

「古代米」から稲の世界へ

誌名	日本醸造協会誌 = Journal of the Brewing Society of Japan
ISSN	09147314
著者名	猪谷, 富雄
発行元	日本醸造協会
巻/号	107巻10号
掲載ページ	p. 719-732
発行年月	2012年10月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



「古代米」から稲の世界へ

日本人は普段コシヒカリに代表される限られた品種のお米ばかり食べているが、稲の世界は多様である。本稿では、「古代米」をきっかけに、稲の多様性から稲と稲作のルーツまで解説いただいた。是非ご一読を。

猪谷 富雄

1. はじめに

「古代米」という言葉は、使用する人によってややニュアンスが異なるが、「赤米」や「黒米」のような「有色米」を中心に、古そうな米あるいは稲の品種群を指すようである。「香り米」などを入れることもある。関連の書籍を単著や共著で出す機会もあり¹⁻⁵⁾、このたび編集者から寄稿を依頼されたことを機に、タイトルに古代米が含まれる論文・書籍ならびに醸造などへの利用例を調べた。その概要とともに、よりひろく稲の世界を紹介したい。

1994年のテレビドラマ「夏子の酒」では、ヒロイン夏子が兄の遺志を継いで幻の米「亀ノ尾」で昔の酒を復活した。山口県では「穀良都」、鳥取県では「強力（ごうりき）」という昔の品種を用いて、日本酒が醸造されている。在来稲の種子は、各地の大学、農業技術センター、国公立のジーンバンクに保存されており、古い文献に記された酒原料と同一の品種名がそのリストに見られることがある。稲は栽培し続けなければ数年で発芽力を失う。しかし、現在では水分含量を十分に低下させた種籾を冷凍室で貯蔵することで、きわめて長期間の保存が可能となった。復活栽培を希望する者には心強い味方である。もちろん、同名異種や異名同種もあり、また栽培の継続によって一部の形質が変化していることがあり得る⁶⁾。

米が単なる食品の一部になり、稲作が経済の問題になりつつある現在、あらためて米の持つ文化性や稲を育てる水田の役割について考える必要がある。水田は環境問題とも密接な関係があり、地域が美しく保たれ

ていることにも直接かかわっている。

コシヒカリに代表される「おいしい米」ばかりを食べてきた日本人が、赤い米もあるのだと知る。タイ米タイプの米もある。米の色も形も大きさも、籾の色も、芒のあるなしも多様である。今までほとんど一種類の米しか知らなかった人が、稲の多様性に気づく。赤米に代表される古代米に関心を持った人が、稲の多様性から、稲と稲作のルーツ、ひいては郷土のルーツに関心を持つことを期待する。

2. どうして古代米とよばれるのか？

「古代米」は、赤米など有色米の代名詞としてひろく使用されている。真の意味での「古代米」は、例えば平安時代の仏像胎内から見つかった稲籾や遺跡からの出土米であり⁷⁾、現在の水田に復元するのは不可能である。遺跡出土米に「古代米」という言葉を用い始めたのは、「日本の古代米」（佐藤 1971）を初め、戦後の稲作史研究会である⁸⁾。アジアの古い寺院や城壁の古煉瓦に含まれる往時の稲籾も含む古代の米のことであった⁹⁻¹¹⁾。

平城宮跡から出土した木簡に記された「丹後の国竹野郡芋野地区から赤春米が朝廷に納められた」（第1図）の赤春米とは何かに疑問を持った京丹後市の郷土史家・芦田行雄氏が、1981年、岡山県総社市の神社に伝わる赤米を入手し、復活栽培に成功した¹²⁾。新聞で報道され大きな人の輪ができた。そのグループで、赤米、黒米、香り米などを、古代米（古代稲）と称した。「在来稲」と呼んでもいいのだが、「古代米」には品種改良され、栽培しやすくなった赤米・黒米も含ま

丹後国竹野郡芋野郷採部古与曾赤春米五斗

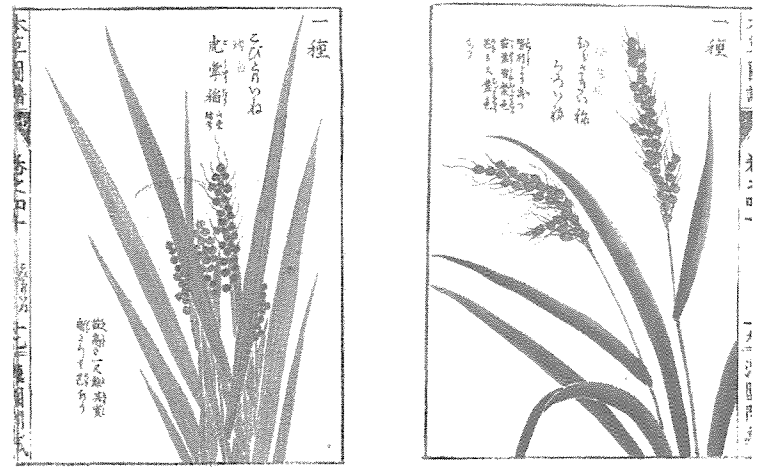
〔京都府竹野郡弥栄町字芋野〕
〔丹後国竹野郡芋野郷採部古与曾赤春米五斗〕

第1図 平城京(710～784年)跡出土木簡(国立奈良文化財研究所蔵)
全国各地から都に送られた貢進物に付けられた荷札の一つである。京都府竹野郡弥栄町(現・京丹後市)の芋野から赤春米5斗が奉納されたたとある。

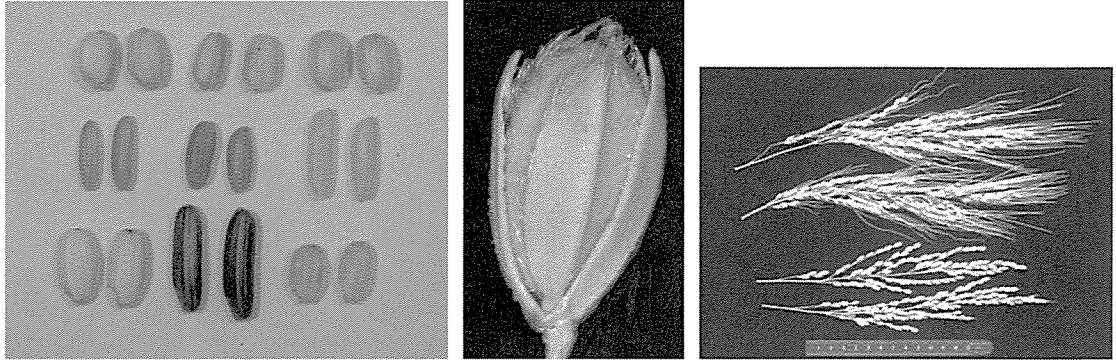
れている。とくに、1989年から始まった農林水産省のスーパーライス計画で多くの栽培しやすく収量も高い新品種が開発され、府県も追隨して、変わりものの米が認知されたことが大きい^{13,14)}。料理や菓子の分野では、古代米と称して有色米が雑穀の一つのような感覚で、その利用が提案されてきた¹⁵⁾。

「日本古代稲研究会」は、今年26回目の「赤米シンポジウム」を日本三景・天橋立がある京都府野田川町で開催した。多くの生産農家、加工業者、文化人の情報交換の場になっている。

一般に古代米(または古代稲)と称されているのは、昔の稲が持っていたであろうと推測される特徴を今なお色濃く残す稲品種群である¹⁾。昔の稲は現在の稲に比べて、草丈(背)が高く、穂は大きいものの穂数は少なく、倒れやすく、収量が低く、芒(のぎ)が長く、脱粒性や種子休眠性があることなどが特徴として挙げられるが、こういった性質はあまり栽培にあたっては歓迎されないだろう。野生の稲はそのほとんどが玄米表面に赤い色素を含む赤米であり、また古くからの稲作地帯には必ず香り米があるが、このように米が赤いとか香りがあるとかの特徴を持つために通常の品種改良の対象としては排除されてきた品種群を古代米と言っていいのかもわからない。また、極端に背の低い矮性稲(わいせい稲)や葉が紫色の紫稲(むらさき稲)(第2図)についても、江戸時代の古い農書にみられ、関心が持たれていたことが分かる³⁾。古代米とは、赤米・



第2図 江戸時代の史料にみる稲の変異種
岩崎灌園著『本草図譜』(1844)の「こびとの稲」と「むらさき稲」



第3図 玄米・籾の形態の変異例

(左)様々な粒型・大きさの玄米(右下がコシヒカリ)

(中)長護穎籾 籾の籾の外側の基部に付いている一対の小器官が非常に長い籾

(右)長芒籾「猪喰わず」(上2穂)および「日本晴」(下2穂)

黒米・緑米のような有色米および香り米・紫籾などの普通の米でない、「変わりだね」が呼ばれるようである。

なお、芒とは籾の先端に着いている毛のようなもので、野生籾はよく発達した芒を持ち、芒や籾には小さく堅い剛毛(鋸齒)がびっしりと生えている。滋賀県の在来籾「猪喰わず(ししくわず・いくわず)」(第3図右)は、かつては鳥獣害を被る地域で栽培され、おそらく自家用米の食糧として利用されていた。脱粒性は、種子脱落性ともいい、種子が穂から落ちやすい性質であり、種子休眠性は、外見上は実っている種子が温度や水分などの条件が整っても発芽しない性質である。栽培籾は、いずれの性質も失っている。また、成長・成熟も齊一になっている。古代の水田は様々な籾が混じっていたことが最大の特徴であったかもしれない¹⁶⁾。

3. 籾の原産地と日本への伝播

イネ(オリザ)属は、数億年前に南半球にあったゴンドワナ大陸で生まれ、ゴンドワナ大陸がアフリカ、南極大陸、オーストラリア、マダガスカル、南アメリカ、南アジア、東南アジアに分かれたとき、別々の地域へと分かれていったと推定されている¹⁷⁾。しかし、最近の遺伝子の研究からは200万年前に分化し、鳥などによる自然散布とその後の隔離状況から大陸毎に分化したとの考え方もある¹⁸⁾。研究者により分類法が異なるが、現在22あるいは23種がアジア、アフリカ、オーストラリア、中南米に分布する。

その内、栽培籾は植物学的に2種がある。アフリカ

籾 *Oryza glaberrima* はニジェール川流域で栽培されてきたが、収量が低く、現在世界で栽培されるほとんどはアジア籾 *Oryza sativa* である。アジア籾は、さらに生態型によってインディカとジャポニカ、ジャポニカはさらに熱帯型と温帯型に分けられる。インディカは、南・東南アジアをはじめ世界中の多くの地域で、熱帯ジャポニカ(ジャバニカ)はインドシナ半島や東南アジアの島々で、温帯ジャポニカ(ジャポニカ)は日本を含む東北アジアで栽培されている。一般に、インディカは粘りが少ない長粒種、熱帯ジャポニカは粘りのある大粒種、温帯ジャポニカは粘りのある短粒種と理解されているが、例えばインドには短粒の米が広く栽培されており実際は多くの変異がある¹⁹⁾。

アジア籾の祖先は、アジアの熱帯や亜熱帯の湿地に生えている多年生の野生籾 *Oryza rufipogon* で、日本の籾が収穫後、暖かい日が続くと切り株から葉や穂を青々と出しているのがよく見られるが、これは多年生の性格を受け継いでいる証拠である。アジア籾の起源地については、①インドや東南アジアの低湿地帯説、②アッサム・雲南の山岳地帯説、③ジャポニカ長江起源説、という3つの説がある。最近とくに注目されているのが③で、中国・長江(揚子江)の中下流域で1万年前の野生籾を利用した遺跡、7千年前の籾と水田跡が見つかったことなどから、ジャポニカはこの地域で生まれ、インディカは異なる起源を持つという説である。また両者ともこの地域が起源という説もある。将来、遺跡の発掘や分析技術が進歩すれば、さらに明

確になるであろう¹⁹⁻²²⁾。

稲の日本への伝来は、大きく分けて3回あったと考えられている。第1次の伝来は雑穀の一つとしての稲の伝来で、その稲は焼き畑農耕として水陸未分化の陸稲的な稲（熱帯ジャポニカ）で縄文時代中期（約5000年前）、第2次の伝来が水稲（温帯ジャポニカ）の伝来で縄文晩期から弥生時代初め（約2500年前）、第3次の伝来は大唐米（インディカ）の伝来で中世の11～14世紀である。日本にやってきた稲には、白米も赤米もあったと思われる。さらに、最近の考古学のデータからは熱帯ジャポニカが弥生時代や中世に数回にわたり伝播してきた可能性が示唆されている。

日本の夏はどこでも暑く雨も多い。稲は水を張った状態で栽培でき、生産性が高く、千年以上連続して栽培しても安定して米を作ることができる。水田に植えた稲1株は、およそ30本の分けつ（茎）を出し、20本の穂をつけ、1つの穂には平均70粒の籾がつき、1夏で籾1粒が500～700倍にも増える。これは現在の稲の数字であるが、昔の稲はそれほどではなくとも他の穀類に比べて非常に高い生産性を持っていた。水田は日本の自然条件をうまく生かし、同時に自然災害から村を守っている。稲を作らない秋から春にかけては、二毛作として麦類や菜種や野菜を栽培し、むだなく太陽エネルギーを活用していた。このように、稲は日本の気候風土に適合し、収穫後も長期間の貯蔵ができ、極めて優れた作物であった。江戸時代は、加賀百万石や広島浅野家42万6千石のように、米は大名

の治めていた藩の財政規模をあらわしていた。1石とは1,000合すなわち玄米で150kgのことで、当時は1人が1日に3合の米を食べていたから、1人を1年間雇えるだけの経済力を持っていたことを示している。江戸時代の藩主は、米の生産を増やそうと、新田を開発し、ため池の設置、水路の整備などに力を入れてきた。美しい水田は先祖の努力の積み重ねで生まれてきた。豊作を祈願し感謝する祭りなど、稲は日本の文化そのものを形成したといってもよいであろう。

4. 有色米、香り米など稲品種群の分類

1) 稲品種群の分類

稲は多種多様な環境に適応して生育することができ、また、米の品質や食味は食生活や人々の好みと関連して変化する。生態学的には、水条件に対応して陸稲・乾稲・水稲・深水稲・浮稲、出穂期では早生・中生・晩生、形態学的には、草型では穂重型・穂数型、草丈では矮性・半矮性・巨大稲（20～200cm）、芒の有無と長短でも分けられる。デンプンの性質ではモチ・半モチ・ウルチ（アミロース含量0～35%）、米の香りでは香り米、玄米の色では赤米・黒米・緑米、葉の色では紫稲・黄稲・縞稲（白と黄）、米粒の大きさでは小粒・中粒・大粒（玄米1粒重10～50mg）、粒の形では円粒・短粒・中粒・長粒・細中粒（長幅比で1～4）に分類できる。玄米・籾の形態の変異の写真（第3図）と様々な特徴を持った品種群を整理した（第1表）。

第1表 様々な特徴を持った稲品種群

グループ	特徴
赤米	タンニン系赤色色素を糠層に含むイネ。日本型とインド型がある
黒米	アントシアニン系黒紫色色素を糠層に含むイネ。紫黒米、紫米とも
緑米	クロロフィルが残っているうちに収穫した米
香り米	ポップコーンのような香りを持つイネ。世界で最も高価なバスマティもジャスミンライスもこの1種
低アミロース米	アミロース含量が5%から16%程度まで。粘りが強く、ブレンド米や冷凍米飯に向く。半モチとも
高アミロース米	アミロース含量が25%以上。硬くばさばさしており、カレー、チャーハン、ピラフやライスヌードルの製造に向く
低アレルギー米	米アレルギーの原因物質を減らしたイネ
巨大胚米	胚芽の部分が大きく、浸漬によって血圧降下作用などのあるギャバを生成するイネ
大粒・小粒稲	普通の米粒の2～3倍（40～50mg）、または半分程度（10mg）の大きさのイネ
観賞稲	葉が紫色、黄色、縞模様（白・黄）のものや、穂が赤や紫、ピンクで美しいイネ
矮生稲	草丈が20～50cmのイネ
飼料稲	茎葉をサイレージに利用する、あるいは米を家畜の餌として利用するもの
その他、鎌不要、もつれ、多けつ稲、長芒稲、長護穎稲、無毛稲、糖質稲、粉質米など	

2) 有色米 (色素米)

有色米とは玄米の表面が遺伝的に着色しているものの総称であり、タンニン系で赤褐色を呈する「赤米」(あかごめ、あかまい)、アントシアニン系で黒色を呈する「黒米」(くろごめ、くろまい、別名「紫黒米」, 「紫米」) およびクロロフィル(葉緑素)系で緑色を呈する「緑米」(みどりごめ、みどりまい)に分類できる¹⁾。赤米や黒米の色素成分は、玄米の糠層に含まれるので、精米すると白くなる。「日本赤米考」(嵐1974)では両者をまとめて赤米と呼んでいるが²³⁾、色素成分が異なるので区別したほうがよい²⁴⁾。これらの色は、品種や栽培環境などによって、濃淡の違いがある。とくに、緑米は早めに収穫しないと色があらわれない。

野生の稲は、ほとんどすべて赤米で、米を赤くする遺伝子は白くする遺伝子に対して遺伝的に優性である。米を赤くする遺伝子のDNA配列が明らかにされ、その遺伝子の一つの14塩基のDNA配列が欠損することで、遺伝子機能が失われ白米となることがわかっている²⁵⁾。赤米は、古くから日本に入っていた温帯ジャポニカ型と中世の11世紀後半から14世紀に中国から導入されたインディカ型に分類できる。いずれも明治以降、雑草として日本の水田から排除された。しかし、これら赤米の一部はジーンバンクに収集され、あるいは神事などのために残った³⁾。

インディカ型赤米は、大唐米・唐干・唐法師・赤とも呼ばれ、早熟で不良環境や病害虫に強く、江戸時代には関東から北陸地方以西において広く栽培され、特に低湿地や新たに開発された新田などに植えられた。「日本のものの口のひろさよ/たいとうをこかしにしてや/飲むらん」(犬筑波集、16～17世紀)の「たいとう(大唐)」には、大唐米そのものと、偉大な中国という二つの意味が含まれている。まずい大唐米を、はったい粉(香煎)²⁶⁾や菓子にして利用していたことがうかがわれる。大唐米は品質が劣り、低価格で、炊飯米以外に漢方薬や菓子類として広く利用されていた。「御前菓子秘伝抄」(1718)には、南蛮菓子、餅、団子、羊羹、飴など105種の菓子の製法が記載され、そのうち15種の菓子が大唐米を利用している³⁾。

黒米は、東南アジアや中国で古くから栽培されていたが、日本には戦後多くのルートで導入され、注目され始めたと推測される。日本で初めての黒米モチ品種

として記録に残っているのは「紅血糯」であり、九州大学に1923年に導入されている¹¹⁾。中国では、皇帝にささげる薬膳米として扱われていた歴史を持ち、今でも多くの在来種や半改良種がある。タイでも竹筒飯などの伝統料理や菓子に使用されている。

現在普及している品種として、赤米には「ベニロマン」, 「つくし赤もち」, 「紅衣」, 「夕やけもち」など、黒米には「朝紫」, 「おくのむらさき」, 「さよむらさき」など、緑米には「アクネモチ」がある。いずれも脱粒性はなく栽培しやすい⁴⁾。

3) 香り米 (匂い米, 麝香米)

炊飯すると独特の香りを発生する米は、かつて匂い米、麝香米(じゃこうまい)、鼠米、香子(かばしこ)などと呼ばれ、現在では香り米と総称されている。古い時代から世界中に分布し、大切にされてきた歴史を持つ。わが国最古の農書と考えられている「清良記」(1628)にも「薫早生」, 「香餅(こうばし)」の品種名がある¹⁾。その香りは炊飯した場合だけではなく、植物体全体からも発散し、特に開花中はかなり遠くからでもそれとわかる品種もある。炊飯時の香りは、煎り大豆やポップコーン様、またはネズミ尿臭と形容されることもあって、人によって好き嫌いがある。インドとパキスタンにまたがるパンジャブ地方で生産される「バスマティ」は米の国際市場で非常に高価に取り扱われており、アメリカや国際稲研究所(IRRI, フィリピン)、日本でも香り米の新品種が育成されている。日本で改良された品種には、「はぎのかおり」, 「さわかおり」, 「サリークイーン」, 「プリンセスサリー」などがある。高知県は、日本一の香り米生産量を誇り、中山間の昼夜の気温差の大きい地域で香り高いものができる。普通米に3～5%程度をブレンドし、芳香を楽しむ。食味がよく、ブレンドせずに食べられる「十和錦(とおわにしき)」も注目されている^{27,28)}。

4) 観賞稲

時代や人により定義は変わりうるが、玄米が赤いものを赤米と呼ぶのがよい。「赤もち」や「赤わせ」のように品種名に「赤」を冠するからといって、その稲は赤米とは限らない。外観の赤い稲であることも少なくない⁶⁾。

穂が出そろった時期(穂揃期、ほぞろいき)に観察すると、普通の稲は、籾は緑色で、芒はほとんどないのに対して、多くの在来稲は、籾はピンク、赤、紫、

黒、黄金色、芒は白、ピンク、赤など、非常にカラフルである。葉は、赤、紫、黄色、そして白あるいは黄色の縞（しま）のものがある。縞も縦縞と横縞があり、黄色の横縞はゼブラ斑とよばれる。赤や紫はアントシアニン系色素を含むことで、黄色はクロロフィルが少ないためにキサントフィルが目立つことで生じる。アントシアニン系色素は、色素原遺伝子と分布遺伝子によって、籾の先、雌しべ、葉の一部などにも発現する。

江戸後期の新潟・新発田藩の農書に、「紺稲」別名「ピロウド稲」が記載され、葉の表面がピロウドのようで茎葉が紺色の品種であり、紫稲の一種がすでに存在していたことがわかる³⁾。

草丈の低い、いわゆる矮性稲はすでに江戸時代から知られている³⁾。江戸中期に出羽国において作成された「羽陽秋北水土録」には、「田の神稲」の記載がある。この稲は、草丈がきわめて低く、分けつは非常に多く、茎葉は硬く、濃緑色を呈し、米は小粒で、神聖視されていたことがうかがわれる。通常とは違う異形のものに神の技を見たのか？ 密に籾のついた稲穂に豊作を祈ったのか？ 江戸後期の「本草図譜」は、わ

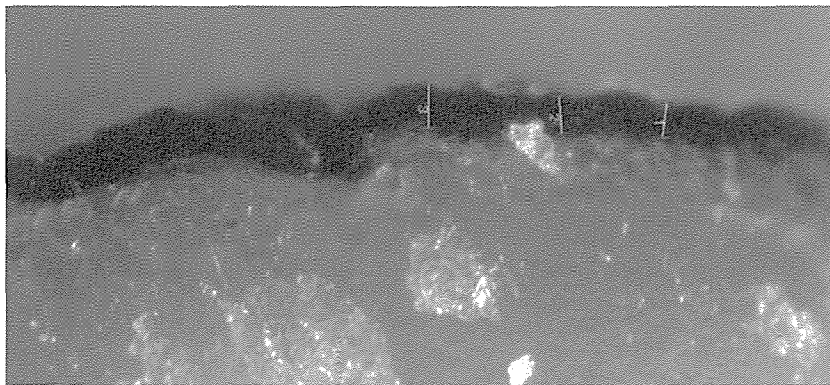
が国最初の本格的な彩色の植物図鑑であり、矮性稲の記述がある。同じく、江戸後期の「百品考三編」には愛玩用の盆栽に適した矮性稲の記載がある。なお、稲の品種改良の歴史や変異系統については、「稲一品種改良の系譜」(菅 1998)が参考になろう²⁹⁾。

5. 有色米・観賞稻などの利用例と地域おこし

有色米の色素は、玄米の種皮あるいは果皮、すなわちいわゆる糠（ぬか）層の部分に含まれ、完全に精米するとほとんど白い米と区別できない（第4図）。したがって、その特色を生かすために玄米のまま、または軽く精白して、または玄米の米粉にして利用される。

利用法は、米飯、料理、菓子類、麺類、酒類、その他多くの食品への利用が開発されている（第2表）。食品以外でも、天然色素として紙や布の染色もおもしろい。草木染三代目・喜多長蔵氏は、赤米・黒米の糠および紫稲のワラ（茎葉）による染色を手がけ、「万葉染」として発表した。化学染料では出せない深みのある、落ちついた素晴らしい色が生まれている¹⁾。

黒米は中国では古くから病人や産婦の栄養食品とさ



第4図 黒米玄米の断面図

第2表 有色米・観賞稻などの利用例

種類	加工品
玄米	米飯添加用、黒米雑穀
米飯	赤飯、お粥（レトルト、缶詰）、赤餅、桜餅、おはぎ、茶漬け
菓子	饅頭、煎餅、おかき、落雁、飴、クッキー、ボン菓子、カステラ、ういろう、ちま
麺	うどん（乾・半乾）、ざるそば風うどん、そうめん
酒類	日本酒、黒ビール、甘酒
その他食品	パン、味噌、醤油、玄米茶、米粉
工芸	布・和紙の染色、注連飾り、リース、ドライフラワー、活花、鉢植え
景観	水田アート（文字、図）

れており、ネパールでも赤米は薬用として食されている。赤米のタンニンも黒米のアントシアニンもいずれもポリフェノールの1種であることから、抗酸化性や抗変異原性などさまざまな生理的機能にわが国でも関心が高まっている。わが国では、赤米は赤飯のルーツではないかといわれ、中国では黒米が慶事に用いられるという。黒米は、島根県飯南町赤米や静岡県伊豆市修善寺などで、薬膳料理として生かされている。

本学でも、食品科学の専門家が庄原市の支援を得て、黒米の米糠を8%添加し、ポリフェノールや食物繊維の豊富な「むらさきのゆめクッキー」を試作、販売している³⁰⁾。近隣の農業生産法人でも、安全安心を感じられる地産地消の大切さを訴え、地元の子供達に動機づけの1つとして変わりものの稲を見せ、食育に活用している。本学に隣接する国営備北丘陵公園では「黄と紫の市松模様」(第5図)を実施した³¹⁾。日本各地で、葉色や穂色が違う観賞稲を用いて絵や文字を描く、いわゆる水田アートが行われてきた。中でも、青森県田舎館村(いなかだてむら)は弥生時代の水田遺跡である垂柳遺跡で有名であるが、1993年にスタートした巨大な「田んぼアート」には歴史とノウハウがある。

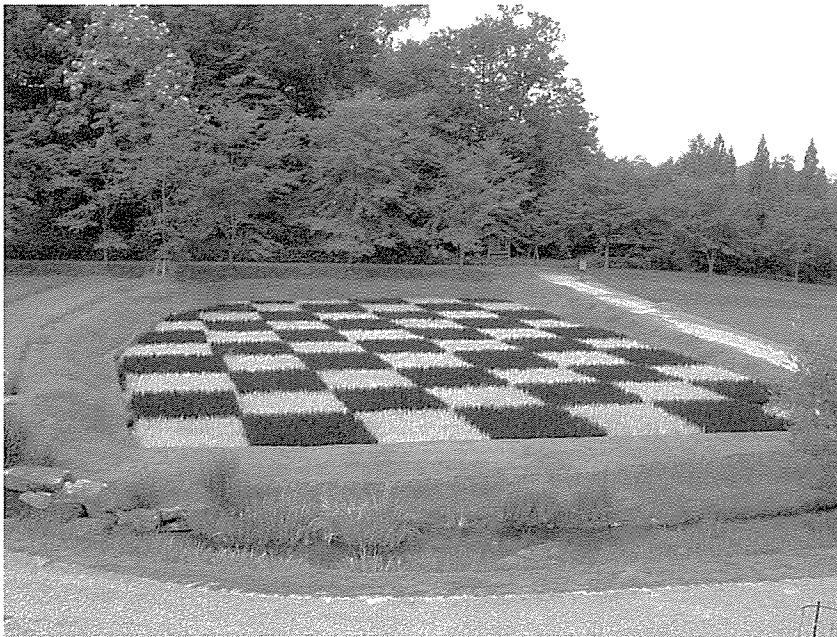
佐賀県江北町の武富勝彦氏は自然農法による古代米

の栽培で、2002年イタリアのスローフード大賞を受賞した³²⁾。長野県小布施町の唐木田清雄氏は、「日本古代稲研究会」の元会長であり、長年かかって収集してきた在来品種を出穂後に青刈り、乾燥して、稲のドライフラワーを試作し、推奨品種を公表している³³⁾。また、クエン酸の薬液処理によって粳や芒あるいは莖葉の色を濃く発色させる手法も公開している。このように、九州から北海道まで、いわゆる古代米を活用した地域おこしが行われ、学校教育や食品加工、芸術工芸分野でも使われている³⁴⁻⁴¹⁾。

6. 醸造への利用

最近では日本酒も多様化が進み、アルコール分7~8%の低アルコールタイプや炭酸ガスを封じ込めたスパークリングタイプもあれば、色つきのタイプもある。「COKUN」は、賀茂泉酒造(広島県)の酒で、女性がコクンと飲むイメージで命名された。着色料は使わず特殊な酵母で自然なピンク色を表現した極甘口である。また、「ど黒」(秋田県)は、食用の竹パウダーを混ぜて黒くした酒である⁴²⁾。また、岡山大学は「おお岡大」、広島大学は「広大」など、多くの大学で産学連携によりオリジナルの日本酒を醸造している⁴³⁾。

醸造酒を着色する場合、法律の制約を受け各種色素



第5図 水田アート(市松模様の植え付け, 備北丘陵公園, 庄原市 2005)

は使用できない。赤い酒を醸造するには、中国で古くから使われている麴（コウジ）の1種モナスカスという紅麴（あんか）を用いる方法と、赤色色素を生産、分泌するアデニン要求変異株の酵母を用いる方法が、従来知られている。しかし、これらの方法でできる赤色色素は温度や光によって不安定であり、退色しやすかった⁴⁴⁾。

有色米を使用する方法が、1983年蔭山公雄氏によって開発された。有色米をそのまま或いはこれを破碎して蒸煮し清酒の仕込み時または発酵中のもろみに添加する、あるいは酒類の製造中に有色米の酒精浸出液を添加することを特徴とする着色酒類の製造方法である¹⁾。

有色米の色素特性として、食品総合研究所の名和義彦氏らはアントシアニン系の色素はタンニン系の色素よりも成分組成が比較的単純であるため有用性が高いとしている²⁴⁾。我々の研究室でも、広島県立総合技術研究所食品工業技術センターの協力を得て、赤米4種と黒米8種の醸造試験を行なった⁴⁵⁾。発酵液の成分は日本酒の一般的な値と比較すると異なるものが多く、その原因としては、色素の影響を見るために玄米を用いたため雑みの原因となる成分が多い酒になったことが推測された。発酵液の色調に関しては、黒米グループが鮮やかな淡～濃の赤色を示し、有色米を用いて色に特色のある酒造りをする場合、赤米より黒米の使用が有効であると考えられた。東京農業大学の門倉氏らの報告と同様の結果となった⁴⁶⁾。

今までに著書で、岡山県総社市や静岡県修善寺町の例などを紹介した¹⁾。酒粕入りアイスクリーム、黒米ビールなど、天然色素として多くの活用事例がある。また、インターネットの検索で20近くの醸造例が確認できた。一部、材料が赤米か黒米か不明の例もあるが、全国各地の酒造会社や公立の研究機関でも有色米を利用した醸造に関して創意工夫がなされている⁴⁷⁻⁵⁰⁾。そのいくつかを紹介する。

(1) 兵庫県立考古博物館は、歴史教育の一つとして、地域の子供達と赤米2種と黒米を栽培した⁵¹⁾。できたお米の一部を用いて、明石市の酒造会社の協力を得て、ボランティアが管理しながら木製4斗樽で日本酒を作った。酒母だけを「ヒノヒカリ」で、掛米に有色米を使用した。1合びん200本ずつ。3年目で味はよくなってきたが、どうしても今の日本酒に近づいてしまう。古代酒はどんな味だったのか誰にもわからない。できた酒は、「穂摘」（ほつみ、長崎県赤米）、「酔故」（すいこ、鹿児島県赤米）、「あかね空」（あかねぞら、黒米）と名づけられた（第6図左）。穂摘はむかし石包丁を使った収穫にちなんで、酔故は酔いながら古代を思い、あかね空は農作業中に見た夕焼けと群れて舞う赤とんぼをイメージしたとのこと。

(2) 公立大学法人・大阪府立大学は、河内長野市の老舗の酒造会社と連携し、黒米を使ったピンク色の日本酒「なにわの育（はぐくみ）」を商品化した（第6図右）。稲の生産は市内の農家が協力し、市も田植えや稲刈り体験を企画、生命環境科学部の「府大ブラン



第6図 赤米酒(兵庫県立考古博物館)と黒米酒(大阪府立大学)

「商品開発研究会」の開発商品第1号として完成した。学部附属教育研究フィールド（大学農場）が収集・保存している品種の中から、アントシアニン含量が多い有色米品種「朝紫」を原料にして、会社との共同で醸造した。鮮やかなピンク色と独特の芳香、芳醇な味わいを楽しめる商品となっている。また、アントシアニンには抗酸化作用・抗ガン作用などの生理活性作用があるので、機能性についても検討を加え、今後さらに多様な品種・系統を利用して新しい酒類の開発も予定しているとのことである。「なにわの育」という名前は、人類が古代から「育んできた」貴重な稲の遺伝資源を歴史ある地「なにわ」の大阪府立大学で「育んできた」技術によって、地域社会に貢献するという思いを込めて命名された。

(3) 広島県東広島市の賀茂輝（かもき）酒造では、10年前から県内の赤米を材料にして日本酒を醸造している。「赤米仕込み」（あかまいじこみ）と名づけられ、材料は安芸高田市産の品種「紅の都」あるいは「ベニロマン」で、糠を残す程度に精米した赤米で、純米酒である。色はあまり残っていないが、酸度が高くワイン風味に仕上がっている。この酒蔵では精米機、仕込み樽、槽（ふね）と呼ばれる搾り機など昔からの酒造りの機材も見ることができ、また敷地内には喫茶室やコンサートなどが行われるホールを設け、日本酒と親しむ機会を提供している。仕込みに使う水は江戸時代から続く「立身の井戸」から汲み上げ、JR山陽線西条駅近隣の8つの醸造所とともに、地域住民に無料でおいしい水を提供している。著者が勤務する大学の研究室で試飲した教員・学生達によれば、赤米仕込みは日本酒を飲み慣れていない女性や若い世代には、舌触りも香りにも抵抗が少ない酒であるとの評価であった。

(4) 国立大学法人・神戸大学は沢の鶴酒造と共同で、うすいアカネ色のお酒「茜色（あかねいろ）」を開発した。「神戸市民の花」であるサザンカから分離に成功した有用酵母と赤米を使っている。甘酸っぱくすっきりしたのどごしのこと。この酵母菌は、神戸市灘区内の多くの花から花卉を採取し、研究室で分離した1,250菌株の中から選抜された。

(5) 山形県食品工業技術センターでは、サクランボ果実から分離した野生酵母による黒米を原料とした清酒製造を報告している⁵⁰⁾。アントシアニン色素を残

すために99%精白とした黒米をリパーゼ剤による処理で不飽和脂肪酸を減少させ、糠様臭や油様臭などオフフレーバーを抑制し風味の改善に効果を認めた。仕込み作業の利便性から黒米は留掛のみとする配合を勧めている。

(6) 愛知県食品工業技術センターでは、県が開発した黒モチ米「峰のむらさき」を用いて、鮮やかな赤色とさわやかな酸味が特徴の「クレミシ」という味醂を製造販売している。調味料ではなく、カクテルベースなど飲用として開発された。やや糠臭いが独特の味わいがある。クレミシ（Cremisi）はイタリア語で深紅を意味する。スリムなビンが個性的で、インテリアとしてもおもしろい。

7. 有色米の生理機能性

紫外線はエネルギーが強いため植物にとって有害である。有害な理由の一つは、紫外線が当たると生物の体の中に活性酸素が発生するからである。活性酸素は動脈硬化、糖尿病、ガンなどの各種疾患や老化を誘発すると言われている。果実や野菜では、強い太陽光や紫外線を浴びるほどアントシアニン等が作られる。アントシアニンのようなポリフェノールは、活性酸素が体の中の物質と化合する「酸化」という反応を防ぐ働きがある。

我々の研究室では、分子状酸素から最初に発生する活性酸素であるスーパーオキシドアニオンを消去する活性酸素消去活性とエタノール溶液中で安定なフリーラジカルを消去するラジカル消去活性を測定し、赤米と黒米の玄米が白米（しろごめ）よりも著しく強い抗酸化活性を示し、かつその活性は果・種皮すなわち糠層に局在すること、活性本体はポリフェノールであることを明らかにした（第3表）⁵²⁾。また、ラット腎臓脂質過酸化における保護効果も明らかにした⁵³⁾。その他、高コレステロール食を摂取させたウサギでの粥状動脈硬化病変形成の減少、ラットの血糖値上昇の抑制作用などが報告されている³⁾。アントシアニンを含むブルーベリーの視覚に及ぼす効果が注目を浴びているが、食品中のポリフェノールの多面的な機能性が明らかになりつつある⁵⁴⁾。赤米・黒米・緑米のポリフェノール含量と抗酸化活性に関する最新の報告もある⁵⁵⁾。神戸のあるメーカーからは、合鴨農法で栽培した黒米の糠を使った米糠化粧品などが開発されている。

第3表 有色米および普通品種の玄米のメタノール抽出液の抗酸化活性⁵²⁾

品種群 品種	ラジカル 50% 消去の値, EC ₅₀ (抽出液 μ l / 反応液 1ml)	
	スーパーオキシドアニオン消去活性 (亜硝酸法)	ラジカル消去活性 (DPPH 法)
普通品種		
コシヒカリ	50.50 ^a \pm 4.11	22.00 ^a \pm 0.78
中生新千本	46.17 ^a \pm 5.01	22.50 ^a \pm 0.50
赤米		
総社赤米	0.73 ^c \pm 0.11	1.08 ^d \pm 0.04
ベニロマン	2.41 ^{bc} \pm 0.06	1.90 ^c \pm 0.07
黒米		
朝紫	2.29 ^{bc} \pm 0.25	2.21 ^c \pm 0.02
中国黒米	6.22 ^b \pm 0.19	6.51 ^b \pm 0.10

3 回測定 of 平均値 \pm 標準偏差, 同一の肩文字を付した平均値間では 5% レベルで有意な差がないことを示す。赤米, 黒米は普通品種に比べて著しく高い活性を示している。

玄米の玄は黒を意味するように, 普通の米でもやや茶褐色の色がついている。精米すると白くなり, 食味や消化性は向上するが, 食物繊維, ビタミン, ミネラルなどの健康機能性成分が失われる。玄米は, アワ, キビ, ヒエ, アマランサスなどのような「雑穀」の一つとして, いつも食する精白米に混ぜて炊けばよい¹⁵⁾。有色米の糠層には, さらに有用な成分があり, 食事を健康面でも精神面でも豊かにしてくれる。

8. 品種選択と栽培上の注意点

品種選択のポイントとして, ①在来種か改良種か, ②モチカウルチかなど加工特性, ③早生か晩生か, ④収量, 倒伏性, 脱粒性, 芒性, ⑤栄養・機能性成分, ⑥普通米との識別性, ⑦色素など形質の発現程度, ⑧地域の文化・歴史との関連性などが挙げられる。花粉の自然交雑や混種によって周辺の普通米に混入しないよう, 栽培場所, 出穂期, 農機具などに留意するとともに, 水田での異穂抜きが欠かせない¹⁵⁾。

具体的な品種名は既刊の書籍に譲るが^{14,5)}, それぞれの品種には栽培適地がある。例えば, 黒米は登熟期の気温が高い場合, 着色不良となる。温暖地では標高の高い地域で栽培したり, 栽培時期を遅らせたりすることで登熟期間の気温を低くすれば, 玄米中のアントシアニン含量が高くなるのが実験的に確認されている^{56,57)}。反対に, 赤米は気温が低く日照が不足した場合は着色が悪く, 収穫時にまるで緑米のようになることが, 栽培農家から指摘されている。赤米は貯蔵中に徐々に色が濃くなる。

料理や醸造などにも使いやすい黒米は, 北から南ま

で全国各地で栽培されている。北海道では「きたむらさき」や「芽生さくらむらさき」⁵⁸⁾が育成され, 沖縄県では「朝紫」や外国のインディカ系統などが, 八重山地方の西表島(いりおもてじま)や石垣島を中心に 1 期・2 期作合計で 40 ~ 50 ヘクタールが栽培されている。ときに猛暑により茶褐色の米が混じることもあるそうである。なお, 「朝紫」は現・国際農林水産業研究センター(石垣市)で交配された F1 をもとに東北農業研究センターで育成された⁵⁹⁾。

9. 植物はなぜ色や香りを持つのか?

生まれ育った場所から自分では動くことのできない植物は, 暑さ, 寒さ, 乾燥, 動物, 植物, 病原菌などから身を守る手段を獲得してきた。例えば, 葉を食べる昆虫や大型動物から身を守るために, ある種の植物は針やトゲなどの防御的形態を持ち, また有毒成分や味をまずくする成分を生産したり, 茎葉に花外蜜腺を装備してアリにパトロールさせたりしている⁶⁰⁾。一方, クログルミの木の下には雑草が生えないなど, ある種の植物は環境中に化学物質を放出して, 周囲の生物に何らかの影響を与えていることがわかってきた。この現象はアレロパシー(他感作用)といわれており, 多くの植物で知られている。稲でも「阿波赤米」などアレロパシーの強い系統が知られており, 除草剤の使用軽減につながることを期待されている⁶¹⁾。

赤米の色素成分でもあるタンニンは, もともと植物が虫などの食害から身を守るための物質であると考えられている。タンニンは, タンパク質などの物質と結合して凝集させる作用を持つ植物成分の総称である。

薬をお茶で飲んではいけないというのも、タンニンが薬に含まれる金属塩やミネラルと結合して薬の薬効を失わせてしまうからである。漢方薬草のゲンノショウコは「現の証拠」と呼ばれるほど、よく効く下痢止めだが、これはタンニンが食物のタンパク質と結合し、組織を収斂させて下痢を止める⁶²⁾。

また、タンニンは酸化すると細胞を堅くする働きがある。この働きによって物理的にも虫に食べられにくくする。果実や野菜の切り口を空気に触れさせておくと茶色に変色してしまうのも、タンニンが酸化して切り口を守ろうとしているからである。タンニンは、アルカロイドなどの有毒物質と比べると低コストで生産することができるので、多くの植物が防御物質として利用しているのかもしれない⁶²⁾。赤米は古くなっても、白い米よりもしっかりとその形を保っているのもこのためであろう。

黒米の色素成分であるアントシアニンは、病気や虫から身を守る効果や、紫外線から身を守る効果がある防御物質であり、鮮やかな赤紫色をしている。植物はこの色素で花や果実を染め、花粉や種子を運ぶ虫や鳥を呼び寄せようと進化したのである。

一方、香り米は乾燥ストレスに対して適合溶質であるプロリンを生成し、香り米の香気成分であるアセチルピロリンに変化させるという報告がある⁶³⁾。ネズミや虫も香り米を好むという観察もある。香り米の場合は、外敵から身を守るというよりも、アジアの多くの人々に好まれて選択され、米のエリートとして残されてきたのではないと思われる。

10. 新しい有色米

「お米の中まで赤いのは無いのですか」としばしば聞かれる。胚乳部分まで色素が分布する稲を私はまだ確認できていない。しかし、近年人為的に育成されたものなら2種を挙げるができる。

「ゴールデンライス」は、スイスとドイツの科学者が遺伝子組換え技術でラッパズイセンと微生物の遺伝子を稲に導入し、ビタミンA前駆体であるベータカロテンを米の胚乳内で合成させることに成功した品種である⁶⁴⁾。開発途上国での栄養改善に大きな期待が寄せられ、現在フィリピンの国際稲研究所で実用化が試みられている⁶⁵⁾。

「初山吹」は、茨城県常陸大宮市にある農業生物資

源研究所放射線育種場において水稲「キヌヒカリ」種子にガンマ線照射を行い、その後代から、胚乳内部まで黄色く着色する変異体を見出し、その形質が遺伝的に固定した系統が作出された。この着色は、新規物質 oryzamutaic acids A～C によるもので、目下、食品としての安全性や機能性評価が始まっている⁶⁶⁾。クチナシなどを使用しなくても、黄色いおむすびができる。

11. おわりに

大学間学術友好提携を結んでいる四川農業大学を訪問する機会がかなりある。たまたま立ち寄った書店で「黒米の品種と加工利用」という本を見つけて購入した⁶⁷⁾。中国の漢字の意味を推測しながら読んでみた黒米は豊富な栄養成分を含有する以外、医薬とする価値がある。よく黒米を食べる人は貧血、体の虚弱、頭痛など病気の予防ができる。子どもに対して体質、知力を増加し、中年に対して活力を回復し、年長の人に対して寿命を延ばす効果があるとしている。さらに、黒米の春雨、パン、ケーキ、飴、ビール、乳飲料などの製法が解説されていた。隣国の医食同源の思想から学ぶことは多い。

古代米の古代とは、「古そうな」を意味する。メタセコイア、シーラカンス、カブトガニなどの「生きている化石」やアロワナなどの「古代魚」には、進化学からみて形態上あるいは分布上、古いと考えられる性質をもっているというような学問的な裏づけがあるかもしれない⁶⁸⁾。卑弥呼の時代の水田は、穂が出ると一面に真っ赤だったと何かの本に書かれていた。事実とは思えないが、言葉の持つイメージは重要であり、想像を膨らますロマンは許されてよい。ただし、学術誌において古代米 (Ancient Rice) に関する研究というタイトルを使用するよりも、赤米あるいは黒米と明示した方がよいし、両者を区別して使用して欲しい。

先述の唐木田清雄氏³³⁾が多数の品種を集めて栽培を続けている理由は、貴重な遺伝資源、「生きた文化財」を失ってはならないということ、そして日本中コシヒカリになってしまった現状に対して「品種の多様性」を訴えたいということがある。氏をはじめ、古代米に魅せられた多くの分野の人たちがイネの故郷である雲南や東南アジアを訪問し、現地の人達と交流し、ときには学校建設を支援している⁶⁹⁾。

多様な稲で日本の水田を守る。北から南まで長い日本列島で、1956年に品種登録されたコシヒカリとコシヒカリが片親である品種が、それぞれ3分の1の水田を占めている。もっと様々な稲を栽培してほしい。昨年日本作物学会で、県立広島大学で保存する在来種を中心としたイネ品種の分類と利用例について発表した⁷⁰⁾。「古代米」は、昔の稲のイメージもあるが、一方、「変わりものの稲」、「珍しい稲」のイメージがある。その実態は何か。これからの農業や食育にどう生かせるのかを、この紙面をお借りしてさらに詳細に紹介させていただいた。子供たちに稲を育てることの楽しさを知ってもらい、日本人の主食であるコメについて種類、育て方、食べ方、歴史、地域とのつながりなど、食・健康・環境・歴史から総合的に考えてほしい。生まれ育った地域を知り、愛し、誇れる人になってほしい。

変わりものの稲への関心を契機にして、身近な野菜、果樹、花、ハーブ、雑草、樹木など幅広い植物の魅力や不思議さに気づくことを期待する。道端の雑草や街路樹からも、四季の変化、環境との関係、我々の暮らしとの関係が見えてくることがある。子供達の成長、コミュニケーションの広がり、将来のストレス対応など、稲や身近な植物の持つ教育力を役立たせたいものである。

〈県立広島大学生命環境学部〉

参考文献

- 1) 猪谷富雄. 「赤米・紫黒米・香り米—『古代米』の品種・栽培・加工・利用」農文協(2000).
- 2) 猪谷富雄・小川正巳. わが国における赤米栽培の歴史と最近の研究情勢. 日本作物学会紀事 73 : 137-147 (2004).
- 3) 小川正巳・猪谷富雄. 「赤米の博物誌」大学教育出版(2008).
- 4) 猪谷富雄. 香り米, 有色米. 「地域食材大百科 第1巻」農文協 : 72-81 (2010).
- 5) 猪谷富雄編・スギワカユウコ絵. 「赤米・黒米の絵本」農文協(2010).
- 6) 神谷美和. 稲作景観復元に用いる赤米について—在来品種保存資料にみる“古代米”再考—. 古代文化 62 : 21-38 (2010).
- 7) 渡部忠世. 「稲にこだわる」小学館(2000).
- 8) 佐藤敏也. 「日本の古代米」雄山閣出版(1971).
- 9) 渡部忠世. 栽培稲の起源・変遷調査—インド亜大陸の古代米と野生稲をたずねて—. 学術月報 25 (11) : 710-714 (1973).
- 10) 松本豪. 日本の稲作遺跡と古代米に関する研究. 大阪府立大学紀要(農学・生命科学) Ser.B 46 : 135-194 (1994).
- 11) 鳥山國士. 古代米よもやま話. 研究ジャーナル 20 (7) : 43-48 (1997).
- 12) 芦田行雄. 赤米に魅せられて25年. 「古代稲は生きている—日本古代稲研究会15周年記念誌」日本古代稲研究会編. 弦書房, 福岡 : 9-16 (2003).
- 13) 櫛淵欽也監修. 「日本の稲育種—スーパーライスへの挑戦」農業技術協会(1992).
- 14) 堀末登. 新形質米. 「地域食材大百科 第1巻」農文協 : 82-90 (2010).
- 15) 林弘子. 「穀物をもっと楽しもう」晶文社(1998).
- 16) 佐藤洋一郎. 「稲のきた道」裳華房(1992).
- 17) スワミナサン, M. S. イネ. サイエンス 1984.3 : 113-123 (1984).
- 18) Tang, L., X. Zou, G. Achoundong, C. Potgieter, G. Second, D. Zhand and S. Ge. Phylogeny and biogeography of the rice tribes (Oryzaceae) : Evidence from combined analysis of 20 chloroplast fragments. Molecular Phylogenetics and Evolution 54: 266-277 (2010).
- 19) 池橋宏. 「稲作の起源—イネ学から考古学への挑戦」講談社(2008).
- 20) 佐藤洋一郎. 「イネの文明—人類はいつ稲を手にしたか」PHP研究所(2003).
- 21) 佐藤洋一郎. 「イネの歴史」京都大学学術出版(2008).
- 22) 石川隆二. イネの原産地と日本への伝播. 食品と容器 51 : 470-477 (2010).
- 23) 嵐嘉一. 「日本赤米考」雄山閣出版(1974).
- 24) 名和義彦・大谷俊郎. 有色素米の色素特性. 食品工業 11 : 28-33 (1991).
- 25) 門脇光一. 赤米が白米になった原因を解明. 農業および園芸 82 : 539-542 (2007).
- 26) 小川正巳・猪谷富雄. 香煎の歴史. 農業および園芸 86:918-929 (2011).
- 27) 食糧ジャーナル編集部. 日本一の生産量を誇る高知の香り米. 月刊食糧ジャーナル 2002.10 : 84-89 (2002).

- 28) サライ編集部. かおり米 十和錦一四万十川の棚田で生まれた芳しい匂いが魅力の米一. サライ 2011.10 : 37 (2011).
- 29) 菅洋. 「稲一品種改良の系譜」(ものと人間の文化史 86) 法政大学出版 (1998).
- 30) 吉野智之. 「しょうばらいろ むらさきのゆめ」の開発. 食品工業 53 (11) : 1-5 (2010).
- 31) 猪谷富雄・藤光有・奥井智裕. 赤米・紫黒米・観賞用イネを利用した地域おこしの広島県における一事例. 日本作物学会紀事 75 (別2) : 258-259 (2006).
- 32) むすび編集部. 武富勝彦氏一世界が認めた古代米作りでスローフード大賞を受賞. むすび 47 (3) : 30-35 (2003).
- 33) 唐木田清雄. ドライフラワーできれいな稲品種ベスト 100. 現代農業 2006.2 : 208-217 (2006).
- 34) 食の科学編集部. 家族の苦難を乗り越え, 出会った「古代米」—赤米・黒米の生産農家『古代米浦部農園』浦部修さんご夫妻を訪ねる. 食の科学 2004.10 : 18-23 (2003).
- 35) 金澤清司. 失敗から学ぶ「古代米総合学習」. 教育評論 671 : 62-67 (2003).
- 36) 中嶋加代子. 「古代米の食事典—紫黒米(黒米)のポリフェノール活用料理—」近代文芸社 (2003).
- 37) 藤村茂利. 古代米・黒米が教えてくれる 稲のこと, 消費者との連携. 農家の友 55 (12) : 3-5 (2003).
- 38) 暮らしの手帖編集部. 小さいけれど力持ち「始めませんか? 古代米」. 暮らしの手帖. 第4世紀 17 : 69-75 (2005).
- 39) 松浦良樹. 農業の新しい未来に向かって—新たな農業の取組. 古代米苑 (千葉県小見川町). AFF37 (2) : 51-53 (2006).
- 40) 平井崇子. 飛鳥の古代米—古代米で団子をつくる—. 10月の科学あそび分科会. 子どもと科学よみもの 388 : 25-27 (2009).
- 41) 前田智子・溝内尚子・森田尚文. 各種古代米の性質と製パンへの応用. 食品と科学 51 (4) : 65-72 (2009).
- 42) 旅の手帳編集部. 日本酒ニューウェーブ. 旅の手帳 2012.1 : 63 (2012).
- 43) 佛教大学. 酒づくりプロジェクト. 醸協 107 : 118-119 (2012).
- 44) 倉澤文夫. あかい米. 「米とその加工」建帛社 : 315-322 (1982).
- 45) 猪谷富雄・中野幸恵・谷本昌太. 赤米および紫黒米の醸造試験. 農業生産技術管理学会誌 18 (別1) : 24-25 (2011).
- 46) 門倉利守・丸山智香・中里厚実・竹田正久・金子太吉・名越時秀・大森俊一. 黒米および赤米を原料とした赤ライスワインの試験. 東京農大農学集報 40 (1) : 1-7 (1995).
- 47) 榛葉芳夫・大熊桂樹・丸山高利・蟻川幸彦・伊藤輝雄・米山正・小栗勇・馬場茂. 赤米を用いた清酒製造試験. 長野食工試研報 22 : 9-13 (1994).
- 48) 及川恒男. 米にこだわる酒造り. 醸協 94 : 430-434 (1999).
- 49) 岡村青. 古代米(黒米)で日本酒造りに情熱を賭けた高野敏さん奮闘記. 食品工業 44 : 80-85 (2001).
- 50) 松田義弘・和田弥寿子・菅原哲也・小関敏彦・上木厚子・上木勝司. サクランボ果実から分離した *Saccharomyces cerevisiae* 菌株による紫黒米を原料とした清酒製造. 醸協 102 : 71-82 (2007).
- 51) 高瀬一嘉. 古代における米の収穫量推定の可能性と課題について—赤米の栽培実験の結果から. 兵庫県立考古博物館研究紀要 4 : 19-33 (2011).
- 52) 猪谷富雄・建本秀樹・岡本実剛・藤井一範・武藤徳男. 有色米の抗酸化活性とポリフェノール成分の品種間差異. 日本食工誌 49:540-543 (2002).
- 53) Toyokuni, S., T. Itani, Y. Morimitsu, K. Okada, M. Ozeki, S. Kondo, K. Uchida, T. Osawa, H. Hiai and T. Tashiro. Protective effect of colored rice over white rice on Fenton reaction-based renal lipid peroxidation in rats. Free Radical Res. 36: 583-592 (2002).
- 54) 大澤俊彦. ポリフェノール, 特にアントシアニンの機能性. Foods & Food Ingredients J. Jpn.192 : 4-10 (2001).
- 55) 伊藤満敏・大原絵里・小林篤・山崎彬・梶亮太・山口誠之・石崎和彦・奈良悦子・大坪研一. 有色米の抗酸化活性とポリフェノール含量の測定. 日本食工誌 58 : 576-582 (2011).
- 56) 小林明晴・清水恒・黒田昌治. 紫黒米の登熟期の平均気温と色素含量の関係. 北陸作物学会報 36 : 33-35. (2001).
- 57) 小林祐太・柴田奈未・猪谷富雄. 登熟期間中の温度条件が紫黒米の着色及びアントシアニン含

- 量に与える影響. 日本作物学会紀事 80 (別 2): 24-25 (2011).
- 58) 石村櫻. アントシアニン系色素が豊富な粳黒米「芽生さくらむらさき」. 農家の友 2011.02: 36-38 (2011).
- 59) 東正昭・山口誠之・小山田善三・春原嘉弘・小綿寿志・田村泰章・横上晴郁・佐々木武彦・阿部真三・松永和久・岡本栄治・狩野篤・池橋宏・荒木均. 紫黒糯水稻新品種「朝紫」の育成. 東北農試研報 92: 1-13 (1997).
- 60) アッテンボロー, D. 植物たちの生き残り戦術. 「植物の私生活」山と溪谷社: 149-198 (1998).
- 61) 藤井義晴. 「アレロパシー」農文協 (2000).
- 62) 稲垣栄洋. 「蝶々はなぜ葉の葉にとまるのかー日本人の暮らしと身近な植物ー」草思社 (2006).
- 63) 吉橋忠. 香り米と茶豆特有の香り成分 2AP の生成を制御する機構の解明. におい・かおり環境学会誌 42: 257-264 (2011).
- 64) Ye, X., S. Al-Babili, A. Klöti, J. Zhang, P. Lucca and I. Potrykus. Engineering the provitamin A (β -carotene) biosynthesis pathway into (carotenoid-free) rice endosperm. *Science* 287: 303-305 (2000).
- 65) 高岩文雄. 第 2 世代遺伝子組換え作物開発の現状. 農業技術 57: 289-294 (2002).
- 66) 梶亮太・岡本正弘・酒井真・溝渕律子・田村克徳・平林秀介・田村泰章・深浦壮一・富松高治・中野洋. ガンマ線照射による黄色胚乳突然変異を持つ稲品種「初山吹」の育成. 育種学研究 12: 54-58 (2010).
- 67) 曹海緑・張保軍・陳越編. 「黒水稻品種と加工利用」金盾出版社, 北京 (2003).
- 68) 田村道夫. 「生きている古代植物」保育社 (1974).
- 69) 宇田喜代子. 古代米と歳時. 俳句研究 72: 74-83 (2005).
- 70) 猪谷富雄. 県立広島大学で保存する在来種を中心としたイネ品種の分類と利用例. 日本作物学会紀事 80 (別 2): 292-293 (2011).