



土中から発見された弥生時代の出土米の塊には完全な粳が保存されていた

公益財団法人日本植物調節剤研究会奈良試験地 主任
奈良県立橿原考古学研究所特別指導研究員

稲村 達也

II. 土中から発見された弥生時代の出土米の塊には完全な粳が保存されていた

前回でお話しした中西遺跡・秋津遺跡での弥生時代前期の小区画水田の調査を続けている時に、多数のイネの粳殻が表面に露出した赤ちんのかぶし大の塊（図-1）が、中西遺跡・秋津遺跡から東北方向約4kmに位置する奈良県葛城市の新村柳原遺跡で発見された（岡見知紀 2015）。この遺跡でも弥生時代前期の小区画水田が見つかっている。この塊が著者らの一連の研究の出発点となるのである。

遺跡から出てくるイネの遺物は、住居や倉そして土器や土中に貯蔵されていたか、もしくは廃棄・焼却された粳、玄米、穂および稲わらなどが何らかの理由で土中に埋没したと考えられている。なお、弥生時代は穂刈りが行われていたので、束ねた稲穂が塊として出土することがある。この様な遺物は、これらの形態やDNAを調べることで当時のイネの形態的特性や起源などに関する情報を得ることができる。

イネ遺物の発見の古い事例として、延喜6年（906）にできた陸奥国安達郡の役所が置かれたところの土中から発見された焼米に関する記述が、「成形図説」（1801～1815）に

みられる（佐藤 1971）。この焼米が発見された安達郡の役所が置かれていたとされるところ（推定陸奥国安達郡家跡）が、郡山台遺跡（福島県二本松市郡山台・長者宮）である（二本松市 1981, 田中 1992）。

佐藤（1971）は、日本各地 86 ケ所の遺跡から検出された米の長さ、幅、厚みを実測し、日本古代米計測表を提示している。寺沢・寺沢（1981）は、224 の遺跡のうち 123 の遺跡から、「炭化米」や「炭化粳」が出土しているとしている。そして、田中ら（2015）は、佐藤（1971）が収集したコレクションの形状分析と DNA 分析を実施している。さらに、和佐野（1995）は、北部九州 14 ケ所の遺跡などから検出された粳および玄米の形態を接写写真撮影により調査している。この様に、これまでの研究の多くでは、何らかの原因で穂から分離された個々の粳および玄米などを対象として成果を積み上げてきた。

しかし、穂から分離されたものは、分離されたときに破損・欠損が起り、穂に着生していたときの微細な構造などを解析できない場合がある。そして、粳とそれが着生していた穂とのいろいろな関係の解析へと発展できない。そこで、著者らは、新村柳原遺跡で発見された塊などを対象とすることで、完全な粳の形態的特性や粳と穂との関係を解析しようとしている。

従来、この様なイネの遺物は何らかの事情で火にあって炭化した炭化米と考えられていた。著者らが解析に用いた出土米の塊は、後述するように炭化していないものを含んでいるので、炭化米ではなく「出土米ブロック」と呼ぶことにした。

1. Spring-8 での X 線 CT 計測

遺跡から出てくる出土米ブロックは文化財であるため、資料を破壊せずに内部の構造を解析しなければならない。そのため、非破壊の解析には、「X 線 CT 計測」が有効と考えられる（CT とは Computed Tomography の略）。医療現場では体内の臓器を撮影するために用いられている。

その解析事例として、出土米の外部形態解析に CT スキャンが用いられ（田淵ら 2013）、出土米ブロックに含まれる

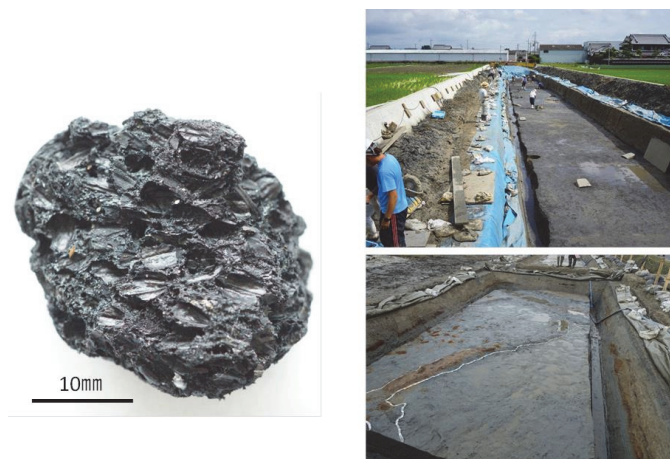


図-1 研究の出発点となった出土米ブロックと新村柳原遺跡出土米ブロックと小区画水田が発見された新村柳原遺跡（右図上）、発見された弥生時代前期の出土米ブロック（左図）と弥生時代前期の小区画水田（右図下、白線が畦畔）。

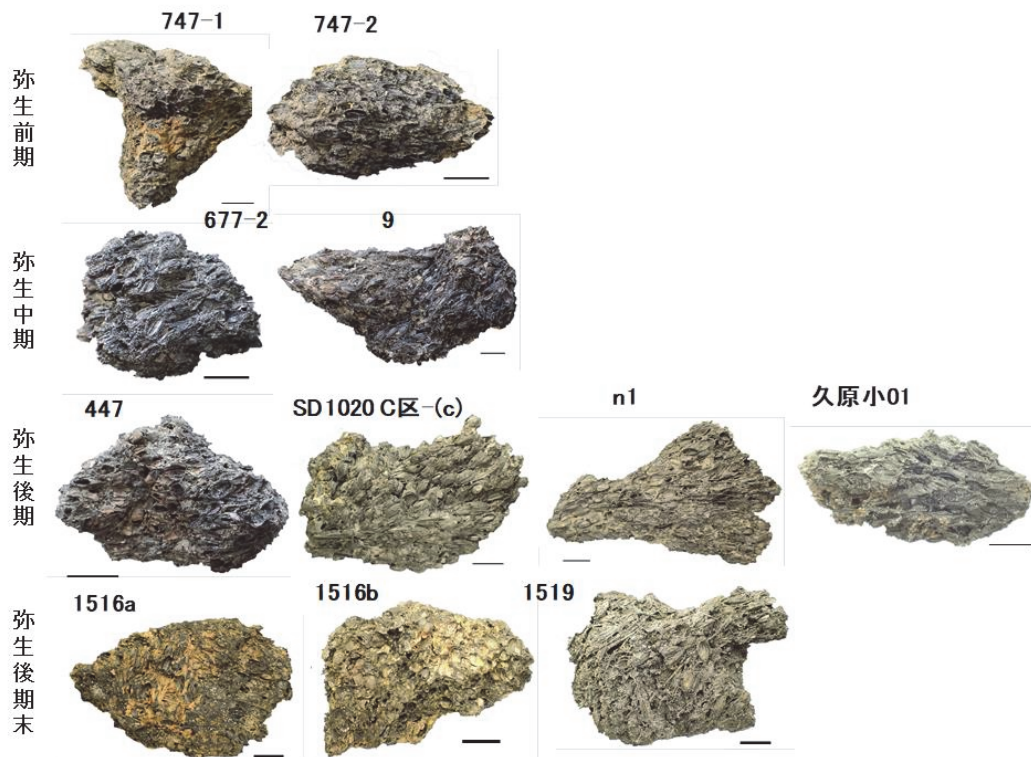


図-2 SPring-8 で計測した 238 点の試料の一部
ブロック表面色は、黒色のみではなく褐色から灰色と多様である。表面には粃が一定方向に流れるように配置され、ブロック内に穂が含まれていることを想像させる。各図のスケールバーは 10mm。

粃や穂の X 線 CT 解析 (京都大学 2010) があるが、これまで出土米ブロックの X 線での解析があまり行われていなかった。その理由として、通常の X 線 CT 計測では塊状の微細な内部構造を精度よく解析できなかったことが挙げられる。出土米ブロック内の粃などの微細構造を分析するためには、SPring-8 (理化学研究所, 兵庫県佐用郡佐用町) の放射光*が必要だった。

その理由を高輝度光科学研究センター (JASRI/SPring-8) の星野博士は、「放射光のメリットとしては、エネルギーチューニングが可能で、平行光 (実際は準平行光) が利用できるという点が挙げられる。X 線エネルギーを調整することにより、大きな出土米ブロックでも測定できる。これに放射光特有の平行光という性質を加えると、大きな出土米ブロックでも高い空間分解能で測定できるようになる。また、平行光の場合、試料と検出器の距離を離すだけで、屈折コントラストを伴ったイメージングが可能になる。屈折コントラストは、簡単に言うと、試料と空気の境界部分を強調できる方法で、大きな出土米ブロックの中の穂や粃の形態を比較的高いコントラストで測定することができるのである。」と説明している。

著者らは、2014 年 11 月に SPring-8 での予備的実験を実

施し、試料と検出器との距離とエネルギーに関する検討を行った。それに引き続き、まず小さいブロック (新村柳原遺跡の出土米ブロック) に挑戦し徐々に大きなものを対象に、2021 年 2 月までの 8 回の測定で 238 点の試料を SPring-8 で計測した。その出土米ブロックの代表的な外観を図-2 に示した。その表面の色は、従来の呼び名である「炭化米」で想像される黒色のみではなく褐色から灰色と多様である。そして、出土米ブロックの表面には粃が一定方向に流れるように配置されており、ブロック内には穂が含まれていることを想像させるのである。

2. 出土米ブロックには完全な粃が残っていた

最初の X 線 CT 計測に使用した出土米ブロックは、前述した 2013 年度発掘調査において新村柳原遺跡 (奈良県葛城市新村) の弥生時代前期の包含層 (BC480±30 年) から出土したものである (図-1)。X 線 CT 計測は、SPring-8 において投影型マイクロ CT 装置 (ビームライン BL20B2) を用い 2014 年に実施した (図-3)。計測条件は、視野 33mm, 画素サイズ 25.4μm, X 線エネルギー 18keV である。2 次元画像の解析ソフトとして、Image J (U. S. National

注) * 放射光とは、相対論的な荷電粒子 (電子や陽電子) が磁場で曲げられるとき、その進行方向に放射される電磁波である。放射光は明るく、指向性が高く、また光の偏光特性を自由に変えられるなどの優れた特徴を持っている。(SPring-8 の HP より)



図-3 SPring-8 でのX線 CT 計測
全景（上段左図）、リング内に配置された測定室（上段右図、著者が2014年に撮影）、測定室（下段左図）、測定試料の設置（下段中央）と測定の制御（下段右図）。

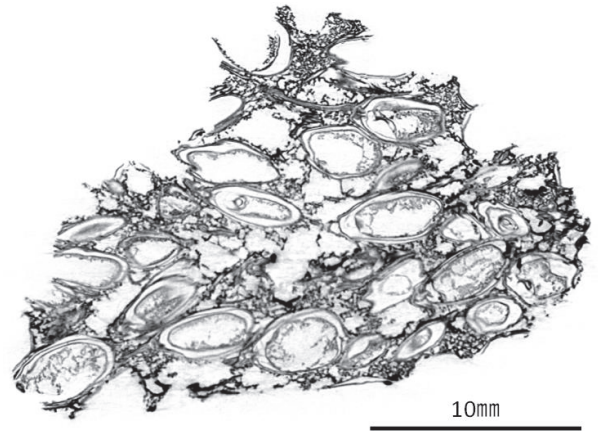


図-4 新村柳原遺跡の出土米ブロックには完全な形の籾が保存されていた

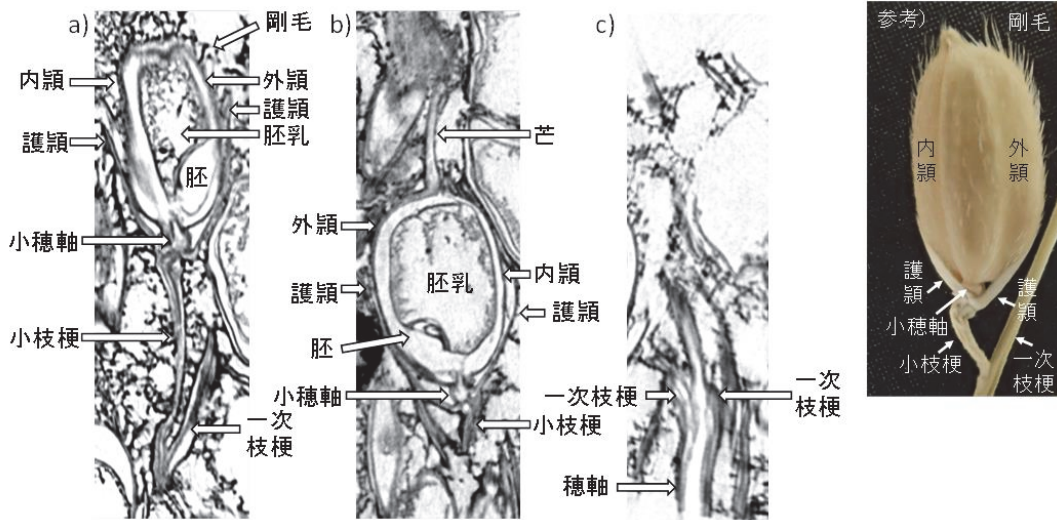


図-5 新村柳原遺跡の出土米ブロックに保存されていた籾と穂軸
a) 一次枝梗に着生した完全な籾, b) 長い芒を有する籾,
c) 二本の一次枝梗を持つ穂軸, 参考) 一次枝梗に着生する現在品種の籾。

Institutes of Health, Bethesda, Maryland, USA)を用いた。

出土米ブロックには完全な形の籾が保存されていた（図-4）。現在品種の一次枝梗に着生する籾の外観を参考に、ブロック内の籾の形状を検証すると、胚乳と胚が残存している玄米を包む内穎と外穎が確認され（図-5 a, b）、現代の栽培品種では芒が退化しているものが多いが、外穎の先端に長い芒がある（図-5 b）。そして、籾の先端部分に剛毛が確認できる（図-5 a）。外穎と内穎が着生している短い小穗軸と、小穗軸の下に一对の護穎が確認できる（図-5 a, b）。そして、護穎の基部の小枝梗（図-5 a, b）と小枝梗が分枝する一次枝梗（図-5 a）が確認できる。ここで、護穎の長さが籾長の半分にも及ぶ護穎の長い籾であることから、このイネは長護穎稲の可能性もある（図-5 a, b）。

ブロック内における籾の配列を籾頂部の向く方向から判断すると、ブロックの底部を左からやや右上方向に向かう流れと、ブロックの上部において左から平行に右中央方向に向かう流れが確認される（図-4）。この2方向の籾の配列に沿って穂軸が確認でき、この穂軸の中には2本の一次枝梗が分枝する穂軸があった（図-5 c）。このことから、この出土米ブロックは複数の穂から構成されていると推察される。

従来、出土米ブロックは穂や籾や玄米が何らかの事情で火にあって炭化の状態に変化した炭化米（斎藤 2003）の塊と考えられていた。火によって炭化した事例として、奈良県五條市にある釜窪遺跡の室町時代の火葬遺構とみられるところから検出された出土米ブロック（奈良県立橿原考古学研究所 2004）を図-6に示した。炭化の程度に差が認められるが火

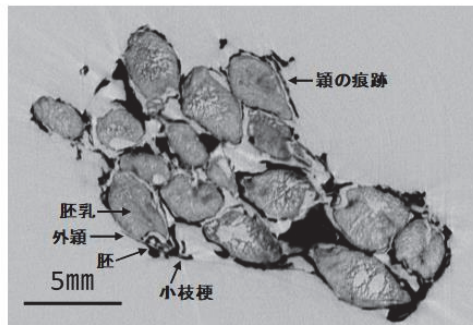
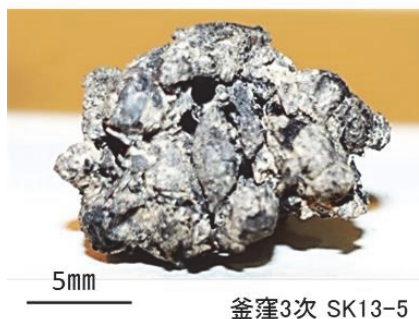
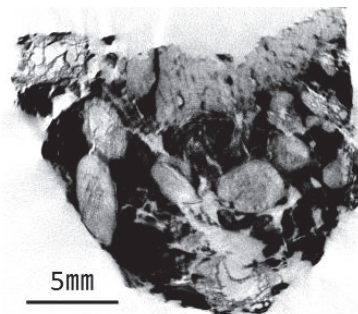


図-6 火によって炭化した出土米ブロック（釜窪遺跡）
外観（左図）とX線CT画像（右図）。上段は強い火で炭化したと思われ、下段は炭化が進んでいないので火が弱かったと思われる。

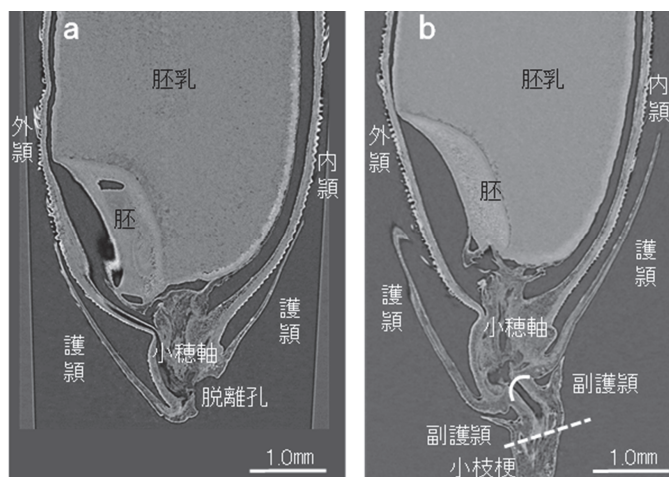


図-7 品種「戦捷」の脱粒籾(a)と非脱粒籾(b)のX線CT画像
非脱粒籾(b)の白曲線は離層、白破線は小枝梗湾曲部を示す。

によって胚乳が炭化しており、内外穎は痕跡をとどめるのみである。そして、穎の一部や小枝梗の残存が認められる事は非常にまれである。

しかし、本研究で供試した出土米ブロックの多くは、釜窪の事例とは異なり、芒や籾表面の剛毛および籾基部の微細構造が残っており、胚乳が炭化していないことなどから（図-4,5）、火によって炭化しておらず、土中に埋没していた非常に長い期間に渡って何らかの作用を受けて緩やかに変成し、今の姿になったと推察される。この様に、弥生時代から非常に長い年月を経ても、出土米ブロックに含まれる籾はその形態を良好に保持し続けてきたのである。

3. 出土米ブロック内の籾の脱粒を評価する

人々は、より多くのコメを得るために、野生イネに特有な脱粒性を無くし、種子の数・サイズを大きくするなどのイネの栽培化を図りながら、その生育する場所と栽培管理の改良を続けてきたと考えられている。脱粒性抑制遺伝子の解析から、中国において非脱粒性を獲得したジャポニカ型イネ系統が選抜され、それが日本へ伝来したとされている（Konishi et al. 2006）。しかし、日本に水田稲作が導入された当時とその後におけるイネの脱粒性の実態は明らかにされていない。

現在品種の脱粒・非脱粒籾のX線CT画像を図-7に示した。籾が脱粒する主要な部位（脱離痕跡）は、小穂軸と小枝梗との接点に形成される離層（図-7 bの白曲線）および小枝梗湾曲部（図-7bの白破線）のような籾基部である。離層で脱粒した籾には脱離孔が形成される（図-7a）。そのため基部が付着した状態で遺構から出土した籾が脱粒・非脱粒を評価する研究の対象となるのである（稲村ら 2016）。

そこで、前出の新村柳原遺跡の出土米ブロック内の籾を対象に、籾基部の脱離痕跡、すなわち小枝梗と副護穎の有無および脱離孔の深さの程度を3方向（X, Y, Z）の2次元連続画像上で評価し、出土米ブロック内の各籾について脱粒と非脱粒の判別を行った（図-8）。出土米ブロックには144粒の籾が含まれていたが、判別可能な籾基部が残存していたのは87粒であった。その内、脱粒籾は11粒、非脱粒籾は76粒であった。判別された籾数に対する脱粒籾の割合は12.6%であった。そして、脱粒部位別では小穂軸基部の離

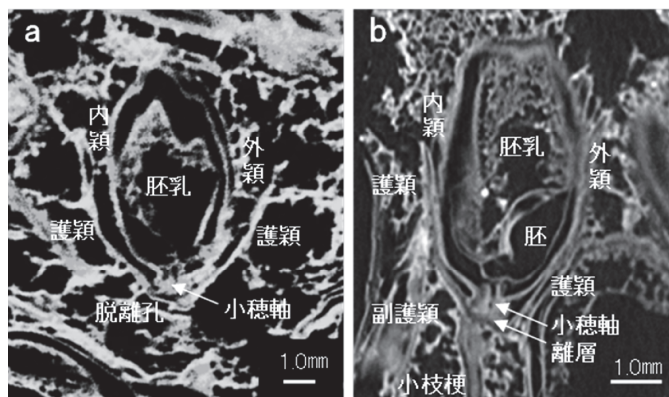


図-8 新村柳原遺跡の出土米ブロック内の脱粒籾 (a) と非脱粒籾 (b) のX線 CT 画像

脱粒籾 (a) の基部に脱離孔があり、非脱粒籾 (b) には離層が形成されている。非脱粒籾 (b) は、図-5の a) である。

層部が10粒、小枝梗湾曲部が1粒であった。なお、離層を形成しているが脱粒していない籾が確認されている。

極めて脱粒しやすい現在品種の脱粒部位は小枝梗でなく離層とされている (江幡・田代 1990)。本研究では、ほぼすべての脱粒籾の脱粒部位が小穂軸基部の離層であったことから、供試した出土米ブロックに含まれる脱粒した籾は脱粒しやすい品種に相当する可能性があると考えられる。

以上のことから、画素サイズ 25.4 μ m の計測条件で得られた籾基部の微細構造の明瞭な画像の解析から、本研究で供試した、いわゆる炭化米とは異なる出土米ブロックに含まれる籾について脱粒・非脱粒を判別でき、その脱粒部位から当時に使用されていたイネの脱粒性の程度を推定できることを明らかにしたのである。

4. あとがき

今まで述べてきたように、出土米ブロックの解析結果から、当時の稲の形態学的特性の一部を明らかにすることができた。この解析を進展させることで当時のイネ収量に関する情報を得ることができる。このことは次回以降でお話したい。

一方、出土米ブロックに含まれる籾の形態学的特性は、農学とは異なる視点から考古学でどのように評価されるのだろうか。著者らは、群馬県高崎市にある多胡郡正倉跡から検出された古代の出土米ブロックに含まれていた複数の籾の内、一粒の非脱粒籾に小枝梗が残存していたことから、この籾は脱穀されていないと判断した (図-9)。そして、この小枝梗が付着した籾は、穂状の状態で残存していた籾を含む出土米ブロックの一部であった可能性があると推察した (稲村ら 2019)。この結果を受けて、報告書の総括の「正倉収納物

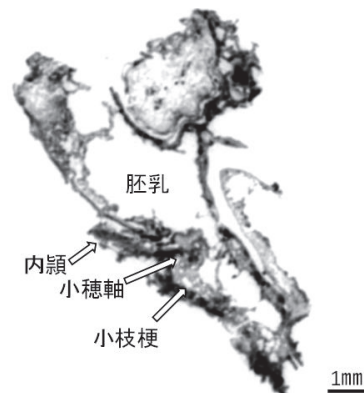


図-9 小枝梗が残存している非脱粒籾 (多胡郡正倉跡)

の検討」(高崎市教育委員会 2019)において、「脱穀されず穂状の状態であったものが含まれており、^{えいとう}穎稻**の存在も明らかとなった。この穎稻と共伴して^{とうこく}稲穀も出土していることから、両者は近接した場所に保管されていた可能性が高い。正倉のうち不動倉には、貯積した稲穀の腐植を防ぐため、倉の床面に穎稻を敷いていたことが知られる。穎稻が稲穀と共伴していることから、穎倉に納められた穎稻というより、不動倉の底敷穎稻にあたる可能性が高く、近くに不動倉が存在していたことを示唆している。西側に所在する礎石建物群はその平面規模から見て穀倉の蓋然性が高く、その不動倉の候補地の一つとなる」と述べ、籾の形態学的特性と収穫された稲の貯蔵方法から貯蔵遺跡の配置の推定へと幅広く論理を展開しているのである。この様に、この研究分野においても農学と考古学の融合による学際的研究が重要と考えるのである。

謝辞

奈良県立橿原考古学研究所の岡見知紀、岡田憲一ならびに絹帛歩の各氏には出土米ブロックの借用ならびにデータ解析において多くのご助言・ご協力を頂いた。JASRI/SPring-8の星野直人博士ならびに上杉健太郎博士にはX線CT計測ならびに画像解析において多くのご助言・ご協力を頂いた。

本研究は、高輝度光科学研究センター (SPring-8) の課題番号 2014B1063, 2015B1816 および 2017A1716 によって実施され、JSPS 科研費 25580167, 15K12945 および 17K18511 の助成を受けた。

注) ** 穎稻は穂首で刈り取った稲穂。稲穀は脱穀された籾。不動倉は非常用に備蓄された稲穀を貯蔵する倉。穎倉は出挙雑用の穎稻を保管する倉。穀倉は田租の稲穀を貯蔵する倉。

引用・参考文献

- 江幡守衛・田代亨 1990. イネの脱粒性に関する研究. 日作紀 59, 63-71.
- 稲村達也・墨川明德・岡田憲一・岡見知紀・絹島歩・菅谷文則 2016. X線CT計測による弥生時代前期出土米の脱粒性の評価. 作物研究 61, 27-31.
- 稲村達也・絹島歩・岡田憲一 2019. X線CT計測による多胡郡正倉跡からの出土米ブロックに含まれるイネ粃の評価. 高崎市文化財調査報告書第426集 多胡郡正倉跡 高崎市教育委員会 241-243.
- 京都大学 2010. X線CTが明らかにした弥生時代のお米の謎!. http://www.kyoto-u.ac.jp/static/ja/news_data/h/h1/news7/2010/100706_1.htm.(2010年7月6日)
- Konishi, S., T. Izawa, S. Y. Lin, K. Ebana, Y. Fukuta, T. Sasaki and M. Yano 2006. An SNP caused loss of seed shattering during rice domestication. Science 312, 1392-1396.
- 二本松市 1981. 郡山台遺跡. 二本松市史 第3巻 原始・古代・中世資料編1 二本松市 477.
- 奈良県立橿原考古学研究所 2004. 釜蓋遺跡 2003年. 奈良県遺跡調査概報 2003年(第二分冊) 奈良県立橿原考古学研究所 176-184.
- 岡見知紀 2015. 新村遺物散布地. 奈良県遺跡調査概報 2013年度(第2分冊) 奈良県立橿原考古学研究所 303-308.
- 斎藤 忠 2003. 炭化米. 日本考古学用語小辞典 学生社 東京 192.
- 佐藤敏也 1971. 日本の古代米. 雄山閣 東京 1-346.
- 田淵宏明・田中克典・佐藤洋一郎・矢頭治 2013. 第2節 釜蓋遺跡出土米の形態・CTスキャン分析解析. 史跡甲斐遺跡群釜蓋遺跡確認調査概要報告書1 上越市教育委員会 47-48.
- 高崎市教育委員会 2019. 正倉収納物の検討. 高崎市文化財調査報告書第426集 多胡郡正倉跡 高崎市教育委員会 280.
- 田中広明 1992. 郡家造営事始め. 研究紀要 第9号(財) 埼玉県埋蔵文化財調査事業団 141-165.
- 田中克典・佐藤洋一郎・上條信彦 2015. 日本の出土米2 佐藤敏也コレクションの研究. 六一書房 東京 1-247.
- 寺沢 薫・寺沢知子 1981. 弥生時代植物質食料の基礎的研究. 考古学論攷 第5冊 奈良県立橿原考古学研究所 1-129.
- 和佐野喜久生 1995. 東アジアの古代稲と稲作起源. 和佐野喜久生編集, 東アジアの稲作起源と古代稲作文化. 文部省科学研究費による国際学術研究報告・論文集 3-52.