

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 4 年 6 月 5 日現在

機関番号：11601

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19K05990

研究課題名(和文) 品質・食味がばらつく福島県内地域の米と除染水田産米の貯蔵物質蓄積構造の解明

研究課題名(英文) Analysis of accumulation structure of rice produced in several areas of Fukushima prefecture with special reference to the differences of quality and palatability, and the effect of radioactive rays.

研究代表者

新田 洋司 (NITTA, Youji)

福島大学・食農学類・教授

研究者番号：60228252

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：福島県内地域の農家水田産米を対象とし、作物学的・栽培学的評価を加え貯蔵物質の蓄積構造を解明した。

同一品種では、精米のアミロース・タンパク質含有率は、同一地域内、地域間および同一地域内の水田間で差異が認められたが、栽培方法の差異が最大であった。炊飯米の微細構造は、表面および表層では同一品種で地域による顕著な差異は認められず、水田や米粒間での違い大きいこと、中間部分および中心部分における糊化デンプンの展開程度が水田や米粒間での違いに加えて会津地域産米で大きい傾向が認められた。

なお、除染水田で生産された米では放射線量等による影響は認められなかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

品質がばらつく指摘される福島県地域産の米は、品種の違いや気象・環境条件が異なる地域間差異に加えて、施肥・水管理等の栽培方法による差異が大きいことが明らかとなった。すなわち、栽培制御により品質や食味の高位安定化が図られる可能性が明示された。加えて、品質・食味の高位安定化をはかるためには、地域において適切な品種を選定し、オーダーメイド的な栽培制御技術の必要性が考えられた。したがって、社会的にきびしい状況に置かれている福島県産米の品質・食味の高位安定化による改善の端緒が示された。

研究成果の概要(英文)：Accumulation structure of reserve substances and crop scientific and/or cultivational evaluation were conducted for rice produced in several areas of Fukushima prefecture. Amylose or protein content of milled rice in a certain cultivar differed even within a regional area, among regional areas and paddy fields, which was caused largely by the difference of cultivation management. For ultra-fine structure of cooked rice grain observed by scanning electron microscope in a certain cultivar, surface and peripheral layer structures were almost same among regional areas, while the difference was occurred among paddy fields as well as grains. In the middle and center portion of cooked rice grain, gelatinization structure was differed among paddy fields as well as grains, however, products of Aizu regions seemed to be advanced than the others. There was no effect by radioactive rays on accumulation structure of reserve substances and ultra-fine structure of cooked rice grain.

研究分野：作物生産科学

キーワード：福島 水稲 米 炊飯米 電子顕微鏡 品質 食味 貯蔵物質

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1) 福島県地域産米の評価

一般に「福島県産米」は地域により社会的評価が分かれ、会津地域や中通り地域産米は高品質・良食味のイメージが強いが、浜通り地域産米を中心に高品質・良食味米と評価されない場合が多い。また、東日本大震災および原発事故後は、米の生産量の激減が余儀なくされ、風評もあり、米市場は品質・食味が評価される以前の問題で生産と販売がきびしい状況にある。

米穀データバンクによる2017年産米の調査結果(A~Eの5段階評価)では米穀データバンク2017) Aが会津地域の6市町村、中通り地域の7市町村などであるが、同じ会津地域でもD(2町村)やE(2町)など大きな「ばらつき」がある。中通り地域でもD(6市町村)が、浜通り地域では、BからC(1市) D(1町) E(3市村)が散在している。また、同じ市町村でもAからDまで「ばらつき」がある市もある(郡山市)。しかしながら、このような「ばらつき」を裏付ける要因や米粒内における貯蔵物質の蓄積構造は、作物学的・栽培学的による解析がなかったためまったくわかっていない。

(2) 放射線量被害の影響

原発事故による放射線量被害が大きかった浜通り地域の水田は、除染が「表土の削り取り+客土」「深耕」「反転耕」のいずれかで実施された。このうち、「表土の削り取り+客土」が実施された水田では、客土後の土壌の改良基準が定められ(pH、CEC、石灰、苦土、カリ、可給態リン酸、腐植)(福島県農業総合センター2017) クリアすれば作付けすることができる。加えて、除染後でも放射性セシウムが作物に吸収されるのを抑えるため、カリウムを増肥施用することが推奨された(福島県農業総合センター2017)。したがって、「表土の削り取り+客土」の水田の水稲は土壌の理化学的特性に問題はないものの、収量は低いあるいは安定しない(西脇ら2016)。この要因として、CECや土壌交換性陽イオン濃度が低く、水稲の初期生育や茎数の増加が促進されないことなどが指摘されている。したがって、水稲の生育に必要な養分吸収バランスがくずれ、米粒における貯蔵蓄積構造に影響をおよぼす可能性がある。

(3) 米粒における貯蔵物質蓄積構造

さらに、除染水田で生産された米の、デンプンやタンパク質、脂質等の貯蔵物質の蓄積構造の知見は皆無である。とくに、アミロプラストやデンプン粒が、正常通り緻密に高密度で蓄積しているのかが注目される。また、放射性セシウムやカリウムの増肥施用がおよぼす影響も未解明である。これらを解明する必要がある。

2. 研究の目的

(1) 福島県地域産米の作物学的・栽培学的評価

上述のように福島県の地域で生産された米は、品質・食味の点から作物学的・栽培学的に特性が明らかにされていない。本研究ではまず第1に、新設された福島大学食農学類の研究者による知見・知識を活用しながら、福島県の「ばらつき」のある米の品質と食味の要因を明らかにすることを目的とした。

(2) 福島県地域産米粒における貯蔵物質蓄積構造の明確化

一方、除染された水田で生産された米の、デンプンやタンパク質、脂質等の貯蔵物質の蓄積構造を作物形態学的解析手法で明らかにすることを目的とした。そして、もし異常構造を有する場合には原因を明示する。一方、異常構造がない場合にはそのエビデンスを明示する。

3. 研究の方法

本研究では3カ年の実施期間で、福島県浜通り地域(南相馬市、川内村など)、中通り地域(大玉村、玉川村など)、会津地域(会津若松市など)の計9の市町村、のべ105の農家水田で栽培・収穫された玄米・精米を本研究の調査対象とした。このうち、浜通り地域産米には除染水田で生産された米が含まれている。

(1) 土壌の理化学的特性、栽培管理方法、収量および収量構成要素、気象条件等の把握

対象水田の管理者等から栽培管理方法を聴取した。また、地域で平均的な収量を得ている水田を対象として、収量および収量構成要素、土壌のCEC、土壌交換性陽イオン濃度等を測定した。

(2) 玄米・精米の白度の測定

地域で平均的な収量を得ている水田を対象として、新田ら(2006)および玉置ら(2007)の方法で白度計を用いて玄米ならびに精米の白度を測定した。

(3) 玄米の大きさおよび白色不透明部の有無と数の測定

すべての対象水田で生産された玄米を対象として、目視および穀粒判別器(サタケ社製、RGQ190A)で白色不透明部(腹白、背白、心白、乳白など)の有無および数を調査した。

(4) 玄米・精米の食味関連形質の測定

すべての対象水田で生産された玄米を対象として、新田ら(2006)および玉置ら(2007)の方法で、米粒食味計(サタケ社製、RCTA10C)でアミロース、タンパク質および脂質の含有率等を測定した。また、玄米を精米機(サタケ社製、RSKM3D)で精白歩合90%に搗精後、精米について同様に測定した。

(5) 玄米の貯蔵物質の蓄積構造の走査電子顕微鏡観察

地域で平均的な収量を得ている水田で生産された玄米を対象に、凍結乾燥装置(日本テクノサービス

社製、FD-1HV)で凍結乾燥後、表面および断面を白金で蒸着し、新田ら(2006)・新田(2021)の方法で、アミロプラストおよびデンプン粒等の微細構造を走査電子顕微鏡(日本電子社JSM-IT500HR、日立社製SU8220)で観察した。

(6)炊飯米の微細構造観察

(5)と同じ材料について、洗米した精米300gに水400gを加水して60分間浸漬後、圧力IH炊飯器(東芝社製、RC-10HK、IH・非圧力釜タイプ)で炊飯した。新田(2021)の方法で炊飯米を急速凍結-真空凍結乾燥法(10⁻⁴Pa、-65)で凍結乾燥後、表面と断面を白金で蒸着し、微細構造を走査電子顕微鏡(日本電子社JSM-IT500HR、日立社製SU8220)で観察した。

(7)総括

福島県内の地域が異なる米について、以上の点について各年度で調査し地域間差等を明らかにする。また、除染水田特有の貯蔵物質の蓄積構造の特徴がないか等についても確認する。

4.研究成果

本研究は2019年から2021年の3カ年にわたり実施した。すべての調査結果は、年次間差や変動以外、各年度・各地域で同様であった。そこで、本報告ではまず、福島県地域産米の作物学的・栽培学的評価について典型的な結果が得られた2019年および2020年の結果の一例を示した。また、福島県地域産米粒における貯蔵物質蓄積構造については、品質・食味評価に直接かかわる炊飯米の微細構造について2021年の結果の一例を示した。

(1)福島県地域産米の作物学的・栽培学的評価

2019年度産米について、浜通り地域の南相馬市(5水田。品種「天のつば」₁、「コシヒカリ」₁、「ササシグレ」₁)、榎葉町(2。「コシヒカリ」₁)、川内村(3。「ひとめぼれ」₁、「里山のつば」₁、「コシヒカリ」₁)、中通り地域の福島市(2。「コシヒカリ」₁、「天のつば」₁)、大玉村(9。「コシヒカリ」₁)、会津地域の会津若松市(4。「コシヒカリ」₁)の計25の農家水田で栽培(有機栽培や自然農法ではない化学肥料主体の栽培方法)・収穫された米を供試した。

第1表には、「コシヒカリ」について、各地域の精米における食味関連形質を示した。その結果、浜通り地域、中通り地域、会津地域のそれぞれで、精米のアミロース含有率は18.7~19.8、18.6~20.1、

第1表 福島県地域2019年度産「コシヒカリ」精米における食味関連形質

地域	アミロース含有率(%)	タンパク質含有率(%)	(参考)食味値(point)
1 浜通り地域 南相馬市A	19.8	7.5	67.3
2 浜通り地域 南相馬市A	19.5	7.2	70.3
3 浜通り地域 川内村	18.7	6.4	78.7
4 中通り地域 大玉村A	19.0	6.7	75.7
5 中通り地域 大玉村B	19.0	6.7	75.7
6 中通り地域 大玉村C	19.4	7.0	71.7
7 中通り地域 大玉村D	19.3	7.2	72.3
8 中通り地域 大玉村E	18.8	6.5	77.3
9 中通り地域 大玉村F	18.6	6.5	79.3
10 中通り地域 大玉村G	19.0	7.0	75.0
11 中通り地域 大玉村H	18.9	6.7	77.3
12 中通り地域 大玉村I	20.1	8.6	63.0
13 会津地域 会津若松市A	18.5	6.2	79.8
14 会津地域 会津若松市B	18.8	6.5	78.0
15 会津地域 会津若松市C	19.1	6.8	75.0
16 会津地域 会津若松市D	18.4	6.0	81.7

表中の数値は平均値。

18.4~19.1%の範囲で、タンパク質含有率は6.4~7.5、6.5~8.6、6.2~6.8%の範囲で、地域間および同一地域内の水田間で差異があった。食味値(参考)は67.3~78.7、63.0~79.3、75.0~81.7の範囲で差異があった。

2020年度産米については地域と品種を拡大し、浜通り地域の南相馬市(14水田。品種「天のつば」₁、「コシヒカリ」₁他)、葛尾村(4。「ひとめぼれ」₁、「あきたこまち」₁)、川内村(2)、「コシヒカリ」₁)、玉川村(1。「コシヒカリ」₁)、会津地域の会津若松市(12。「コシヒカリ」₁)の計41の農家水田で栽培・収穫された水稲を供試した。

その結果、浜通り地域、中通り地域、会津地域のそれぞれで、2019年度産米と同様、精米のアミロース含有率、タンパク質含有率、食味値(参考)は、同一地域内、地域間および同一地域内の水田間で差異が認められた。これらの差の要因は、品種間差異以外では栽培方法の差異がもっとも大きく、ついで地域間差によるものであった。なお、除染をした水田で生産された米において、精米の食味関連形質には特異的な影響は認められなかった。

(2)福島県地域産米粒における貯蔵物質蓄積構造の明確化

浜通り地域の南相馬市(9水田。品種「天のつば」₁)、川内村(2。「ひとめぼれ」₁、「里山のつば」₁)、飯館村(3)、「コシヒカリ」₁)、玉川村(8。「コシヒカリ」₁、「ひとめぼれ」₁)、会津地域の会津坂下町(3。「コシヒカリ」₁)の計33の農家水田で2021年に収穫された米の炊飯米を供試した。

表面構造

第1図に、会津地域および中通り地域産「コシヒカリ」の炊飯米における走査電子顕微鏡写真を示し

た。

全体(1段目)を低倍率で観察し明るくみえる部分(明部)と、両地域産米とも、平滑で暗くみえる部分(暗部)とが認められた。暗部は、糊化したデンプンが表面に蓄積した緻密な層で、表面的なねばりや「おねば」の要因になる部分である。一方、明部は、糊化したデンプンが進展して繊維状の構造を呈した部分である。明部と暗部の面積比率は、地域間差はなく、むしろ水田や米粒間で異なっていた。

表面の明部(2段目)では、両地域産米とも、表面には細かな繊維が発達した細繊維状構造や、薄い膜のような膜状構造が認められた。このうち、膜状構造の発達は炊飯米が白くみえる(白度が強い)要因である。また、表面よりもやや内部では、孔が多数あいた多孔質構造が認められた。この構造は食した際に柔らかさやねばり、弾力性をもたらす要因である。これらの構造に地域間差はなく、水田や米粒間での違いが認められた。なお、除染をした水田で生産された米において、炊飯米の微細構造に特異的な影響は認められなかった。

内部構造

表面から内側に向かった横断面(表層部分)(3段目)では、両地域産米とも、表面に糊化したデンプンの緻密な蓄積層が認められた。食した際、薄いとあっさりとしたねばりを感じ、厚いと表面的な強いねばりや、「おねば」の要因となる。中通り地域産米の方が厚い試料が多かったが、水田や米粒間での差の方が大きかった。さらに、両地域産米とも、表面よりも内部では、孔が多数あいた多孔質構造が認められた。このような構造は食した際に柔らかさやねばり、弾力性を感じる要因である。

中間部分(表面と中心の間)(4段目)では、両地域産米とも、糊化が十分に進まず、構造物が細胞単位やアミロプラスト単位で認められた。このような構造が認められる場合は、食した際に適度な歯ごたえや「つぶ感」を感じる要因となる。また、糊化が進み、隣接する細胞やアミロプラストの範囲に糊化デンプンが展開している部分も認められた。展開した糊化デンプンは、会津地域産米で大きい傾向が認められた。

中心部分(5段目)では、両地域産米とも中間部分とほぼ同様の構造であった。すなわち、糊化が十分に進まず、構造物が細胞単位やアミロプラスト単位で認められた。このような構造が認められる場合は、食した際に適度な歯ごたえや「つぶ感」を感じる要因となる。また、糊化が進み、隣接する細胞やアミロプラストの範囲に糊化デンプンが展開している部分も認められた。そして、展開した糊化デンプンは、会津地域産米で大きい傾向が認められた。

なお、中間部分および中心部分で認められた糊化が十分に進んでいない構造は近年育成され栽培面積を拡大している高品質・良食味品種でも認められ、品質や食味を低下させる構造ではないと考えられる。

除染をした水田で生産された米において、炊飯米の微細構造に特異的な影響は認められなかった。

なお、品種「天のつば」は炊飯米の微細構造に特徴的な構造が認められた。すなわち、同品種は他の品種に比べて大粒であり、玄米・精米が大型であるが、それに加えて米粒の中間部および中心部で糊化が進んでいないことが、食した際の「つぶ感」の要因になっていることが明らかになった。

以上より、品質・食味評価に直接かかわる貯蔵物質蓄積構造である炊飯米の微細構造は、表面および表層では、同一品種において、浜通り地域、中通り地域、会津地域のそれぞれで顕著な差異は認められなかった。そしてむしろ水田や米粒間での違いが認められた。内部構造では、中間部分および中心部分における糊化デンプンの展開程度が、水田や米粒間での違いに加えて会津地域産米で大きい傾向が認められた。さらには、「天のつば」の場合のように品種により、その品質・食味を助長する特徴的な貯蔵物質の蓄積構造があることが判明した。

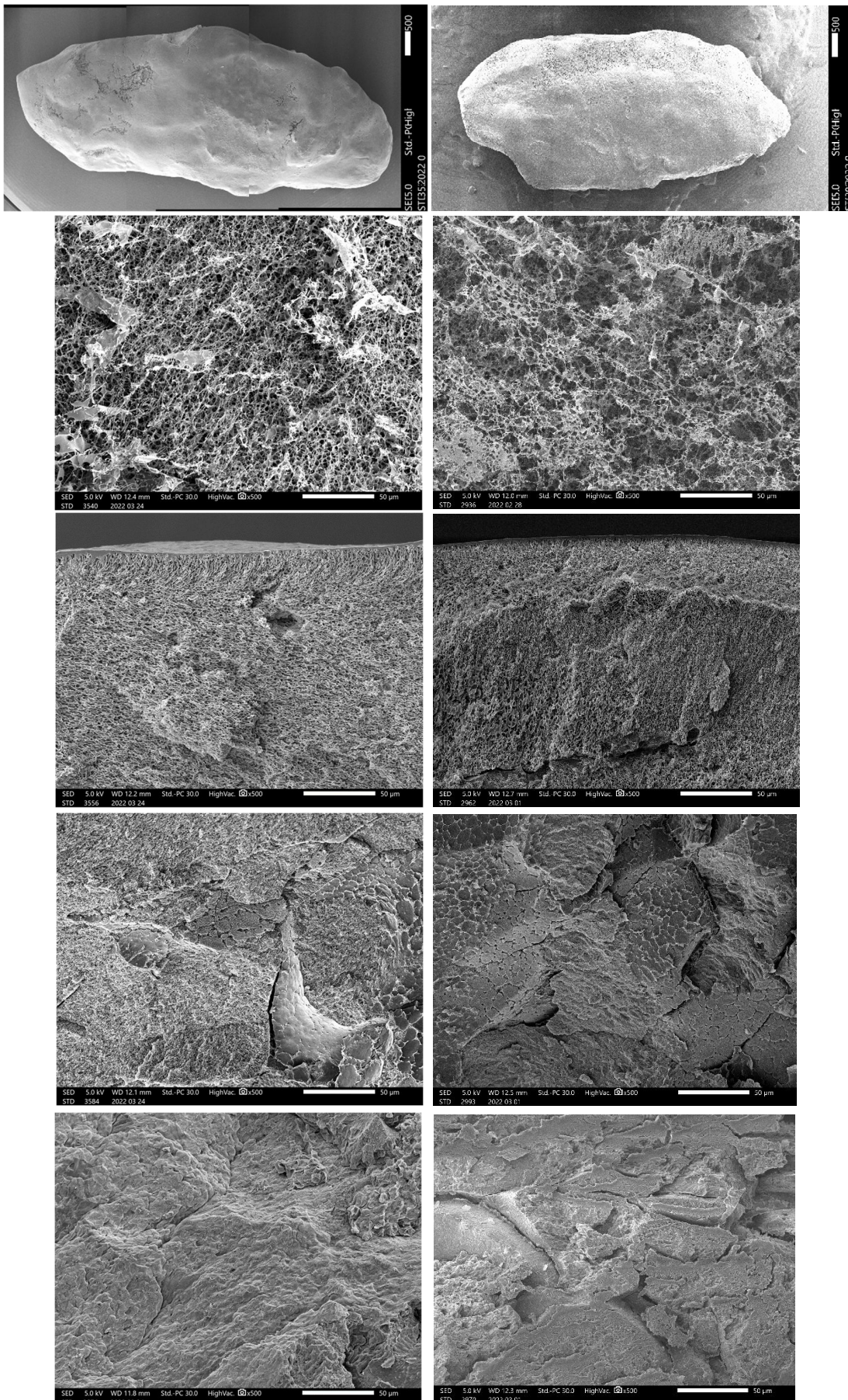
(3) まとめ

本研究では3カ年の実施期間で福島県浜通り地域、中通り地域、会津地域の農家水田で栽培・収穫された玄米・精米を対象とし、作物学的・栽培学的評価を加え、貯蔵物質の蓄積構造を解明した。

その結果、浜通り地域、中通り地域、会津地域のそれぞれで、同一品種においては、精米のアミロース含有率、タンパク質含有率、食味値(参考)は、同一地域内、地域間および同一地域内の水田間で差異が認められたが、品種間差異以外では栽培方法の差異がもっとも大きいことが判明した。品質・食味評価に直接かかわる貯蔵物質蓄積構造である炊飯米の微細構造については、表面および表層では、同一品種においては浜通り地域、中通り地域、会津地域のそれぞれで顕著な差異は認められず、水田や米粒間での違い大きいことが判明した。また、内部構造では、中間部分および中心部分における糊化デンプンの展開程度が、水田や米粒間での違いに加えて会津地域産米で大きい傾向が認められた。なお、除染をした水田で生産された米において、精米の食味関連形質には特異的な影響は認められなかった。

これらの結果、品質がばらつきと指摘される福島県地域産の米は、品種の違いや気象・環境条件が異なる地域間差異に加えて、施肥・水管理等の栽培方法による差異が大きいことが明らかとなった。すなわち、栽培制御により品質や食味の高位安定化が図られる可能性が明示された。加えて、品質・食味の高位安定化をはかるためには、地域において適切な品種を選定し、オーダーメイド的な栽培制御技術の必要性が考えられた。したがって、社会的にきびしい状況に置かれている福島県産米の品質・食味の高位安定化による改善の端緒が示された。

引用文献 米穀データバンク 2017. 米マップ'17. 福島県農業総合センター 2017. 除染後農地の施肥診断マニュアル(第一版). 西脇ら 2016. 平成29年農業農村工学会大会講演会講演要旨集. 837-838. 新田ら 2006. 日作紀75(別2):222-223. 新田洋司 2021. 日本作物学会第251回講演会要旨集. 174-177. 玉置ら 2007. 日作紀76(別2):140-141.



第1図 会津地域および中通り地域2021年産「コシヒカリ」の炊飯米における走査電子顕微鏡写真。

左列：会津地域・会津坂下町産米（Fセンター水田）、右列：中通り地域・大玉村産米（T氏水田）

1段目：全体、2段目：表面の明部、3段目：表層、4段目：中間部、5段目：中心部。

スケールは1段目：500μm、2～5段目：50μm。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計10件（うち招待講演 2件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 新田洋司・渡邊芳倫・石井秀樹
2. 発表標題 福島県浜通り地域産米の炊飯米の微細構造的特徴
3. 学会等名 日本水稲品質・食味研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 新田洋司・渡邊芳倫・二瓶直登・石井秀樹
2. 発表標題 福島県浜通り地域産米の微細構造的特徴
3. 学会等名 日本作物学会東北支部会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 新田洋司・渡邊芳倫・石井秀樹
2. 発表標題 福島県地域産米の微細構造的特徴
3. 学会等名 日本作物学会第250回講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 新田洋司・渡邊芳倫・石井秀樹
2. 発表標題 福島県産水稲品種「天のつづ」炊飯米の「つづ感」をもたらす微細構造的特徴
3. 学会等名 日本作物学会第251回講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 新田洋司
2. 発表標題 水稻における根の形成と貯蔵物質動態に関する形態機能学的研究
3. 学会等名 日本作物学会第251回講演会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 新田洋司・渡邊芳倫・石井秀樹
2. 発表標題 福島県浜通り地域産米の品質・食味の特徴
3. 学会等名 日本作物学会第248回講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 新田洋司・渡邊芳倫・石井秀樹
2. 発表標題 福島県浜通り地域産米の炊飯米の微細構造的特徴
3. 学会等名 日本水稲品質・食味研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 新田洋司・渡邊芳倫・石井秀樹
2. 発表標題 福島県地域産米の品質・食味の特徴
3. 学会等名 日本作物学会第249回講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 新田洋司・渡邊芳倫・石井秀樹・木村喜明
2. 発表標題 高品質・良食味米系統“福島40号”の炊飯米における微細構造的特徴
3. 学会等名 日本作物学会東北支部講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Nitta, Youji
2. 発表標題 Recent trend of ultra-fine structure of high-quality and palatable rice in Japan.
3. 学会等名 Tianjin Xiaozhan International Symposium on Rice Development and International Symposium on Rice Quality and Palatability Improvement (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計11件

1. 著者名 新田洋司	4. 発行年 2020年
2. 出版社 農山漁村文化協会	5. 総ページ数 4
3. 書名 現代農業5月号	

1. 著者名 新田洋司	4. 発行年 2020年
2. 出版社 農山漁村文化協会	5. 総ページ数 4
3. 書名 現代農業7月号	

1. 著者名 新田洋司	4. 発行年 2020年
2. 出版社 農山漁村文化協会	5. 総ページ数 4
3. 書名 現代農業8月号	

1. 著者名 新田洋司	4. 発行年 2020年
2. 出版社 農山漁村文化協会	5. 総ページ数 2
3. 書名 現代農業9月号	

1. 著者名 新田洋司	4. 発行年 2020年
2. 出版社 農山漁村文化協会	5. 総ページ数 5
3. 書名 現代農業11月号	

1. 著者名 新田洋司	4. 発行年 2020年
2. 出版社 農山漁村文化協会	5. 総ページ数 2
3. 書名 現代農業12月号	

1. 著者名 新田洋司	4. 発行年 2020年
2. 出版社 農山漁村文化協会	5. 総ページ数 4
3. 書名 現代農業1月号	

1. 著者名 新田洋司	4. 発行年 2021年
2. 出版社 農山漁村文化協会	5. 総ページ数 2
3. 書名 現代農業3月号	

1. 著者名 新田洋司	4. 発行年 2021年
2. 出版社 農山漁村文化協会	5. 総ページ数 2
3. 書名 現代農業4月号	

1. 著者名 農山漁村文化協会編、新田洋司他著	4. 発行年 2020年
2. 出版社 農山漁村文化協会	5. 総ページ数 940
3. 書名 イネ大事典 上巻	

1. 著者名 農山漁村文化協会編、新田洋司他著	4. 発行年 2020年
2. 出版社 農山漁村文化協会	5. 総ページ数 238
3. 書名 最新農業技術 作物 vol. 12	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担者	渡邊 芳倫 (WATANABE Yoshinori) (30548855)	福島大学・食農学類・准教授 (11601)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------