

「はだか麦の遺伝学」

岡山大学 資源植物科学研究所 (倉敷市)

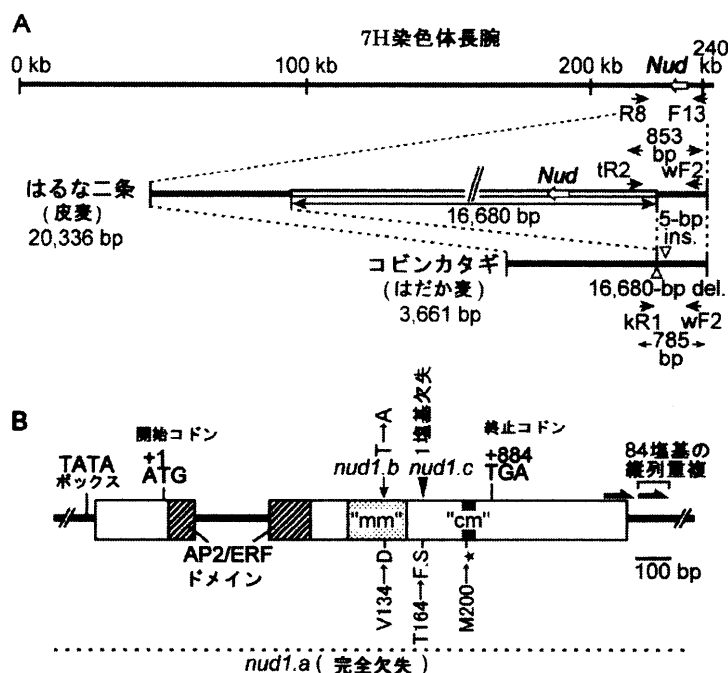
武田 真

オオムギ(*Hordeum vulgare* L.)はトウモロコシ、コムギ、イネ、ダイズに次いで生産量が世界で第 5 位の重要な穀物である。オオムギの祖先種は熟すと種子が脱落するスポンタニウム垂種であり、それから人間の栽培に適した栽培種が今から約 1 万年前に出現した。オオムギには、1 つの穂に種子が 2 列稔る“二条”と 6 列稔る“六条”や、脱穀すると種子と殻が固着して離れない“皮麦”と種子のみがきれいに分離できる“はだか麦”がある。オオムギの原型は皮性・二条であるが、オオムギの栽培化の過程で、裸性や六条のものが選抜されてきた。皮・裸性と条性は別々の遺伝子で決まる。イネ科作物で皮・裸性の違いがあるのはオオムギだけで、他は裸性しかない。皮麦は飼料や醸造用に使われるのに対し、はだか麦は麦味噌、焼酎原料や麦飯などの食用に利用される。ビール大麦では皮は麦汁の濾過剤として必須である。皮麦とはだか麦の違いは単一の遺伝子の違いによって決まる単純なメンデル遺伝に従い、皮性が裸性に対して優性であることは知られていた。しかし、遺伝子の実体は不明で、種子と殻が接着するメカニズムも不明であった。

(1) オオムギの“皮性”と“はだか性”を決める遺伝子の特定と遺伝子単離の証明

筆者らはオオムギのはだか性の原因遺伝子を単離する研究を 2000 年頃に開始した。オオムギの全遺伝情報(ゲノム)はヒトの約 2 倍の 53 億塩基対と巨大で、2004 年にゲノム配列の解読が終了したイネの約 12 倍に相当し、トランスポゾンを中心とする反復配列が 80% 以上を占める。オオムギのゲノムは当時、未解読だったため、遺伝子探しの作業は干し草の山から針を見つけ出すように困難だった。幸いにも 2008 年に皮・裸性を決める *Nud/nud* 遺伝子(はだか性を意味する *nudum* の略)を、マップベースクローニングという精密な遺伝地図と物理地図を長い時間をかけて作成し、原因遺伝子が存在する場所を絞り込む力仕事により特定できた(図 1)。この成果は世界初であり、遺伝子特許申請完了と同時に論文発表した。

原因遺伝子は ERF (ethylene response factor) 転写因子とわかった。植物ホルモンの

図 1. オオムギの皮・はだか性を決める *Nud* 遺伝子の構造。

A: はだか麦では皮性系統に比べ約 17 kb の染色体欠失がある。

B: 人為誘発はだか麦では遺伝子の機能的に重要な部位に変異が認められた。

1 種であるエチレンに反応する遺伝子に類似の特徴(AP2/ERF ドメイン配列)を持つため ERF の名称がついているが、オオムギの *Nud* 遺伝子の機能はエチレンとは無関係とみられる。なお、転写因子とは他の遺伝子の転写を制御する司令塔の役割を果たす遺伝子のことである。

Nud と類似の遺伝子は双子葉植物のモデルであるシロイヌナズナにも、単子葉植物のモデルであるイネにも存在する。シロイヌナズナの *Nud* 相同遺伝子は *AtWIN1/SH1* と名前がつけられ、葉表面で脂質の生合成や分泌を制御する転写因子であると報告されていた。そこで、オオムギの未熟な種子を、脂質染色剤であるズダンブラック B で染色してみた。皮麦は真っ黒に染色され脂質が種子表面に分泌されているが、はだか麦は色素で染まらず種子表面に脂質が無いことがわかった。すなわち、皮麦では *Nud* 遺伝子が働いて種子表面に脂質が作られ殻と接着するが、はだか麦では突然変異で機能のある *Nud* 遺伝子が失われたため脂質が作られず種子と殻の接着が起こらないことがわかった。さらに、*Nud* 遺伝子は種子表面でのみ発現して、葉などの組織では発現していない。そのため、この遺伝子が欠損しても植物体には悪影響を及ぼすことなく皮麦からはだか麦への転換が起こることもわかった。

オオムギ(皮麦)の種子と殻を接着させる脂質の詳細な成分や分子構造は決定できておらず、今後に残された課題である。

(2) はだか麦の起源 (ルーツ)

現在、はだか麦は東アジアに偏って分布しているが、歴史をさかのぼると、はだか麦は世界各地に広く分布していたことがわかる。そこで世界各地のはだか麦 100 系統、対照として皮麦 106 系統と祖先野生種スポンタニウム亜種 53 系統の *Nud* 遺伝子を調べた。調査した全てのはだか麦は *Nud* 遺伝子を含む約 17 kb の領域を欠損していた。この結果は世界中のはだか麦は同一の欠失型遺伝子を持ち、皮麦からはだか麦への突然変異は 1 回限りだったことを示す。そのような幸運な突然変異で生じた はだか麦 が約 8 千年前、中東の注意深い農夫に見出され、その“はだか性変異”は有用なため世界中に広がったと考えられる。

一方、はだか性遺伝子近傍の分子マーカー sKT7 の調査から、はだか麦はシルクロード経由で日本に伝来したと判明した(図2)。

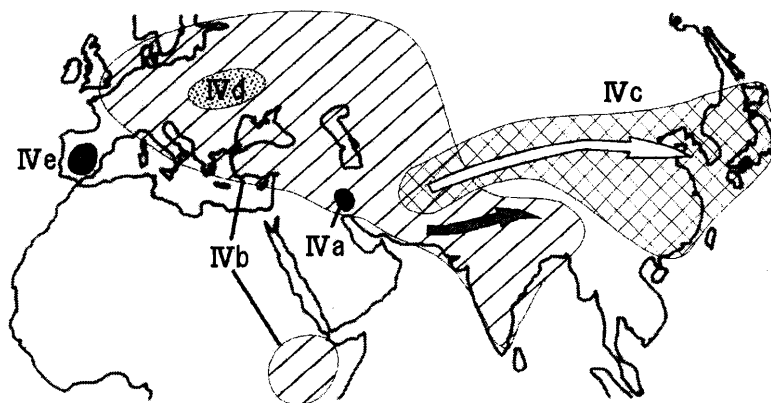


図2. はだか麦の日本への伝来経路. IVc 型が伝来(白矢印)。

(3) 遺伝子研究からの展望

裸性は劣性遺伝子のため雑種では優性の皮性遺伝子に覆い隠されてしまう。また、皮・裸性は種子が成熟するまで判別できないので、品種改良の際の選抜効率が悪い。しかし、原因遺伝子が単離できたことで、種子や幼植物の段階で DNA 鑑定すれば、その個体が将来皮麦になるかはだか麦になるかの早期判定が可能になった。大麦加工品でも DNA さえ抽出できれば皮麦、はだか麦由来かを DNA 鑑定する技術確立済みである。