらに、黒米の形質的特徴と収量性の両立を可能とする育種基盤の構築に向け、低肥沃度環境下において良好な初期生育と安定生産を実現する黒米育成の方向性を提示する。

### 成果の内容・特徴

1. 白米品種 *Non* は黒米品種 *Kampeng* に比較して穂数が多く収量性が高い草型を有する（図 1A、B）。一方で、玄米中のフィチン酸含量は *Kampeng* が *Non* よりも有意に高い（図 1C）。
2. *Non* と *Kampeng* の交雑由来  $F_2$  集団を石垣およびビエンチャン（ラオス）の環境で栽培試験に供試した結果、どちらの環境においても第 1 染色体短腕末端にフィチン酸含量に関与する新規量的遺伝子座 *qPA1*

が安定して検出される（図 2A）。

3. 玄米色（黒／白）に関与する量的遺伝子座は、健康機能性成分であるアントシアニンの着色制御遺伝子として既報の *Kala4* 上に検出され、*Kampeng* 型が玄米を黒色化する（図 2B）。
4.  $F_2$  集団由来の次世代  $F_3$  系統のうち、*qPA1* が *Kampeng* 型および *Non* 型にそれぞれ固定した系統を栽培調査した結果、*Kampeng* 型が *Non* 型に比較して玄米中のフィチン酸含量が約 23% 高い（図 3）。

### 成果の活用面・留意点

1. 戻し交雑育種により、*Kampeng* 型 *qPA1* および *Kala4* を *Non* に導入することで、低肥沃度環境下においても発芽・初期生育時のリン供給能が高く、かつ収量性にも優れた黒米新品種の育成が可能となり、ラオス北部などの低肥沃度環境における安定生産への貢献が期待される。
2. 石垣の環境でも *qPA1* を検出できたことから、*qPA1* によってラオス以外の環境でもフィチン酸含量を増やせる可能性がある。
3. フィチン酸のヒトにおけるミネラル吸収阻害性については、発芽玄米としての利用や、フィチン酸を脱リン酸化してイノシトールへと変換する麴甘酒などの加工・利用技術により低減可能であり、作物側の育種上の利点とヒト側の利用上の懸念は切り分けて考えることができる。

### その他

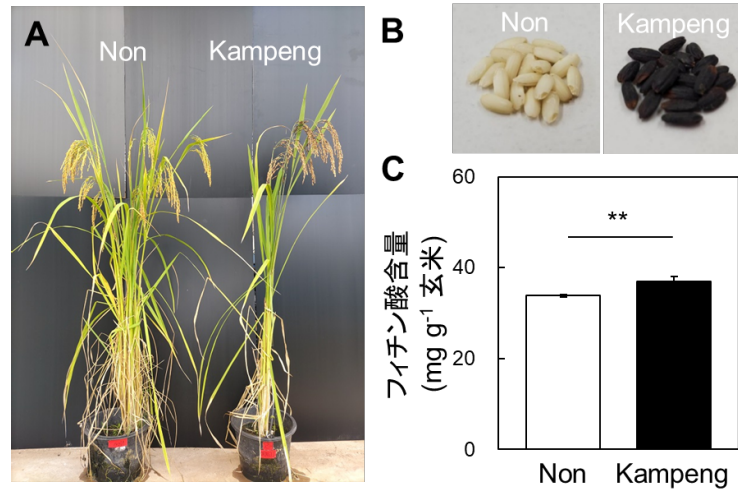
予算区分：交付金プロ [B2 新需要創造]

研究実施期間：2021~2024 年度

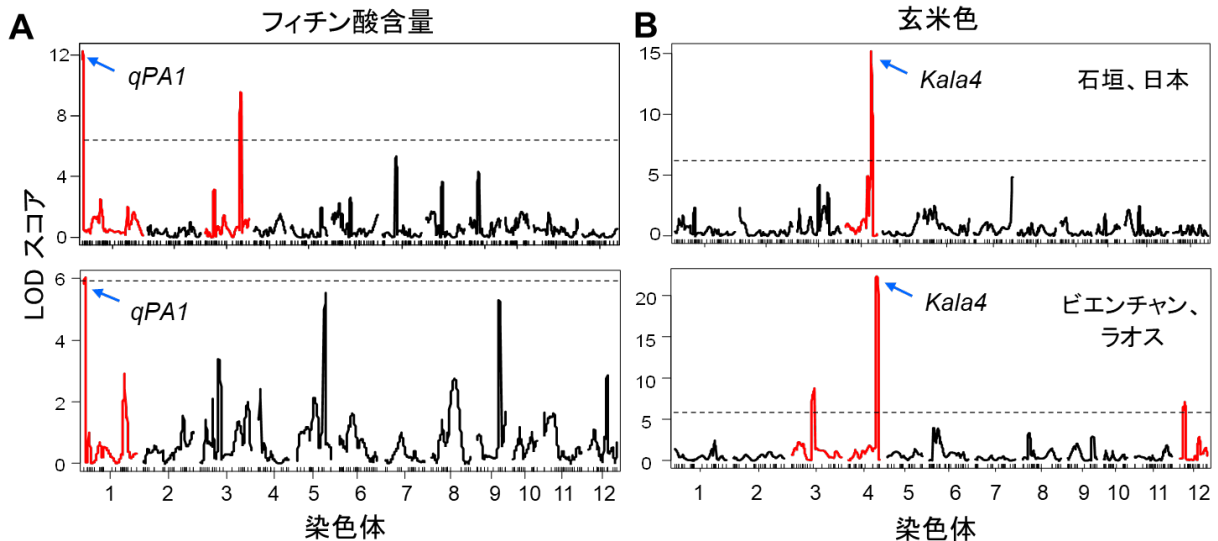
研究担当者：高井俊之、浅井英利、アウンゾーウー（生産環境・畜産領域）、丸井淳一郎（生物資源・利用領域）、齋藤大樹（熱帯・島嶼研究拠点）、Vilayheuang, K.、Phongchanmixay, S.（ラオス国立農林研究所）

発表論文等：Takai et al. (2025) *Frontiers in Sustainable Food Systems* 9: 1620644.

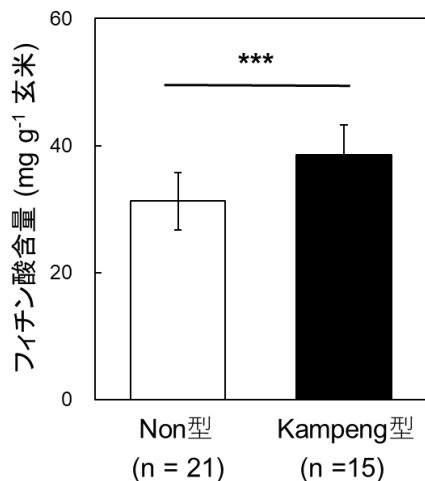
<https://doi.org/10.3389/fsufs.2025.1620644>



**図1** ラオス産白米品種 Non および黒米品種 Kampeng の表現型  
 両品種の草型(A)、玄米(B)、および玄米中のフィチン酸含量の比較(C)。  
 \*\*は 1%水準で有意であることを示す（*t*検定）。



**図2** Non と Kampeng の交雑由来 F<sub>2</sub> 集団を用いた玄米中のフィチン酸含量(A)および玄米色(B)の遺伝解析  
 上が石垣、下がラオス、ビエンチャンでの栽培試験の解析結果。点線は遺伝解析の閾値であり、閾値を超えた LOD スコアを赤色で示す。



**図3** F<sub>2</sub> 集団由来の次世代 F<sub>3</sub> 系統のうち、*qPA1* が Kampeng 型および Non 型にそれぞれ固定した系統間での玄米中のフィチン酸含量の比較  
*n* は系統数。\*\*\*は 0.1%水準で有意であることを示す（*t*検定）。

図は Takai et al. (2025) より CC BY 4.0 に従い転載/改変して作成  
 © Author(s) 2025 <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ja>