

## 山梨県における有色素米の有望品種

石井利幸<sup>1</sup>, 廣瀬裕子<sup>2</sup>, 岩間巧<sup>2</sup>, 内松大輔<sup>3</sup>, 上野直也<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>総合農業技術センター, <sup>2</sup>山梨大学, <sup>3</sup>株式会社はくばく)

**要約** 赤米, 緑米, 黄米について山梨県における有望品種の選定を行った。赤米は機能性成分含量, 抗酸化活性及び玄米外観品質において「西南赤糯137号」が優れていた。緑米は「緑万葉」が「西海糯263号」より早熟で, 収量性はやや優れていた。黄米は収量性, 機能性成分含量, 玄米外観品質において「初山吹」と「むさしの20号」の間に差はなく, 本県で栽培する場合, 「初山吹」は中間地向け, 「むさしの20号」が平坦地向けとして有望であることを確認した。

### Promising Kinds of Colored-grain Rice in Yamanashi Prefecture.

Toshiyuki ISHII<sup>1</sup>, Yuko HIROSE<sup>2</sup>, Takumi Iwama<sup>2</sup>, Daisuke UCHIMATSU<sup>3</sup>, Naoyo UENO<sup>1</sup> (<sup>1</sup>Yamanashi Prefectural Agritech Center, <sup>2</sup>University of Yamanashi, <sup>3</sup>Hakubaku Co.,Ltd).

**Abstract** We selected a promising cultivar of colored-grain rice in Yamanashi prefecture. 'Seinan akamochi 137' of red rice was excellent in the functionality element content, the antioxidative activity, and the appearance quality of brown rice. "Midorimanyo" of green rice was more precocious than "Saikaimochi 263", and a little excellent in the character concerning amount. Yellow rice did not have the difference between "Hatsuyamabuki" and "Musashino 20" in the yield performance, the functionality element content, and the brown rice externals quality. In Yamanashi prefecture, "Hatsuyamabuki" was promising as the cultivar for the middle land, and "Musashino 20" was promising as the cultivar for flat land.

## 1. 緒言

山梨県の水稲は, 峡北地域を中心に良食味米生産地として一定の評価をうけている。しかし, 近年は米価が低下傾向にあり, 地域のオリジナル性を高めるために特徴ある品種の導入が望まれてきた。そこで, 紫黒米「朝紫」が2007年に奨励品種として採用された<sup>1)</sup>。「朝紫」はポリフェノールを多く含む<sup>2)3)</sup>, その機能性と特徴的な外観から高い関心を集めている。紫黒米を含む有色素米は, 主に白米と混合して炊飯するブレンド雑穀の素材として利用されており, 有色素米取扱業者(以下, 実需者)からは, 「朝紫」の増産とともに赤米や緑米などの他の有色素米の生産が求められている。そのため, これら有色素米の安定生産は, 県内の水稲栽培農家の所得安定化とともに県産米を利用した新商材の開発に繋がることが期待できる。

有色素米は丈が長く倒れやすかったり, 穂から籾が落ちやすいなど, 栽培に適さない特徴が多くあったが, 最近では品種改良が進み, 栽培しやすい品種が育成されている<sup>4)</sup>。しかし, 本県のように気温の日較差が大きい内陸性の気象条件に適した品種や栽培技術に関する知見はない。

本研究では赤米, 緑米などについて, 本県における栽培特性を明らかにし, 早晩性, 収量性, 玄米品質, 機能性成分含量などから有望品種を選定する。有望品種については, 収量性を向上させ, 色の濃さや均一性および機能性に優れた栽培方法を明らかにし, 新たな高付加価値農産物の創出を目指す。

昨年度の試験では, 赤米3品種, 緑米5品種, 胚乳黄化米(以下, 黄米)2品種を供試し, 品種比較試験を実施した。その結果, 赤米は「夕やけもち」が収量性, 「西南赤糯137号」が機能性成分含量および玄米外観品質において優

れていた。緑米は品種の違いによって成熟期が異なった。収量性では「緑万葉」, 「西海糯263号」が優れていて, 玄米外観品質は, 品種間に明確な違いはなかった。黄米は品種により成熟期が異なり, 「西海黄256号(初山吹)」が中間地向け, 「むさしの20号」が平坦地向けとして有望であった<sup>4)</sup>。

本年度は, これらの品種特性について年次変動を確認するとともに, 色米ごとに本県の有望品種を明らかにする。

## 2. 実験方法

### 2-1 赤米

試験は総合農業技術センター内圃場(甲斐市下今井, 標高315m, 灰色低地土, 前作:水稲)で行った。供試品種は「夕やけもち」, 「西南赤糯137号」を用いて, 本県奨励品種の紫黒米「朝紫」を対照品種とした。試験規模は1区あたり9m<sup>2</sup>として, 各区2反復で行った。5月7日に播種し, 6月4日に22.2株/m<sup>2</sup>(条間30cm, 株間15cm)の栽植密度で, 1株あたり3本を手植えた。施肥量は基肥としてN-P205-K20=5-5-5kg/10a, 減数分裂期の追肥としてN-K20=2-2kg/10a相当量を化学肥料で施した。雑草および病害虫防除, 水管理等は所内慣行の方法で行った。生育期間中に生育ステージ, 倒伏程度, 収穫後に玄米収量, 収量構成要素を調査した。倒伏程度の基準は, 観察により, 0(無), 1(微), 2(小), 3(中), 4(大), 5(甚)の6段階とした。坪刈り試料は1週間程度の乾燥後, 脱穀, 脱芒, 風力選別, 籾すり, 1.8mmのグレーダー選別を行った玄米を調査試料とした。機能性成分含量は, 玄米を粉碎し, 総フェノール量, 総フラボノイド量, プロアントシアニン量および抗酸化活性(DPPHラジカル捕捉活性)を測定した。抽出及び分析方

法は昨年度と同様に行った<sup>5)</sup>。玄米外観品質は、色彩色差計(日本電飾工業株式会社製, ZE2000)による色差値測定および実需者の肉眼による外観評価を実施した。色差値はa\*値(高い値ほど赤系色を呈する)で評価した。実需者による外観評価の基準は、色の均一性や発色の程度から、5(良好), 4(やや良好), 3(普通), 2(やや劣), 1(劣)の5段階とした。

### 2-2 緑米

試験場所, 対照品種, 試験方法, 耕種概要, 収穫後の調整方法, 調査項目などは試験2-1と同様とし, 「緑万葉」, 「西海糯263号」を供試した。玄米外観品質は色差値測定および実需者による外観評価を実施した。色差値はa\*値(低いほど緑系色を呈する)で評価した。外観評価の基準は、緑粒の混入割合や発色程度などから、5(良好), 4(やや良好), 3(普通), 2(やや劣), 1(劣)の5段階とした。機能性成分含量は昨年度の試験に供試した「緑万葉」, 「西海糯263号」, 「朝紫(対照品種)」, 「コシヒカリ(参考品種)」の玄米を用いた。

### 2-3 黄米

試験場所, 対照品種, 試験方法, 耕種概要, 収穫後の調整方法, 調査項目などは試験2-1と同様とし, 「初山吹(西海黄256号)」, 「むさしの20号」を供試した。玄米外観品質は色差値測定を実施した。色差値はb\*値(高い値ほど黄系色を呈する)で評価した。機能性成分含量については昨年度の試験に供試した「初山吹」, 「むさしの20号」

「朝紫(対照品種)」, 「コシヒカリ(参考品種)」の玄米を用いた。

## 3. 結果

### 3-1 赤米

#### (1) 栽培特性

各品種の生育, 収量および収量構成要素に及ぼす影響を表1に示した。対照品種の「朝紫」と比較した特性を以下に述べる。「夕やけもち」は出穂期が2日, 成熟期が1日早く, 「西南赤糯137号」は出穂期, 成熟期ともに3日遅かった。稈長は両品種とも短く, 倒伏はなかった。穂数と千粒重は「西南赤糯137号」が同程度だったのに対して, 「夕やけもち」は穂数が少なく, 千粒重がやや重かった。総粒数と登熟歩合は「夕やけもち」が同程度で, 「西南赤糯137号」は総粒数が少なく, 登熟歩合が高かった。玄米収量は「夕やけもち」が480kg/10a, 「西南赤糯137号」が467kg/10aで, 両品種間に有意な差は認められず, 「朝紫」と同程度だった。

#### (2) 機能性成分含量

総フェノール量, 総フラボノイド量, プロアントシアニン量の測定結果を図1に示した。いずれの機能性成分含量においても「西南赤糯137号」は, 「夕やけもち」, 「朝紫」および「コシヒカリ」より高かった。また, 図2のようにDPPHラジカル捕捉活性においても同様の傾向であった。

#### (3) 玄米外観品質

表1 赤米品種の違いが生育収量および収量構成要素に及ぼす影響

品種	出穂期	成熟期	倒伏多少 0-5	稈長 cm	穂数 本/m <sup>2</sup>	千粒重 g/1000粒	総粒数 千粒/m <sup>2</sup>	登熟歩合 %	玄米収量 kg/10a
	月.日	月.日							
夕やけもち	8.01	9.06	0	67.1	260	21.7	27.7	80.0	480 <sup>a</sup>
西南赤糯137号	8.06	9.10	0	78.0	306	20.0	25.6	91.1	467 <sup>a</sup>
朝紫(対照)	8.03	9.07	0	80.5	300	20.4	28.3	78.4	453 <sup>a</sup>

倒伏程度は0(無)~5(甚)の6段階評価(観察)

玄米収量, 千粒重は含水率15%に補正した。

玄米収量右上の同一アルファベット間には有意差がないことを示す(Tukey法, 5%)

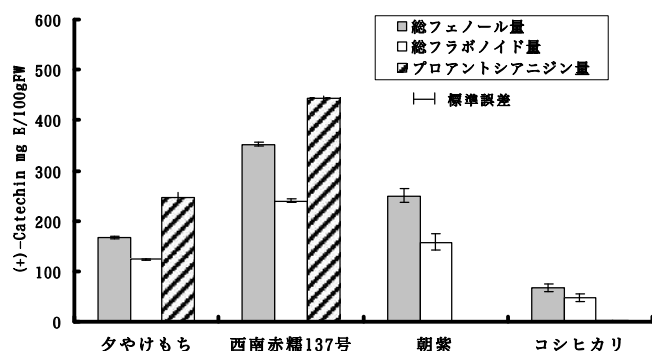


図1 赤米品種と機能性成分含量

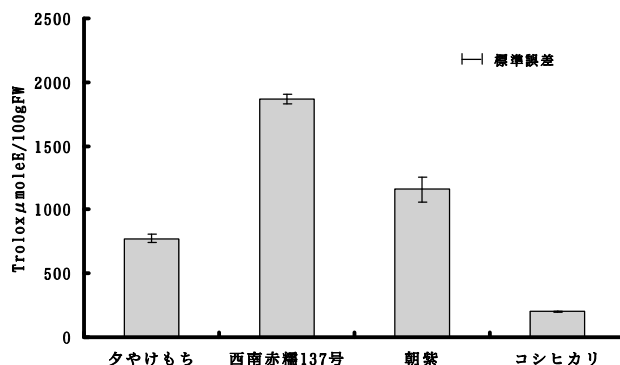


図2 赤米品種と抗酸化活性 (DPPHラジカル捕捉活性)

色差値 (a\*値) の測定結果および実需者による外観評価結果を表2に示した。色差値 (a\*値) は「西南赤糯137号」が「夕やけもち」より高い値で赤みが強かった。実需者の評価は「西南赤糯137号」が色鮮やかで「夕やけもち」より優れていた。

### 3-2 緑米

#### (1) 栽培特性

各品種の生育、収量および収量構成要素に及ぼす影響を表3に示した。対照品種の「朝紫」と比較した特性を以下に述べる。

「緑万葉」は出穂期が26日、成熟期が25日、「西海糯263号」は出穂期、成熟期ともに33日遅かった。稈長は「朝紫」より長かったが、倒伏はなかった。穂数と総粒数は「緑万葉」が多く、「西海糯263号」は少なかった。千粒重は「西海糯263号」が重かった。登熟歩合は「西海糯263号」が低かった。玄米収量は、「緑万葉」が468kg/10a、「西海糯263号」が444kg/10aで、両品種間に有意な差は認められなかった。

#### (2) 機能性成分含量

総フェノール量、総フラボノイド量の測定結果を図3、DPPHラジカル捕捉活性を図4に示した。総フェノール量、

抗酸化活性 (DPPHラジカル捕捉活性) は「緑万葉」、「西海糯263号」とともに「朝紫」より低く、「コシヒカリ」と同程度だった。総フラボノイド量は「緑万葉」が「西海糯263号」よりやや高かった。

#### (3) 玄米外観品質

色差値 (a\*値) の測定結果および実需者による外観評価結果を表4に示した。色差値 (a\*値) は「西海糯263号」が「緑万葉」より低く緑色が濃かったが、実需者の評価はともに3で同程度だった。

### 3-3 黄米

#### (1) 栽培特性

各品種の生育、収量および収量構成要素に及ぼす影響を表5に示した。対照品種の「朝紫」と比較した特性を以下に述べる。「初山吹」は出穂期が同程度、成熟期が3日遅く、「むさしの20号」は出穂期が12日、成熟期が23日遅かった。稈長は両品種とも短く、倒伏はなかった。穂数は「初山吹」が同程度だったのに対して、「むさしの20号」は少なかった。千粒重は両品種とも重く、総粒数は少なかった。登熟歩合は「初山吹」がやや低かった。玄米収量は両品種とも420kg/10a程度で「朝紫」よりやや少なかったが、有意な差は認められなかった。

表2 赤米品種と玄米外観品質

	夕やけもち	西南赤糯137号
色差値 (a*値) <sup>1)</sup>	12.7±0.41	15.3±0.29
実需者評価 <sup>2)</sup>	2	3

1) 色差値は平均値±標準誤差

2) 実需者評価は5(良好)～1(劣)の5段階評価で行った

表4 緑米品種と玄米外観品質

	緑万葉	西海糯263号
色差値 (a*値) <sup>1)</sup>	3.38±0.67	2.28±0.18
実需者評価 <sup>2)</sup>	3	3

1) 色差値は平均値±標準誤差

2) 実需者評価は5(良好)～1(劣)の5段階評価で行った

表3 緑米品種の違いが生育収量および収量構成要素に及ぼす影響

品種	出穂期	成熟期	倒伏多少	稈長	穂数	千粒重	総粒数	登熟歩合	玄米収量
	月.日	月.日	0-5						
緑万葉	8.29	10.02	0	89.9	366	18.2	33.1	77.8	468 <sup>a</sup>
西海糯263号	9.05	10.10	0	92.8	280	25.2	24.6	72.0	444 <sup>a</sup>
朝紫(対照)	8.03	9.07	0	80.5	300	20.4	28.3	78.4	453 <sup>a</sup>

倒伏程度は0(無)～5(甚)の6段階評価(観察)

玄米収量、千粒重は含水率15%に補正した

玄米収量右上の同一アルファベット間には有意差がないことを示す(Tukey法, 5%)

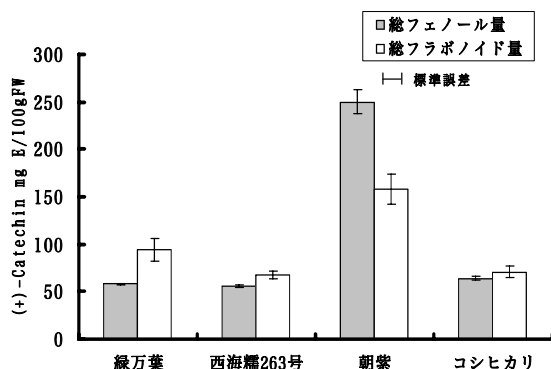


図3 緑米品種と機能性成分含量

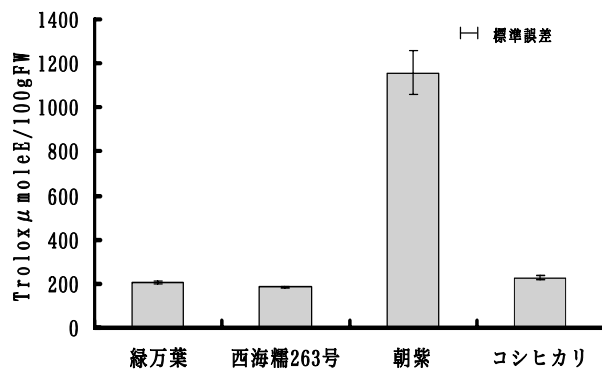


図4 緑米品種と抗参加活性 (DPPHラジカル捕捉活性)

表5 黄米品種の違いが生育収量および収量構成要素に及ぼす影響

品種	出穂期 月.日	成熟期 月.日	倒伏多少 0-5	稈長 cm	穂数 本/m <sup>2</sup>	千粒重 g/1000粒	総粒数 千粒/m <sup>2</sup>	登熟歩合 %	玄米収量 kg/10a
初山吹	8.03	9.10	0	70.9	301	22.5	25.4	73.7	420 <sup>a</sup>
むさしの20号	8.15	9.30	0	67.1	277	22.3	23.9	79.7	424 <sup>a</sup>
朝紫(対照)	8.03	9.07	0	80.5	300	20.4	28.3	78.4	453 <sup>a</sup>

倒伏程度は0(無)～5(甚)の6段階評価(観察)

玄米収量, 千粒重は含水率15%に補正した

玄米収量右上の同一アルファベット間には有意差がないことを示す(Tukey法, 5%)

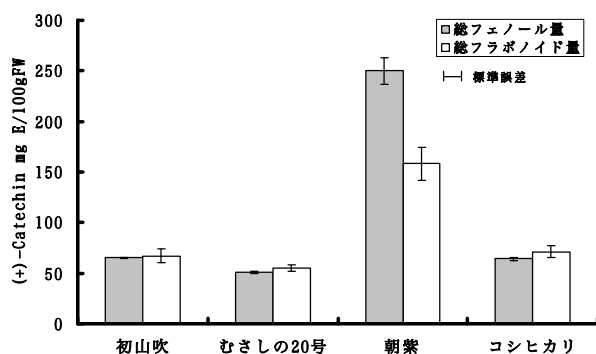


図5 黄米品種と機能性成分含量

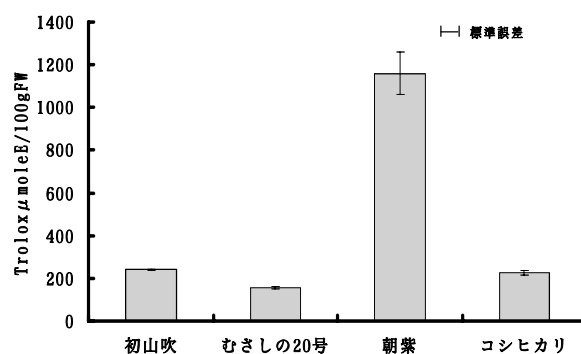


図6 黄米品種と抗参加活性 (DPPHラジカル捕捉活性)

表6 黄米品種と玄米外観品質

	初山吹	むさしの20号
色差値(a*値) <sup>1)</sup>	28.4±0.19	26.2±0.10

1) 色差値は平均値±標準誤差

## (2) 機能性成分含量

総フェノール量, 総フラボノイド量の測定結果を図5, DPPHラジカル捕捉活性を図6に示した. いずれの機能性成分含量においても「初山吹」と「むさしの20号」は「コシヒカリ」と同程度で, 「朝紫」より低かった.

## (3) 玄米外観品質

色差値(a\*値)の測定結果を表6に示した. 「初山吹」が「むさしの20号」よりやや高く黄色を呈していた.

## 4. 考 察

## 4-1 赤米

「夕やけもち」は「朝紫」と比べてほぼ同熟で, 「西南赤糯137号」はやや晩熟であり, 熟期の面では両品種とも本県の中間地以下で栽培が可能と考えられる. 収量構成要素が異なるものの玄米収量に有意な差は認められず, 機能性成分含量や玄米外観品質は, 「西南赤糯137号」が「夕やけもち」より優れていた. このことから, 本県の赤米有望品種は機能性成分含量や玄米外観品質に優れる「西南赤糯137号」であると推察された. 今後は「西南赤糯137号」の高品質安定生産技術の確立を目指して, 機能性成分含量, 玄米外観品質及び収量性を高める栽培法の確立が必要である. 赤米は登熟期の気温により

抗酸化活性や色素の発現程度が異なること<sup>6,7)</sup>が知られている. そのため, 来年度は気象条件の違いが機能性成分含量や玄米外観品質に及ぼす影響について検討を行い, 栽培適地や移植適期を明らかにする予定である. また, 収量性の向上については, 最適施肥量について検討する.

## 4-2 緑米

「緑万葉」, 「西海糯263号」は本県において「極晩生」に分類され, 本県の平坦地で栽培が可能であると推察された.

ただし, 「緑万葉」は「西海糯263号」より8日程度早熟であることから, 「緑万葉」の方が栽培可能地域は広いと考えられた. 穂数, 総粒数, 登熟歩合は「緑万葉」が優れ, 千粒重は「西海糯263号」が重く, 収量性は同程度であった. 昨年度は「緑万葉」が「西海糯263号」より多収であったことから, 「緑万葉」は「西海糯263号」と比較して同程度以上の玄米収量が得られると考えられた. 機能性成分含量は, 「緑万葉」, 「西海糯263号」ともに, 一般の粳米品種「コシヒカリ」と同程度で品種間に違いは認められなかった. 色差値調査における玄米外観品質は, 「西海糯263号」が「緑万葉」よりやや優れていたが, 実需者による評価は同程度だった. このことから, 熟期が「西海糯263号」より早く, 収量性の高い「緑万葉」が本県の緑米有望品種であると推察された. 緑米は機能性成分含量について一般の粳米と同程度であったが, 実需者からは赤米同様, 現在取り扱っている他県産を県内産に切り替えたいとの要望がある. そのため, 県

内での安定生産技術について更なる検討が必要であると考えられる。来年度は「緑万葉」について、施肥量や登熟期の気象条件の違いが玄米収量、機能性成分含量および玄米外観品質に及ぼす影響を明らかにする予定である。また、一般的に緑米品種は早刈りの方が緑米の混入割合が多いといわれており、刈取適期についても検討する。

#### 4-3 黄米

本県において「初山吹」は「朝紫」や「コシヒカリ」と同じ「中生」に、「むさしの20号」は「晩生」に分類されると推察された。収量性は昨年度と同様に2品種の間に有意な差は認められず、本県では2品種間に収量性の違いはないと考えられた。また、機能性成分含量は「コシヒカリ」と同程度で品種間に違いは認められなかった。玄米外観品質についても2品種の間に有意な差は認められなかった。この傾向は昨年度と同様であった。このことから、本県で黄米を栽培する場合、中間地では「初山吹」、平坦地では「むさしの20号」が適していることを確認できた。なお、黄米は胚乳が黄色を呈する極めて珍しい品種であるが、機能性成分含量は一般の粳米品種と同程度であること、実需者からの生産要望が赤米や緑米より大きくないことから、黄米品種に関する試験は今年度で完了する。

## 5. 結 言

本県の水稲生産現場および県内有色素米取扱業者から、新たな有色素米の生産が求められている。本研究では、赤米、緑米、黄米について、それぞれの栽培特性、機能性成分含量、玄米外観品質を明らかにし、有望品種を選定した。

来年度は、赤米、緑米の有望品種について登熟期の気象条件の違いが生育、収量、玄米品質、及び機能性成分含量に及ぼす影響を明らかにするとともに、施肥量や刈取適期などの安定栽培法について検討する。

## 6. 謝 辞

本研究の実施にあたり、東北農業研究センター、埼玉県農林総合研究センター、九州沖縄農業研究センター、鹿児島県農業開発総合センターには種子を分譲していただきました。栽培管理、収量や玄米品質などの調査補助を担当していただきました飯島喜仁主任技能員、中嶋今朝子さん、植松誠さん、埴原直樹さんには大変お世話になりました。各位に厚く御礼申し上げます。

最後に試験の遂行にあたりご指導、ご助言を賜りました総合理工学研究機構の市川和規研究管理幹に厚く感謝申し上げます。

## 参考文献

- 1) 農林水産省生産局：水稲稲・麦類・大豆奨励品種特性表，78-79(2008)
- 2) 上野直也，小林真理，石井利幸，外川高雄，加藤知美，長坂克彦：有色素米の特性と機能性成分に関する研究 第1報：紫黒糯水稲「朝紫」の特徴と機能性成分の評価，山梨県総合農業技術センター研究報告1,1-8(2007)
- 3) 猪谷富雄，岡本実剛，藤井一範，武藤徳男，建本秀樹：有色素米の抗酸化活性とポリフェノール成分の品種間差異，日本食品科学工学会誌49(8)，540-543(2002)
- 4) 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，日作紀73(2)，137-147(2004)
- 5) 石井利幸，廣瀬裕子，内松大輔，上野直也：有色素米の栽培特性と機能性評価，山梨県総合理工学機構研究報告書第5号，91-95(2010)
- 6) 小松清高，玉置雅彦，藤井一範，武藤徳男，猪谷富雄：有色素米の抗酸化能に関する研究—品種間差異と栽培条件の影響—，日作紀72(別2)，108-109(2003)
- 7) 猪谷富雄，杉戸政之，玉置雅彦：赤米および紫黒米における色素発現の推移と温度の影響，日作紀67(別2)，32-33(1998)

## 成果発表状況

### 学会発表

- 1) 石井利幸，上野直也，廣瀬裕子・笠井明穂・岩間巧・内松大輔：山梨県における水稲赤米品種の栽培特性と機能性および炊飯評価，日本作物学会関東支部第99回講演会，神奈川県藤沢市，2010。