

多用途向け水稻の新品種ならびに栽培技術開発の動向

(独)農業・食品産業技術総合研究機構

中央農業総合研究センター北陸研究センター 松村 修

1. はじめに

イネ(コメ)はトウモロコシ、コムギとともに世界3大穀物と称されているが、その利用形態はかなり異なる。コムギやトウモロコシが飼料や食品・化学産業における加工原料用として広く利用されているのに対し、コメの用途は多くが主食用に限られるからだ。これはイネの利用価値が低いからではなく、これまで多用途利用の動機が比較的小さく技術開発が遅れたためだろう。一方で日本などアジア地域ではイネを粉ひとつぶ、わら一筋に至るまで徹底利用してきた歴史も持っている。現在、新たな視点でイネの徹底利用を図ろうとする試み—イネの多用途利用—が始まっている。ここでは、飼料用を中心に多用途向けのイネの品種育成ならびに栽培法開発の現状について紹介する。なお、「多用途向け」の語は筆者が使っているものであり、意味するところは行政用語の「新規需要米」や「他用途利用米(他用途米)」に近いが、より幅広く飼料・加工用イネ全般を指す語として使っている。新規需要米は当初バイオエタノール米が含まれたが現在は外され、他用途米にはわら利用や稲発酵粗飼料は含まれないなど、行政用語は幅広い内容を指すには不向きなのであえて「多用途向け」を使用している。

2. 多用途向け品種の育成

米の伝統的な加工原料用途としてはあられ・せんべいなどの米菓用、和菓子等原料としての米粉用、切りもち用、醸造用、デンプン成分を主に使う化学工業原料用などがあり、主食用(飯米用)に比べると規模は小さいが堅実な一定量の需要が存在している。これらのうち、酒米(もと米)やもち米などその用途に適した品種があるものを除き、多くのものは食用品種の流用やMA米の利用により需要を満たしているのが現状である。例えば最近、新規需要米制度の下で米粉用米の作付が増えたが、そのほとんどを食用品種が占めている。現状で専用品種の利用が目立つのは、飼料イネのうち穂と茎葉を丸ごと刈り取り発酵させ、ホールクロップサイレージ(WCS)として乳肉牛に給与する稲発酵粗飼料用であり、同じ飼料イネでも籾または玄米や粗玄米をニワトリやブタに給与する飼料用米では専用品種の利用は未だ少ない。低価格での供給が求められる多用途向け水稻では、多収性があり直播など低コスト栽培に適した新しい多用途向け専用品種の活用が今後求められるだろう。

多用途向けとして育成され品種登録・登録出願された主要な品種を表-1に示した。この中で10数年前から存在するものは「ふくひびき」、「タカナリ」、「ホシユタカ」、「はまさり」だけで、他はそれ以降の育成品種であり、多用途向け品

表-1 多用途向けの主要な品種の特徴

品 種 名	栽培適地	出穂期	用 途	直播 適性	耐倒 伏性
きたあおば	寒地	8月1日	WCS、飼料用米	×	やや弱
みなゆたか	寒冷地	8月4日	飼料用米	—	強
べこごのみ	寒冷地	7月25日	WCS、飼料用米	○	強
べこあおば	寒冷地	8月7日	WCS、飼料用米	○	強
ふくひびき	寒冷地	8月9日	加工米、飼料用米	○	強
なつあおば	温暖地	7月28日	WCS、飼料用米	○	強
夢あおば	寒冷地	7月30日	WCS、飼料用米	○	強
クサユタカ	寒冷地	8月5日	WCS、飼料用米	○	強
北陸193号	温暖地	8月16日	加工米、飼料用米	×	極強
たちすがた	温暖地	8月11日	WCS	○	強
もちだわら	温暖地	8月13日	加工米（もち）	—	極強
モミロマン	温暖地	8月15日	WCS、飼料用米	○	極強
タカナリ	温暖地	8月13日	飼料用米、加工米	×	極強
クサホナミ	温暖地	8月24日	WCS、飼料用米	○	強
リーフスター	温暖地	8月31日	WCS	○	強
はまさり	温暖地	8月30日	WCS	—	強
クサノホシ	温暖地	8月28日	WCS、飼料用米	○	やや強
ホシアオバ	温暖地	8月14日	WCS、飼料用米	○	やや強
たちすずか	温暖地	9月2日	WCS（茎葉高糖含量）	—	極強
ホシユタカ	温暖地	9月8日	WCS、加工米	○	やや強
ルリアオバ	暖地	8月5日	WCS（2回刈栽培）	—	弱
モグモグあおば	暖地	8月17日	WCS、飼料用米	○	強
ニシアオバ	暖地	8月19日	WCS	—	中
まきみずほ	暖地	8月23日	WCS	○	やや強
タチアオバ	暖地	8月29日	WCS	○	極強
ミズホチカラ	暖地	9月2日	飼料用米、加工米	○	極強

注）出穂期は育成地または周辺地域での標準栽培による
WCSは稲発酵粗飼料（ホールクロップ・サイレージ）の略

種育成の急速な展開状況がうかがわれる。なかでもWCS用品種は、飼料高騰にあえぐ畜産業界から早期育成を求める要望が強かったこともあり、急速かつ計画性を持って進められた。ここで振り返ってWCS用など飼料イネ品種開発の歩みを見てみよう。

3. 飼料イネ品種開発の歩み

飼料用イネ開発の気運が高まったのは70年代である¹⁾。ただし、当時は減反政策の一環としてその可能性が論議された状況であり、その後、転

作作物が絞られる中、現実にはあまり普及することなく「飼料イネ」、「エサ米」という言葉を残しブームは過ぎ去った。参考文献にあげた角田の著作のサブタイトルが「畜産で水田をどう支えるか」とあることに象徴されるように、余剰米を抱えて悩む日本稲作への対処が中心となり、「水田で畜産を支える」ことが真摯に問われるまでには至らなかったのである（著作の重要性は言うまでもない）。一方で研究面では、家畜への米やWCSの給与試験、「アルボリオ」、「Te-Tep」など長稈型外国稲を含むイネ品種の特性評価等

が行われ²⁾、その成果は昨今の研究を支える基盤となっている。また、飼料イネ研究熱が去った後も水田転作作物の種類別作付面積では飼料作物がトップの座を占め続け、80年代以降、水田は自給飼料の重要な生産基盤として位置づけられた。「水田で畜産を支える」ための基盤が形成されつつあったと言える。

下火となった飼料イネであったが、酪農が盛んでかつ水田比率も高い埼玉県などではWCS用品種改良が引き続き行われ、80年代になって茎葉繁茂性と日本稲の安定した栽培特性を合わせ持つ品種、「はまさり」、「くさなみ」が育成された³⁾。これらの品種は、茎葉収量確保を狙って70年代に導入された長稈外国稲の多くが耐倒伏性が弱いなど実用性に欠けたことから、現場での生産安定性を重視しかつWCS品質が高いものを目指し得られたものである。一方で、1981年に農水省が開始した「超多収作物の開発と栽培技術の確立」(超多収プロジェクト)により、日印交雑から従来の日本品種よりも籾数はるかに多く、極めて高い玄米収量を示す「タカナリ」や「アケノホシ」、「ハバタキ」等のいわゆる超多収品種が育成された。しかし、これらの品種は玄米収量の多収化を目指したものであり、飼料用米としての用途は満たせたものの、WCS用としては不十分であった。一連の超多収品種の中では「ホシユタカ」と「タカナリ」がWCSに適することが明らかにされている。

90年代になり食料自給率の確保が国家的問題としてクローズアップされるようになり、2000年に策定された「食料・農業・農村基本計画」ではオリジナルカロリーの50%以上を国内生産でまかなうことと示され、品目ごとの生産努力目標が設定された。2002年には「米政策改革大綱」が策定され飼料イネの生産拡大を進めることが

盛り込まれた。こうした状況下、1999年に農水省はWCS用イネ品種の本格開発を開始することとなり、玄米収量ではなくTDN収量(TDN=可消化養分総量)に重きを置き、さらにWSCの発酵品質や家畜の嗜好性なども考慮した品種育成が開始した。こうして、2000年代前半に「クサユタカ」、「ホシアオバ」、「クサホナミ」、「クサノホシ」等が育成された。これら品種のTDN収量は従来の食用品種0.9t/10a程度から1.1t/10a程度にまで改善されている。それでもトウモロコシ1.3t/10aに比べるとまだ低いレベルだったので、さらなる向上を図り、2000年代半ばには「べこあおば」、「夢あおば」、「リーフスター」、「ニシオアバ」等が育成され1.2t/10a程度のTDN収量を得るに至った。2000年代はまたBSE問題や口蹄疫発生、偽装牛肉問題を巡って安全・安心な畜産物の生産・流通が社会問題化した年代であり、後半には世界的な農産物価格高騰も顕在化した。このため、自給飼料の生産拡大にさらに拍車がかかるようになった。この間、飼料イネ品種の育成も順調に進み、2000年代後半には北海道で「きたあおば」が、東北で「べこごのみ」が育成され、空白地域であった北海道と東北北部をカバーできるようになった。同時に各地で異なる熟期の新品種育成が進み、食用品種と飼料イネとの作付体系が組み立てやすくなった。気候が温暖な九州向けには2回刈り栽培が可能な「ルリアオバ」が育成された。

こうした一連の品種改良とともに、WCS向用品種に必要な栄養特性等の解明も進められた。TDN収量を高めるためにはサイレージの消化性を高める必要があるが、イネの玄米は硬い籾殻に覆われ、かつ穀粒サイズも小さいため籾が未消化のまま排泄される場合が多い。未消化率は平均的に10%程度とされているが、さらに高い

場合もあり栄養成分の大きな損失になる。WCS用品種はこのため茎葉重が多くなるように育成されている。ところで、イネの稈や葉鞘には生育過程で光合成産物が非構造性炭水化物(NSC)として一時蓄積され、出穂後に穂に転流し胚乳デンプンとなる。玄米多収のためにはNSCの蓄積量と転流割合を高めることが重要だが、筆者らはここに着目し、逆に穂への転流が少なく茎葉部に多くNSCを蓄積する品種があれば、粉末消化による栄養成分ロスも減ると考えた⁴⁾。そこで、国内の多数の品種・系統の茎葉中NSC含有率を調査し、その中から高含有品種を摘出し(表-2)、含有率の高低は基本的に品種固有特性であることを明らかにした。また、出穂直後の穂切除で人為的にNSC転流先を制限すると茎葉部NSC含有率が高くなることも示し、これらの結果からWCS用品種としては、穂が小さく、かつ茎葉部、中でもNSC蓄積に重要な稈と葉鞘の器官重量が重い特性が適することを明らかに

表-2 黄熟期における稈・葉鞘中の非構造性炭水化物含有率※

程度	品種・系統名	NSC%
高	リーフスター	46.6
	RM645	45.5
	アキチカラ	43.9
	Akura	43.1
中	タカナリ	28.9
	はまさり	28.7
	日本晴	25.4
低	FortanaI-133	18.9
	統一	18.7
	Kaeu N1255	17.3

※重量法(大西ら日作紀68:126-136)による分析値で、同文献の「NSC抽出可溶性物質含有率に相当する。

した。これらの知見を受け、2006年に開始した農水省プロジェクト「粗飼料多給による日本型家畜飼養技術の開発」(えさプロ)での飼料イネ品種開発ユニットは「茎葉デンプン蓄積型飼料イネ品種の開発」と命名された。筆者らはこのプロジェクト、さらにその後継となった「国産飼料プロ」において各場所育成系等のNSC含有率測定を引受けてきた(最近WCS用麦の育成が始まりこちらでも茎葉NSCに着目し測定を請負っている)。最近育成された「たちすずか」は極小穂でNSC含量が非常に多い品種である。このため玄米は少ないもののTDN収量は他のWCS用品種に比べそん色がない。さらに糖含量が多いのでサイレージの乳酸発酵がスムーズに進み高品質なサイレージが得やすいとされている。NSC以外にも、ケイ酸やリグニンなど消化性を低下させる成分を抑えた品種改良も進められている。

超多収プロジェクトの流れをくむ玄米多収を目指す品種育成も続けられ、とくに飼料用米が認められた数年前からは、玄米多収の新品種も脚光を浴びるようになった。「きたあおば」、「モミロマン」、「北陸193号」、「もちだわら」、「ミズホチカラ」、「モグモグあおば」はいずれも800~900kgの高収量が期待できる。WCS用として利用できるものが多いが、米粉など加工用途としても適応性の検討が進められている。

以上、飼料イネ品種という多用途向け水稻の開発は、70年代に「エサ米」「デントライス」として始まったものがその後下火となり、90年代後半から「WCS用」という方向性を得て急速展開し、近年そこに飼料用米が加わり、さらに最近は米粉用など飼料以外の用途にも広がろうとしている。このように、多用途向け品種は「用途」の社会的、行政的位置付けが変化するので、

開発側は常にその動向に注意せねばならない。

4. 多用途向け品種に必要な基本特性

多用途向け水稻に必要な特性は第1に多収性である。各用途とも単位重量当たりの取引価格は飯米用よりはるかに安いので、その分、少しでも収量を増やさねばならないからだ。表-1に示した多収品種のうち、飼料米や加工米用途の品種は、その多くが食用品種の1.2～1.3倍、700kg/10a以上の粗玄米収量を得る能力を有している。北陸研究センターで育成された「北陸193号」は、その多収性から、JA全農が実施する「バイオ燃料地域利用モデル実証事業」の米エタノール用品種に採用され、2008年度、新潟県下で301ha作付けされた。栽培農家344戸で粗玄米平均実収量798kg/10aを達成し、最多収事例1094kg/10a、1000kg/10a超農家数15戸を記録した。この最多収事例は以前の「米作日本一」の記録を上回るものである。多くの生産者にとって初めての栽培であったこと、インディカ系品種で特性が食用品種とかなり異なること等を考慮すると、こうした多収記録の出現は、かつて篤農家が努力と工夫によって得た収

量水準に、今や品種の能力だけでほぼ到達できる段階に來ていることを示している。もちろん低収事例も数多くあり、それらが収量平均を下げているので、その原因を解明し改善すれば収量水準はさらに向上するだろう。

低コスト栽培に必要な直播適性も重要である。土中出芽性、低温出芽性、初期伸長性、耐倒伏性などであり、土中出芽性～初期伸長性までは直播栽培の最大の課題である「苗立ち確保」に必要な特性である。耐倒伏性は、直播栽培の倒伏に対する弱さを補うためのものであると同時に、多肥多収栽培のために必要である。専用品種の多くはこれら直播適性を備えており、直播栽培でも移植栽培とあまり変わらない収量を得られる(表-3)。一方で、「北陸193号」や「きたあおば」など、極多収だが直播栽培に不向きな品種もある。これらの品種は休眠性が深く初期伸長性が劣ったり低温出芽性が不十分であるからだ。こうした傾向はインディカ系品種に多くみられ、現在改良中である。その他、用途に応じた品質・加工適性、病害虫抵抗性等についても改良が進められている。

表-3 移植栽培と直播栽培での粗玄米収量比較

品 種(用 途)	粗玄米重 kg/10a		収量比 直播/移植
	移植	直播	
夢あおば (WCS、飼料米)	760	735	0.97
クサユタカ (WCS、飼料米)	783	765	0.98
ホシアオバ (WCS、飼料米)	743	719	0.97
参考 コシヒカリ (食用)	596	434	0.73
参考 どんとこい (食用)	625	539	0.86

注) 北陸研究センターでの試験結果。直播は湛水散播直播。

5. 多用途向け多収性品種の栽培技術

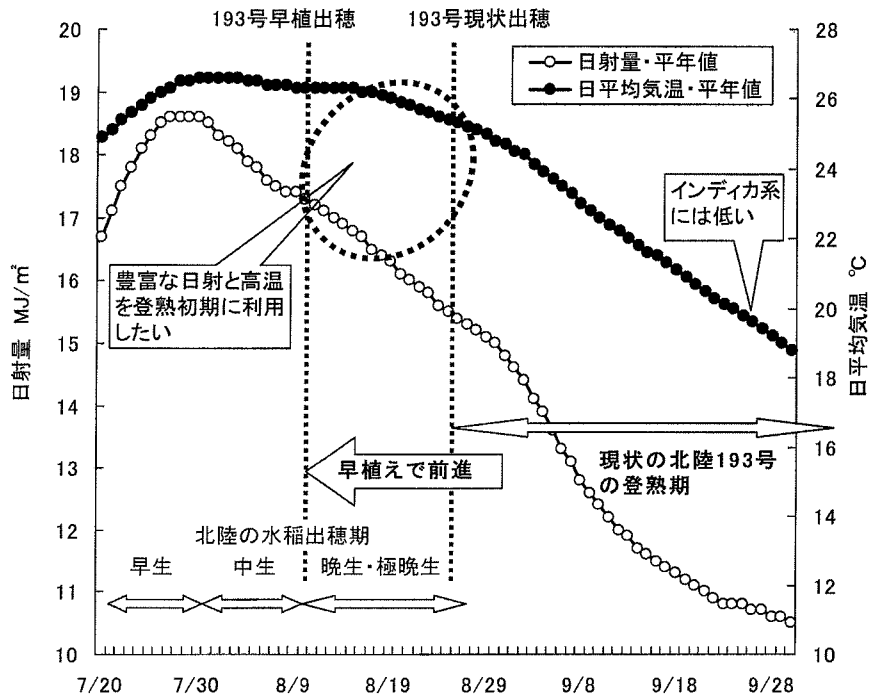
多用途向け品種の中でも多収性品種は食用品種と異なる肥培管理が必要となる⁵⁾。多収性品種の多収能力は全乾物重の重さと籾数の多さによるところが大きいので、窒素多投の多肥栽培によって稲体を大きく育てる必要がある。分けつが少ない穂重型のものが多く、これらの品種では分けつ期の窒素栄養を維持し分けつ茎の充実と穂数確保を行うことが大切だ。穂肥のタイミングは食用品種のような厳密性は不要だが、稲体が急成長して全乾物重が確保される時期なので遅れないように早めに施用する。窒素合計施用量は食用品種の1.6～2倍程度で地力の違いに応じて増減する。玄米タンパクの増加は飼料用米ではむしろ飼料価値が高まり好都合である。肥培管理のポイントとして、「北陸193号」や「もちだわら」のような耐倒伏性極強品種の場合、分けつ期以降、葉色を退色させず保ちながら穂肥時期にまでつなげることが多収確保の上で重要である。問題点として、吸収窒素当たりの玄米生産効率が低いことが指摘されるが、昨今の肥料価格の高騰を考慮すると、今後の大きな課題と言える。肥料利用効率の高い施肥法や栽培法あるいは品種改良などによる改善を進めている。

インディカ系水稻の遺伝的特性を濃く有している品種では、草姿や生育経過が見慣れた日本品種と相当異なる。寒冷地で栽培した場合、このような品種では移植後の生育が緩慢となるので不審に感じるが、これらは低温下での成長反応が低いことによるもので、気温が上昇すれば旺盛に生育して日本品種をすぐに追い越すようになる。新潟県での「北陸193号」の普及に際し、なかなか葉色が出ないことに不安を感じた農家が次々と窒素追肥を行い、6月中ごろまでに合計20kg/10aを施用したという笑えない話

もある。日本稲と特性が異なる品種では、普及に際してその特性を充分理解する必要がある。

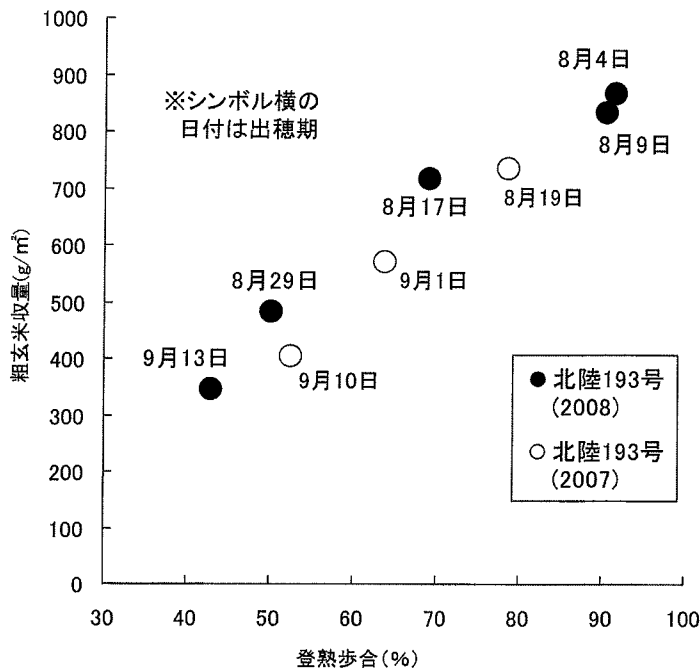
多収を得るため栽培地の気温や日射条件を有効に利用する作期を選択することも大切で、とくに寒冷地では出穂期設定を中心に慎重を期す必要がある。一例として、登熟期の気温・日射量低下が顕著な新潟県で「北陸193号」を栽培する場合の考え方を図-1に示した。「北陸193号」は高温・多日射条件を好むインディカ品種だが、晩生であるため食用品種の標準移植時期（5月上中旬）を終えてから移植すると出穂は8月下旬以降となってしまう。新潟県や富山県では、食用品種の高温登熟回避のため田植を遅らせている地域が多い。このような地域で食用品種移植以降に「北陸193号」を移植すると、出穂が遅れ登熟期気象条件が劣り登熟歩合が低下し減収する。このためできるだけ早く出穂させることが多収確保の要点となる。そこで作期試験により出穂性の変動を調べたところ、幸いにも「北陸193号」の出穂は変化しやすく、4月末～5月上旬の移植であれば出穂を8月上中旬にできることがわかった。これにより登熟歩合が改善され、800kg/10a以上の収量を確保することができた（図-2）。インディカ系の特性を有する品種では、とくに栽培地の気象資源活用を考慮した作期設定が必須である。

低コスト栽培としては、多用途向け品種の多くは耐倒伏性や苗立ち性等の直播適性を備えているので、省力・低コスト性が高い直播栽培を適用できる。播種法や初期水管理は食用イネとほぼ同じであるが、移植栽培同様、施肥量を増やす必要があり、分けつが少ない品種も多いので苗立ち密度はやや多くする方がよい。疎植栽培も近年盛んに検討されており、適用できる地域と栽培法が徐々に明らかになってきている。



図－1 新潟県上越市での北陸 193 号の出穂・登熟期設定の考え方

現状の8月下旬出穂では登熟期の気温・日射が低すぎるので、早植えて出穂を8月上中旬とする。
気象平年値は新潟県・高田観測点



図－2 「北陸 193 号」の出穂期と登熟歩合、収量の関係

出穂期が早いほど登熟歩合が高まり多収となる
北陸研究センター試験成績による



写真－1 出穂期を迎えた北陸 193 号

長く幅広い止葉が直立し、典型的な多収イネの草姿を示している。葉色は濃く、コシヒカリなど周辺の日本稲とまったく異なる様相である。地方番号の着いた系統名がそのまま品種名として登録されている。

飼料用米の収穫を遅くして立毛乾燥させると籾水分が低くなり乾燥時の燃料コストが節減できる。収穫時籾水分を20%以下とするだけで大幅な乾燥コスト減になる⁵⁾。立毛乾燥の条件として、耐倒伏性が強く穂発芽性が低い品種を用いること、風水害や鳥害の危険性が小さいこと、成熟期以降もある程度の気温があり籾水分低下が見込まれること等が必要である。

6. 食用米との共存のための技術

多用途向け水稻生産が地域にて定着するためには食用米生産との共存が不可欠であり、関係する技術開発が求められる。

その一つは漏生イネ対策であり、食用品種と草姿が大きく異なる多用途向け品種の栽培では

とくに気をつける必要がある。漏生を防ぐには作付圃場を固定するか大豆など転換畑作物とのローテーションを行うのが最適であるが、やむなく後作に食用品種を作付ける場合でも、①その食用品種は直播栽培しない、②プレチラクロールなどの漏生イネに効果のある成分を含む初期除草剤を体系使用する、③地域により秋耕をする/しない等の対策を講ずる、などの対策をとらねばならない⁶⁾。

食用品種との収穫時期の分離も重要で、乾燥施設での混入が生じないような品種選択や作期設定が必要である。北陸地域では高温登熟被害回避のため食用品種を遅植えする地域が増えた。こうした地域では「多用途向け品種の早植え・遅刈り、食用米の遅植え・適期刈り」がそれぞれの収量と品質確保の点でも、移植作業競合と収穫分離の点でも好都合であり、その普及を提唱しているところである。

参 用 文 献

- 1) 角田重三郎. 1978. コメのエサ化と「デントライス」計画(1)―畜産で水田をどう支えるか―. 畜産の研究. 32(12). 1419-1424.
- 2) 野田昌治・藤田米一ほか. 1975. 飼料用稲の品種と栽培に関する研究. 北陸農試報. 17. 111-128.
- 3) 庭山 孝・鈴木計司ほか. 1988. 水稻新品種「くさなみ」「はまさり」の育成. 埼玉農試研報. 43. 1-18.
- 4) 山口弘道・松村修. 2004. 登熟期間のシンク、ソース関係からみた飼料向け水稻品種特性としての茎部デンプンの再蓄積. 日作紀. 73(4). 402-409.
- 5) 飼料用米の生産・給与技術マニュアル. (独) 農研機構. 2010.