

# SPring-8 NEWS

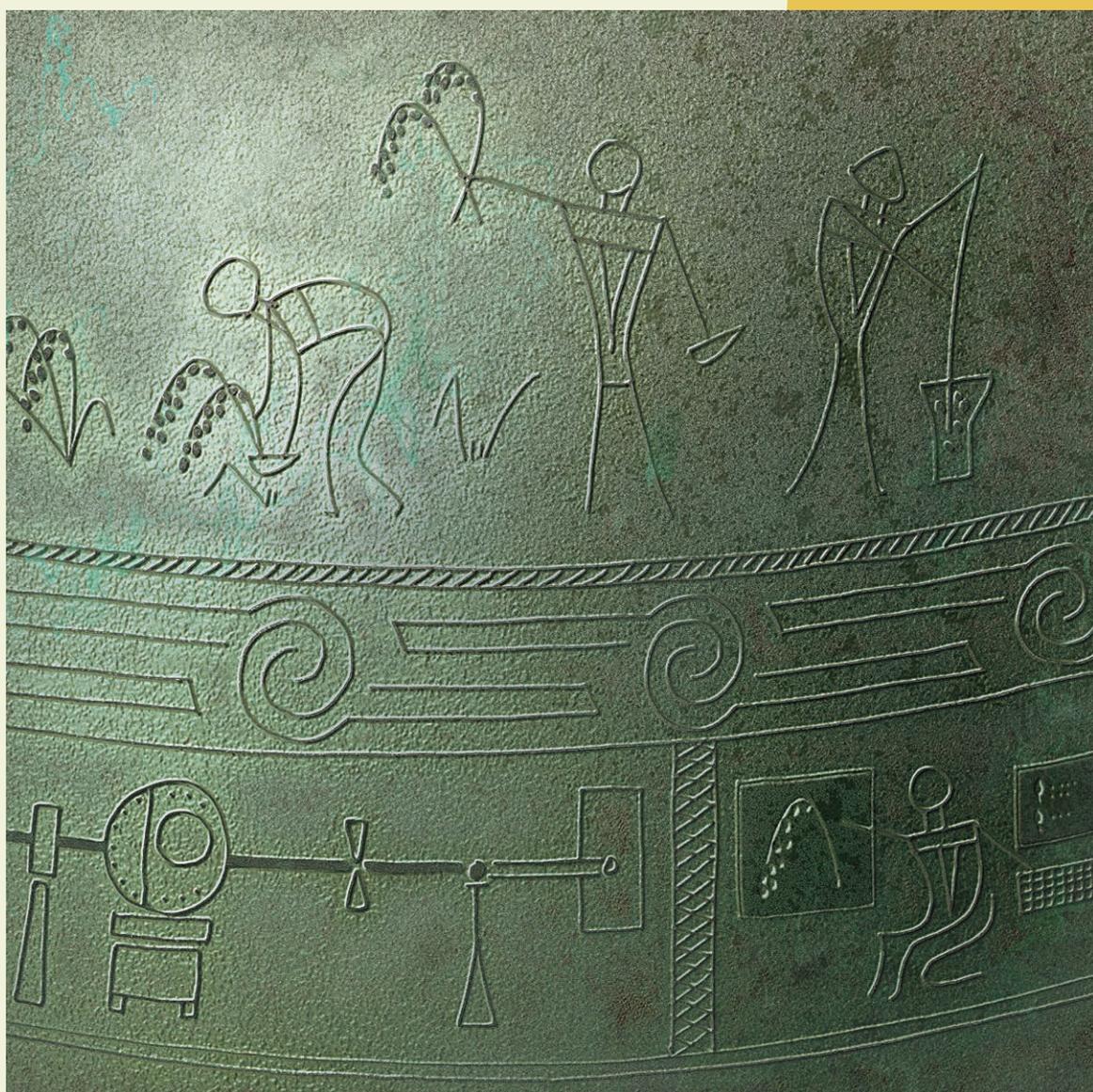
# 98

2019.7

研究成果トピックス

## 古代米の塊に刻まれた弥生時代の人々の暮らし

SPring-8で日本の農業の始まりを知る



SPring-8 NEWS アドレス

<http://www.spring8.or.jp/ja/sp8news>

登録施設利用促進機関

公益財団法人 高輝度光科学研究センター (JASRI)

理化学研究所 (RIKEN)

SPring-8  


## 古代米の塊に刻まれた弥生時代の人々の暮らし SPring-8で日本の農業の始まりを知る

日本で稲作が始まったのは、今から2400年以上前だと考えられています。その頃の人々は何を考へ、どのような暮らしを営んでいたのでしょうか。

当時の人々が書き残した記録があれば、生活様式や文化の一端を知ることができますが、弥生時代と呼ばれるこの時期には、まだ文字がありません。日本の各地から発掘される遺跡が、当時の暮らしを知る有力な手掛かりになります。

奈良県立橿原考古学研究所特別指導研究員の稲村達也さん（京都大学名誉教授）は、SPring-8の放射光を使って、遺跡から見つかった籾（もみ）や穂の塊である「出土米ブロック」を測定し、弥生時代の農業の姿に迫ろうとしています。

### SPring-8で見えてきた 弥生前期の農業スタイル



図1 秋津遺跡・中西遺跡の現地説明会

2012年11月、奈良県御所市の秋津遺跡・中西遺跡で、弥生時代前期としては全国最大級となる水田跡が発見されました（図1）。水田の形を見れば当時の水の管理方法が分かるかもしれないと考えた稲村さん。遺跡の調査が進む中で、籾や穂がひと固まりになって塊状になった資料が、近くの葛城市新村柳原遺跡で発見されました。

遺跡から出てきた米は「出土米」と呼ばれ、その形態やDNAを調べることで当時の米の特徴やルーツの情報を得ることができます。しかし、これまで調査対象となっていた出土米は、穂から落ちてばらばらになった籾や玄米が中心で、塊状の出土米を解析した人はほとんどいませんでした。

稲村さんはこの塊を「出土米ブロック」（図2）と名付け、何とかして解析したいと考えました。稲村さんが出土米ブロックに興味をもった理由は大きくわけて2つありました。

1つ目の理由は、出土米ブロックの中に「直接、火を受けていない」資料が多く含まれていたことです。出土米ブロックは長い時間をかけてゆっくりと変性してできあがったと考えられています。火を受けていない出土米ブロックなら、籾の表面の微細な毛と共に籾や穂の詳細な構造も残っているかもしれません。解析すればより多くのことがわかると稲村さんは考えました。

2つ目の理由は、塊になっている資料がもつ情報量の多さです。穂から落ちた米を単独で調べても、どのような集団に属していたのかを知ることはできません。しかし、出土米ブロックは同時に刈り取られた稲の集団かもしれません。また、出土米ブロック内の穂に着生している籾は、ばらばらの粒より多くの情報を含んでいることが予想されます。



図2 新村柳原遺跡の出土米ブロック  
出典：作物研究 61:27-31 (2016)

発掘された資料の解析には、しばしば「X線CT計測」が用いられます（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ますが、同様に考古学分野では、資料を破壊せずに内部の構造を分析するために用いられます。

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理由として、通常のX線CT計測では塊状の資料を精度よく解析できなかったことが挙げられます。しかし、強度が強くエネルギー分解能が高い放射光なら可能ではないかと考えた稲村さんは、SPring-8によるX線CT計測を試みました。

「用いたのはビームラインBL20B2です。高い分解能を得るため、サンプルが動かないように固定しました。境界がはっきりと写るように調整するのがなかなか大変で、セッティングには半日以上かかることもありました。最初は籾1粒から始めて小さいブロックに挑戦し、徐々に大きなものを計測していきました」と、稲村さん。

測定の結果、維管束などの微細な構造までわかる鮮明なCT画像を得ることができました。

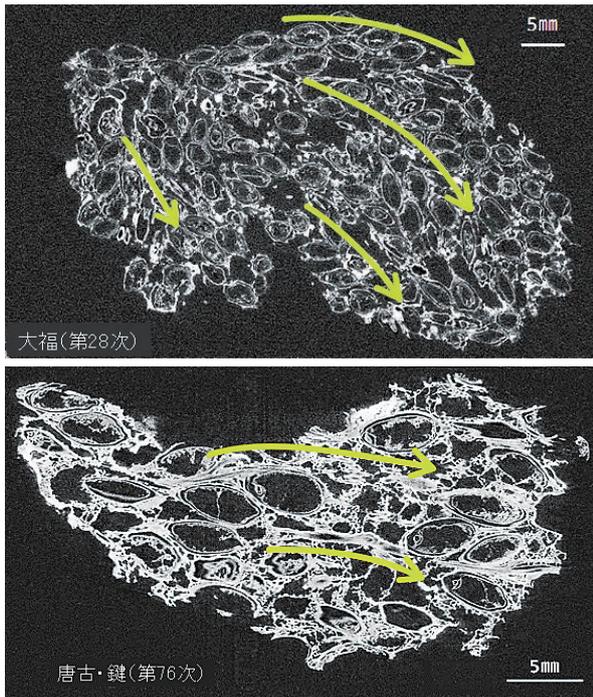


図3  
(左) 出土米ブロックのX線CT画像 (大福遺跡、唐古・鍵遺跡)。  
出典：作物研究64:35-40 (2019)  
(右) 実際の稲穂の写真。矢印の方向にモミが並んでいる。

「SPring-8を用いることで、籾や穂の詳細な外部形態と内部構造、穂の並べられた方向まではっきりと写すことができました。図3をよく見ると籾がひとつの流れに沿っていることもわかります。おそらく刈り取られた穂を手で握って、それが置かれたときの形のまま固まったのでしょう。この出土米ブロックに含まれている籾は、その形態の同質性からひとつの同じ母集団に属していると考えられます」

出土米ブロックを解析した結果を稲村さんが持ちかけると、「うちにあるから解析しませんか」という声がかかるようになりました。出土米ブロックは、さまざまな遺跡の住居の跡や壺の中、河川のごみ溜めなどから出土して、日本中で大切に保管されていたのです。これまであまり存在が知られていなかったのは明確な解析手段がなかったせいでした。

稲村さんが解析した出土米ブロックの数は着々と増え続け、現在は159個になったそうです。

## SPring-8で見えてきた 弥生時代の農業スタイル

稲村さんが特に注目しているのは、当時の米の「脱粒性」です。米はイネの種子です。野生イネの種子は自然状態で放置しているといずれ地面に落ちて発芽します。このように種子が自然に落ちることを「脱粒」といい、この性質を「脱粒性」といいます。

地面に落とさないで次の子孫を残せませんから、野生のイネは高い脱粒性をもっています。一方、米を食糧として栽培している人間としては、収穫前にぼろぼろ落ちてしまっは困ります。栽培されているイネの

脱粒性は野生のものよりずっと低くなっています。人間は野生のイネの中から脱粒しにくい個体を選んで栽培してきました。日本に稲作が渡ってきたときにはすでに野生のイネとはずいぶん違うものになっていたことがわかっています。

SPring-8によって籾の基部の構造や玄米の成熟度が詳細に見えると、そこから脱粒しやすさも測定できます。図4は出土米ブロックの中の籾のX線CT画像です。籾の下部に残されている構造(脱離孔)の有無によって、脱粒した籾と脱粒していない籾を区別することができます。ブロックの中の両者の数をそれぞれ数えることで、脱粒しやすさを評価できます。

稲村さんが脱粒性に注目しているのは、これが当時の米の収量を予想する有力な手がかりになるからです。また、脱粒性は収穫方法と深く関係しています。脱粒性が高い場合は、成熟して脱粒する前に収穫すること

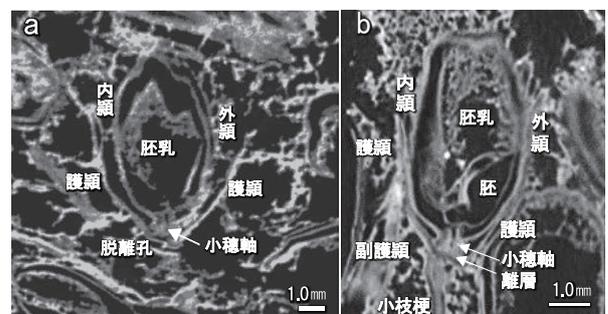


図4 出土米ブロック内の脱粒したモミ(左)と脱粒していないモミ(右)のX線CT画像。  
出典：作物研究 61:27-31 (2016)

が現在でもあることから、当時から早刈りをしていたことも予想できます。玄米の成熟度もSPring-8の画像から知ることができ、これらを合わせて考えていくと、当時の農業スタイルが見えてくると稲村さんは語ります。

さらに、発見された場所も重要だと稲村さんは説明します。同じ奈良県の唐古・鍵遺跡の中で違う場所から出てきた出土米ブロックに含まれる籾のサイズはそれぞれ微妙に異なっていました。出土した場所や時代が大きく違うのにもかかわらず、ブロック同士の性質は非常に似ていました。これは、この時代からそれぞれの場所で特定の種類のイネを選別して栽培していた可能性を示しています。

このように、SPring-8の解析結果とほかの情報とを組み合わせることで、当時の農業の全体像が見えてくるようになったのです。

## 政治、経済、文化も含めた大きなシステムとして農業を考える

稲村さんの一番の関心は弥生時代初期のイネの収量です。そのために、出土米ブロックの解析だけでなく、水田跡の構造の解析や植物に含まれるカドミウム (Cd) とヒ素 (As) の放射化分析なども行っています。なぜ、イネの収量を知ることが大切なのでしょう。

「イネの収量がわかれば単位面積あたりでどれだけの人数を養っていたかを計算できます。それによって、その時代のその土地の農業のスタイルが見えてきます。化学肥料も化石燃料もなかった昔からアジアでは小さな面積で手をかけてこまめに管理して収量を増やす小規模の自給的農業が発展し今に至っています。

当時のヨーロッパはその逆です。作物の生育がそれほどよくないので耕地面積を広げ、蓄力を利用して機械で雑草を取り除くような大規模経営が主体でした。このような方法論の違いは、農業だけでなく人々の暮らしや文化や考え方にも影響していくと私は考えています」

稲村さんは弥生時代の米の解析から、当時の社会の様子や人々の考え方を知ろうとしているのです。さらに、それだけではなく日本における栽培システムの始まりを知りたいと稲村さんは語ります。

「私の専門は『栽培システム学』です。農学というのは本来、地域による違いや、政治、経済、文化などが複雑に入り組んだ分野です。ですから、学問分野として細かく細分化されてしまった農学をもう一度システムとしてとらえ直す必要があると考えています」

栽培システム学では、植物だけでなく、人間の営みも一緒に考えていく必要があります。そうすると、文字のない時代は記録が残っていないため、研究対象にするのは困難でした。ところが、出土米ブロックを解析できたことで、人々の営みについて新たな手掛かりを得られるようになりました。文字の代わりに土と植物が記録を残してくれていたのです。

「土と植物に残された記録を読み取っていけば、古代の栽培システムが明らかになるでしょう。土地の管理方法などもわかってきたら面白いでしょうね」

現在私たちが理解している以上に、当時の農業システムは進んでいたのではないかと稲村さんは遠い祖先に想いを馳せます。

日本の農業の始まりが明らかになれば、今の私たちの考え方や生き方にも大きく影響が及ぶかもしれません。稲村さんの今後の研究成果が楽しみです。

## Column コラム

### 吉野川の源流で釣り三昧の少年時代

稲村さんの趣味は釣りです。夏はアユ釣り、冬は磯でグレ釣り。春は溪流でアメゴ釣りをします。針に毛を付けて虫などの餌にみせかけた「毛鉤」や仕掛けを自作したり、釣り糸を自分で縫ったりもしているそうです。

「ここ2年ほどは忙しくてあまり行けていませんが、時間がとれるときは毎週土曜日に釣りに行っていましたね。アユの友釣りは小学校に上がる前からしていました。私の生まれたところは東吉野という奈良県の山奥です。最後のニホンオオカミが捕獲された場所からさらに奥に入ったところ、四郷川という吉野川の源流です。奥へ行けばイワナもいます」

魚釣りの魅力は「釣ったら食べられること」と即答する稲村さん。釣った魚は自分でさばいて料理をするそうです。高校時代から下宿先で自炊をしてきた稲村さんは、料理は得意だと胸を張ります。

「今は新しくなりましたが、昔はここに橿原考古学研究所の古い博物館がありました。高校の帰りによく寄って遊んでいましたよ。京都大学も奈良から通いました。思えば、ずっと奈良に住んでいます」

京都大学から自宅に近い橿原考古学研究所に研究の本拠地を移した稲村さん。古都奈良にしっかりと根を下ろし、古代と現代をつなぐ探究はこれからも続いていきます。



調査先の中国にて、左から2人目が稲村さん  
(京都大学大学院農学研究所 栽培システム学研究室HPより)

# 利用者のみなさまへ

## 中尺ビームライン

SPring-8にはX線CTを撮影可能なビームラインが6本以上あります。それぞれが高分解能、高エネルギー、広視野などの特徴を持っており、試料の大きさや材質、必要な空間分解能に合わせて選択する必要があります。

本トピックスの稲村先生の試料は数cmの大きさで、SPring-8としては大型試料であり、これが撮影できるビームラインは、BL20B2しかありません。BL20B2は中尺ビームラインで、この撮影が行われたのは、X線の発生する偏向電磁石から210 m離れた中尺ビームライン実験施設です。SPring-8の特長のひとつはX線ビームが小さく離れても広がらないことですが、逆に大きな試料を撮影したい時には困ります。そこで、X線の発生地点から遠くに建てられたのが中尺ビームライン実験施設です。実験ホールでは幅5 cm程度しか得られないX線ビームが、ここまで来ると30 cm近くに広がります。縦方向にも、数cmの視野を得ることができます。この大きなビームを使うと、例えばウサギのイメージングやCTなど、大きな試料の撮影が可能です。

中尺ビームライン実験施設には、BL20B2の他にアンジュレータビームラインBL20XUもあります。こちらはアンジュレータからのX線の広がり非常に小さいため、幅4 mm、縦2 mm程度のビームしか得られませんが、X線強度はBL20B2の1,000倍以上あり、小さな試料を短時間で観察することができます。

なお、これらのビームラインを中尺ビームラインと呼ぶのは、さらに長い1 kmの長尺ビームライン（理研ビームライン）もあるからです。

X線が吸収されないよう、蓄積リング棟から中尺ビームライン実験施設までX線は真空パイプの中を通っています。写真で2本あるうち、奥の大きな覆いの中がBL20B2のパイプ、手前の小さな覆いの中がBL20XUのパイプです。



## 行事 予告

夏から秋にかけて大きな行事があります



SPring-8シンポジウム2019  
2019年8月30日(金)～31日(土)



第16回SPring-8産業利用報告会  
2019年9月5日(木)～6日(金)

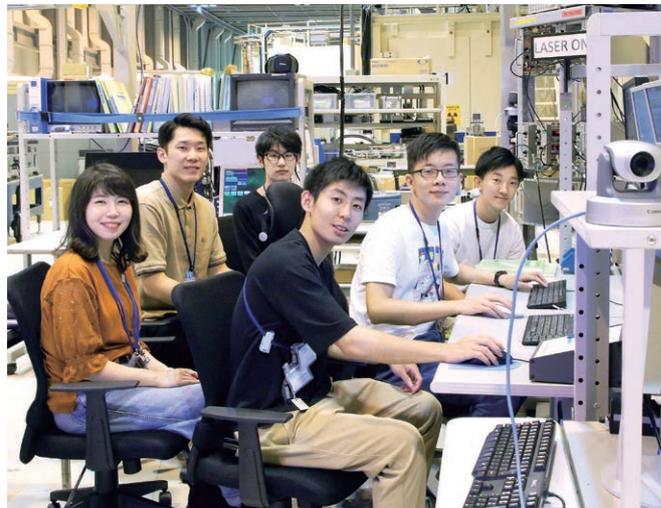


第3回SPring-8秋の学校  
2019年9月8日(日)～11日(水)

いずれもSPring-8のホームページ (<http://www.spring8.or.jp/ja/>) からご確認ください。

第13回：中華人民共和国 湖北大学 (Hubei University) 楊 創 (Yang Chuang) さん

今回は中国湖北大学 (Hubei University) 化学化工学院 修士1年生のYangさんです。Yangさんは2019年7月7日～10日まで行われた、第19回SPring-8夏の学校の参加者です。SPring-8夏の学校は、毎年修士課程を中心とした学生が4日間放射光について座学と実習で学ぶ場となっています。



夏の学校に参加するYangさん(右から2人目)。同じ実習に参加する仲間たちと。

Q. 大学での研究について教えてください。

A. 現在私は有機金属骨格ガラス (MOFガラス) の研究をしています (編集部注: 有機金属骨格 (金属-有機構造体、Metal-Organic Framework, MOF) は、金属イオンと配位子からなるスポンジ状の材料。その形状特性からガスの貯蔵などに使われている。MOFガラスはMOFとガラスのハイブリッド材料で、電気デバイスや触媒の用途が期待されている)。MOFガラスの研究には機能配位化学、結晶工学、凝縮物理など理解すべきことは多いですが、このガラスは今後様々な用途が期待されているので、楽しく研究しています。

Q. なぜ理系の道に進もうと思ったのですか？

A. 私は昔から「科学は私たちの生活を“より良くする”」と思っていました。その中で、「科学をより経済的に、便利にそして環境にやさしいもの」にしたいと思い、科学者になることを目指しています。

Q. SPring-8夏の学校に参加した動機を教えてください。

A. 私の大学の先生が、共同研究でSPring-8に実験に来た際に“SPring-8夏の学校”のポスターを見て、私が日本語を勉強していることから、「是非参加しよう」勧めていただきました。

Q. SPring-8についての印象は？

A. 来る前は“ものすごく”遠い所でしたが、同じ夏の学校の参加者とSPring-8のスタッフとふれあい、“ものすごく”近いところになりました。

Yangさんの学ぶ武漢は、中国中部長江と漢江の交わる場所で、川のほとりは市民の憩いの場になっているそうです。また武漢の名物“熱乾麵 (芝麻醤などをかけた麵)”は「中国一美味しい」とのこと。SPring-8夏の学校は短い期間ですが、放射光を学ぶことを通じて日本の同じ志を持つ学生と様々な面での交流が進むとよいですね。

SPring-8先端利用技術ワークショップ

SPring-8では様々な分野において“先端利用技術ワークショップ”を開催しています。

	テーマ	共同開催の研究会	開催日	開催地	参加者
第34回	放射光X線を利用した高圧力研究の現状と将来展望	第59回高圧討論会サテライトミーティング	2018年11月25日	岡山県岡山市	43名
第35回		第14回SPring-8金属材料評価研究会	2019年 1月21日	東京都港区	43名
第36回	強磁場中顕微赤外分光と高輝度放射光施設における赤外ビームラインの展望	—	2019年 1月12日	福岡県福岡市	38名
第37回	化学者のための放射光ことはじめ—XAFS構造解析の基礎と先端応用	第2回SPring-8先端放射光技術による化学イノベーション研究会	2019年 3月16日	兵庫県神戸市	100名
第38回	SPring-8放射光実験の生物・材料・無機化学への応用	—	2019年 2月22日	兵庫県神戸市	19名
第39回	シンクロトロン放射光X線利用実験	—	2019年 2月26日	静岡県下田市	20名
第40回	社会的関心分野とSPring-8	—	2019年 5月21日	東京都港区	27名
第41回	大型放射光施設SPring-8の利用について	—	2019年 5月28日	千葉県千葉市	33名
第42回	SPring-8における蛋白質構造生物学研究の現状と将来	大阪大学蛋白質研究所セミナー	2019年 9月 9日～10日	大阪府吹田市	
第43回	放射光計測インフォマティクス	SPring-8データ科学研究会 (第7回) 兵庫県マテリアルズ・インフォマティクス講演会 (第3回)	2019年 9月 4日	東京都港区	
第44回	シンクロトロン放射光X線は動物学にどう役立つか？	—	2019年 9月12日	大阪府大阪市	
第45回	放射光利用生物物理研究の最前線	—	2019年 9月25日	宮崎県宮崎市	

こちらの詳細についてもSPring-8 ホームページ (<http://www.spring8.or.jp/ja/>) にてご確認ください。



SPring-8 NEWS

No.98 July 2019  
SPring-8 Document D 2019-007

編集 SPring-8 NEWS 編集委員会

発行 公益財団法人 高輝度光科学研究センター

Japan Synchrotron Radiation Research Institute  
〒679-5198 兵庫県佐用郡佐用町光都1丁目1番1号  
TEL (0791)58-2785 FAX (0791)58-2786

E-mail: [jasri-event@spring8.or.jp](mailto:jasri-event@spring8.or.jp) <http://www.spring8.or.jp/>