

アブラナ科黒腐病菌とそのファージ

井上 康宏¹・畔上 耕児²

¹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

²農業・食品産業技術総合研究機構 野菜茶業研究所

1. はじめに

アブラナ科黒腐病はキャベツ、ハクサイ、カブ、ダイコン、ブロッコリー、カリフラワーなどの多くのアブラナ科野菜に感染し（図1）、世界中でみられる病害である。本病は葉縁の水孔から感染するが、昆虫による食害痕などの傷口からも感染する。始めに黄化した病斑が見られ、やがて維管束が黒変し枯死する。葉縁から発病した本病は維管束を伝わって病斑を進展させ、V字型の病斑を形成することが多い。また、ダイコンなどでは根の維管束の褐変を起し、ブロッコリーなどでは花蕾に発病して商品価値を無くすほか、種子表面に付着して伝搬することが知られている。黒腐病に対する抵抗性品種の育成は行われているが、十分な抵抗性を持つ品種は現在のところ育成されていない（塚崎，2003）。そのため、防除の中心は銅剤、抗生物質剤、抵抗性誘導剤などの予防的散布であるが、感染時期に台風の通過などの発病好適条件に遭った場合や的確な防除ができなかった場合には大発生し（図1）、深刻な経済的被害を受ける。



図1. キャベツ黒腐病（左）とブロッコリー黒腐病（右）が多発生した圃場

本病の病原は *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* である。本菌はグラム陰性で、大きさが $1.0 \sim 2.0 \times 0.5 \sim 0.7 \mu\text{m}$ の桿菌であり、単極毛で運動性を有する。キサントモナジン色素を産生するため集落は黄色を呈する。本菌はアブラナ科植物・品種への感染性の違いから複数のレースに類別されている（Fargier and Manceau, 2007; Kamoun et al., 1992; Vicente et al., 2001）。Vicenteら（2001）によると、世界的に分布しているのはレース1と4であり、他は少数である。なお、アブラナ科斑点細菌病菌 *X. c.* pv. *raphani* は、気孔から感染することやトマトに対する病原性の違いなどから、異なる病原型として区別されている。

Yasuhiro Inoue¹ and Koji Azegami² [¹NARO Agricultural Research Center, ²NARO Institute of Vegetable and Tea Science]

Xanthomonas campestris pv. *campestris*, causal agent of black rot of crucifer, and bacteriophages which lyse it.

MAFF Microorganism Genetic Resources Manual No.34 (2013)

本稿で紹介された情報には、平成18年度ジーンバンク事業外部委託課題「キャベツ黒腐病菌及びファージの探索収集」で得られた成果が含まれている。

バクテリオファージ（ファージ）は細菌に感染するウイルスの総称である。中でも2本鎖DNAを有し、頭部と尾部の構造を持つ *Myoviridae*, *Siphoviridae*, *Podoviridae* に属するファージの多くは、細菌を「溶菌」して殺すことから、人畜の感染症の治療や植物病害の防除、あるいは病原菌の検出への利用が古くから考えられてきた。また、DNAの解析が容易であり、細菌の形質導入に有用なことから、遺伝子工学のツールとして利用されている。アブラナ科黒腐病菌に感染するファージについてもいくつかの研究例があり (Sutton et al., 1958; Sutton and Quadling, 1963; Watanabe et al., 1980), *Xanthomonas* 属細菌による植物病害に対してもその防除への利用が考えられている (畔上・小原, 2002; Balogh et al., 2003, 2006; Jackson 1989; 井上ら, 2009)。

本稿では、現在ジーンバンクで公開されているアブラナ科黒腐病菌とそれに感染するファージの取り扱いについて解説する。

2. アブラナ科黒腐病菌

1) 培養法

アブラナ科黒腐病菌の生育適温は25～30℃であり、培地は脇本処方ジャガイモ半合成寒天培地〔PSA培地；ジャガイモ(200g)煎汁液1000ml, ペプトン5g, $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 0.5g, $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ 2g, 蔗糖15g, 寒天15g, pH6.8〕(Wakimoto, 1967)において良好に生育する。また、酵母エキス・ペプトン・寒天培地(YP寒天培地；酵母エキス5g, ペプトン10g, 寒天15g, 蒸留水1000ml, pH6.8)や普通寒天培地(NA培地；肉エキス3g, ペプトン5g, NaCl 5g, 寒天15g, 蒸留水1000ml, pH6.8)でも生育可能であるが、PSA培地の方が長期間(室温でも3週間程度)生存する。液体培養の場合、ジャガイモ半合成培地などの糖分を含む培地では菌体外多糖の産生が多く、遠心による集菌と洗浄やDNAの抽出などの際は扱いづらくなることから、YP液体培地や普通ブイヨン(NB培地；肉エキス3g, ペプトン5g, NaCl 5g, 蒸留水1000ml, pH6.8)の方が利用される。

2) 保存法

本菌はPSA培地上では室温でも乾燥させなければ2週間程度、4℃では2カ月程度は生存する。4℃でもPSA培地上ではゆっくり増殖するので、平板培地では蓋に菌が流れ出てしまう。そのため、冷蔵保存では斜面培地を使用する。YP寒天培地では4℃でも1カ月程度しか生存しない。長期保存の場合、スキムミルク分散媒(10%スキムミルク, 1%グルタミン酸ナトリウム)や30%グリセロール溶液に懸濁して-30℃以下で保存するか、スキムミルク分散媒に懸濁して凍結乾燥を行う。

3) 宿主植物への接種方法

本菌のアブラナ科植物に対する病原性を調査する方法として、針接種法と噴霧接種法がある。著者らは直径12.0cmのポリポットで栽培した播種後4週間程度のキャベツまたはハクサイに接種を行っている(図2)。

針接種法では、滅菌した爪楊枝や縫い針などの先端を細菌懸濁液に浸すか、平板培地上の集落に接触させることによって菌を付着させた後、葉の葉肉部にある細かい葉脈に突き刺すように接種する。接種後は25～30℃程度の温室内で管理する。湿度の管理は特に必要ない。1週間程度で接種部周辺に黄色の病斑が形成される。

噴霧接種法に用いる菌液は、PSA斜面培地で28℃2日間培養した被検菌を滅菌水に懸濁することによって作製する。菌液濃度は、接種菌の病原力や実験目的によって $10^5 \sim 10^7$ cfu/mlの間で調整する。懸濁液の菌濃度を確認する場合には希釈平板法を用いるが、滅菌蒸留水を用いると 10^3 cfu/ml以下では平板効率が著しく悪くなるため、希釈液には



図2. 播種後4週間のハクサイと接種に用いるアトマイザー

1 mM の HEPES バッファー (pH7.0) か、100 倍に希釈した YP 液体培地などを用いる。また、実験開始前に菌懸濁液の吸光度 (OD₆₀₀) と菌濃度の関係を調査しておく、後の実験の際には吸光度を測定することで菌濃度が判るので便利である。接種は夕方に実施すると良い。株あたり 10 ml の菌液をアトマイザーなどを用いてまんべんなく噴霧して接種を行う。噴霧後 2～3 時間程度は葉面が濡れている状態を保ち、その後は 25～30℃ 程度の温室内で管理する。接種後 1 週間から 10 日程度で葉縁部に病斑が観察できる。

4) 病斑からの分離方法

本菌の葉からの分離は比較的容易である。まず、病斑の黄化～枯死し始めの部分から、黒変した葉脈 (図 3) を含む小片を切り取り、スライドグラス上で 1 滴の水に浸してカバーグラスをかけ、100 倍から 200 倍の倍率で観察した時に葉脈の切断面から大量の細菌の漏出があることを確認する。次に、黒変した葉脈 2 mm 程度を含む小片を 1.5 ml マイクロチューブに入れ、300 μl 程度の滅菌蒸留水を加えてガラス棒で磨碎し、磨碎液を YP 寒天平板培地に画線する。28℃ で 2 日間培養すると黄色の細菌集落が形成される。*Xanthomonas* 属細菌を分離する際は、形態が若干異なる 2, 3 種類の集落が形成されることもあるが、その場合にはそれぞれの単集落を再度 YP 寒天培地に画線して確認する必要がある。黒腐病菌の確認は、簡易的には Park et al. (2004) の PCR 検定を用いればよい。また、細菌同定検査キット API20NE のプロファイルインデックスは、大部分が 0462141 あるいは 0462341 となる。ただし、有機酸や糖の利用性でわずかな菌株間差異がありうることに注意が必要である。



図 3. キャベツ黒腐病の病斑

黄化部分に黒変した葉脈が見える。

3. バクテリオファージ

1) 培養法

ファージの培養には宿主となる黒腐病菌 (指示菌) が必要となる。各ファージに使用可能な指示菌を別表 2 に示したので、事前にジーンバンクから入手し、ファージのアンブルを開封する前に培養を開始しておく。

ジーンバンクから配布されるファージは、指示菌と混合した状態で凍結乾燥され、アンブルに溶封されている。配布されたアンブルを開封したら、滅菌蒸留水を添加して懸濁した後、寒天濃度 1.5% の YP か PSA の平板培地に画線し、28℃ で培養する。培養 2 日程度で画線跡に溶菌斑が出現するので (図 4)、以下に示した混和法によって目的のファージを増殖する。指示菌に比べてファージの混合比が高い場合は菌が全く生育しないように見えることもあるが、その際は、画線跡にファージ溶菌斑が形成されているとみなして混和法を行えば、単溶菌斑を得ることができる。

混和法の手順を以下に示す。寒天濃度 1.0% の YP か PSA 培地 10 ml を溶解し、45℃ で保温したものと、指示菌の懸濁液 (およそ 10⁸～10⁹ cfu/ml) 1 ml とを用意しておく。目的とする溶菌斑の中心に滅菌した爪楊枝の先端を接触させ、それを 1 ml の 1 mM HEPES バッファー (pH7.0) に浸漬してファージ液を調製する。この時点では溶液中のファージ濃度が不明なため、1, 10, 100 μl の溶液を 100 μl の指示菌懸濁液と混合し、さらに保温しておいた培地に加えて 9 cm シャーレに流し込み、3 段階のファージ密度の平板を作製する。残りのファージ液は 4℃ で保存しておく。接種し

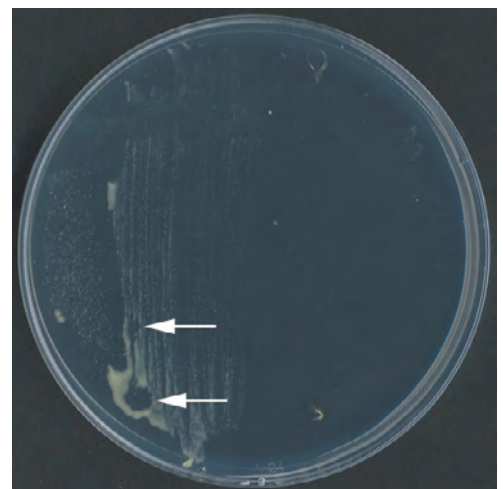


図 4. 画線跡に生じた溶菌斑

YP 培地で 24 時間復元培養した。矢印は形成された溶菌斑を示す。

た平板培地を 28℃で 24 時間程度培養すると溶菌斑が形成される。以上のようにして、10～100 個程度の溶菌斑数を持つ平板を作製する(図 5)。

溶菌斑が形成されなかった場合は、保存しておいたファージ液の全量を指示菌懸濁液と混合し、再度、混和法の操作を行って平板を作製する。逆に指示菌の生育が全く見られない場合は、ファージ液を HEPES バッファーで 100 倍に希釈し、同様の操作を行う。なお、単一のファージを用いても大きさや透明度の異なる溶菌斑が形成されることもあるので、そのような場合は再度、混和法の手順に従って適切な単溶菌斑を分離し、均一な溶菌斑(図 5)を形成させる。

図 5 のような均一な溶菌斑が形成されたら、このシャーレに 10 ml の滅菌蒸留水を流し込み、コンラージ棒で表面を軽く撫でた後に水を回収し、ポアサイズが 0.22 μm のタンパク質低吸着性滅菌済みフィルターでろ過することによって、ファージを含むろ液を回収する。ろ液中のファージ濃度は、適宜希釈した溶液を作製した上で、混和法によって測定する。

ファージの液体培養は以下のように行う。指示菌を OD₆₀₀ が 0.3～0.5 となるように 10 ml の YP 液体培地で培養する。これに上記で作製したファージ液を加えてしばらく(ファージの種類や添加したファージ量によって培養時間が異なる)培養すると培養液の吸光度が減少し、ファージの種類によっては透明になる。この培養液を遠心して指示菌を沈殿させ、上清をフィルターでろ過し、ファージを含むろ液を回収する。

2) 保存法

ファージは純水中では壊れやすいが、pH などの変動が少ない緩衝液や培養液中では比較的安定している。そのため、前述の平板からの抽出液や液体培養後の溶液の場合、4℃に置けば数年間保存できる。しかし、徐々に活性を持つファージ数が減少するため、2～3 年に 1 度程度は保存液を更新することが望ましい。長期保存するためには、指示菌と混合した状態でスキムミルク分散媒に懸濁して -30℃で凍結するか、凍結乾燥を行う。

3) ファージ感染型の調査方法

混和法と滴下法(図 6)が利用できる。混和法は 1) で記載した通り、ファージ感受性を調査したい黒腐病菌懸濁液(およそ 10⁸～10⁹ cfu/ml)とファージとを混合し、平板を作製して 28℃で 24 時間培養後に、溶菌斑の有無および大きさと透明度を観察する。

滴下法の手順は以下の通りである。寒天濃度 1.0%の YP か PSA 培地 10 ml を溶解し、45℃で保温しておく。これにファージ感受性を調査したい黒腐病菌の懸濁液(およそ 10⁸～10⁹ cfu/ml) 100 μl を混ぜて 9 cm シャーレに流し込んで平板を作製する。培地表面が乾いたところでファージ液を 1 滴添加する。ファージ液がしみ込んだ後、シャーレを反転させて 28℃で 24 時間培養し、溶菌斑の有無および大きさと透明度を観察する。本手法の利点は、1 枚のシャーレで複数のファージに対する感受性検定を行えることである(図 6)。反面、本手法では指示菌が生育遅延を受けることによって溶菌斑様の痕跡が形成される場合がある。このため、滴下法は一次検定に用い、ファージ感染性の最終的な確認には混和法を用いる。

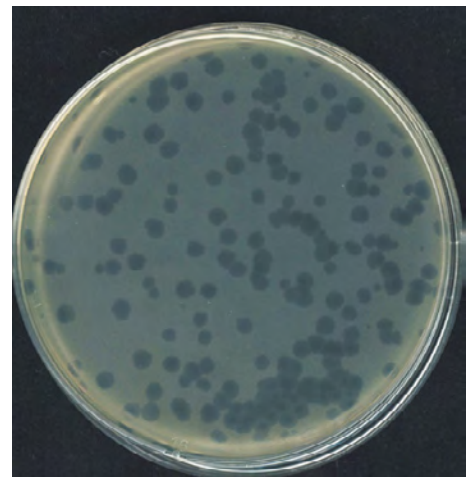


図 5. 混和法による溶菌斑



図 6. 滴下法による溶菌斑

この平板培地 1 枚で 20 株の被検ファージを調査した。

4. 謝辞

本項で紹介した情報には、農林水産省プロジェクト研究「生物機能を活用した環境負荷低減技術の開発」(2004～2008年度)で得られた成果も含まれている。また、黒腐病菌およびファージの収集には関東・東海地区都県の農業試験場の方々にご助力いただいた。厚くお礼申し上げます。

5. 引用文献

- 畔上耕児・小原達二 (2002). ファージは非病原性細菌と混合施用するとイネ白葉枯病を抑制できる. 農研機構研究成果情報 (<http://www.naro.affrc.go.jp/project/results/laboratory/narc/2002/narc02-53.html>).
- Balogh, B., Jones, J. B., Momol, M. T., Olson, S. M. and Obradovic, A. (2003). Improved efficacy of newly formulated bacteriophages for management of bacterial spot on tomato. *Plant Dis.* 87: 949 – 954.
- Balogh, B., Jones, J. B., Stall, R. E., Dilley, J. and Yonce, H. (2006). Control of Asiatic citrus canker and citrus bacterial spot with bacteriophages in Florida. *Proc. Int. Symp. Biol. Cont. Bac. Plant Dis.*, 1st, Seeheim/Darmstadt, Germany. MBBLF 408:46 – 47.
- Fargier, E. and Manceau, C. (2007). Pathogenicity assays restrict the species *Xanthomonas campestris* into three pathovars and reveal nine races within *X. campestris* pv. *campestris*. *Plant Pathol.* 56:805 – 818.
- 井上康宏・松浦貴之・畔上耕児 (2009). バクテリオファージと非病原性細菌を利用したキャベツ黒腐病の防除技術. 生物機能を活用した病害虫・雑草管理と肥料削減最新技術集 pp.125 – 128.
- Jackson, L. E. (1989). Bacteriophage prevention and control of harmful plant bacteria. US Patent No. 4,828,999.
- Kamoun, S., Kamdar, H. V., Tola, E. and Kado, C. I. (1992). Incompatible interactions between crucifers and *Xanthomonas campestris* involve a vascular hypersensitive responses: role of the *hrpX* locus. *Mol. Plant-Microbe Interact.* 5: 22 – 33.
- Park, Y. J., Lee, B. M., Ho-Hahn, J., Lee, G. B. and Park, D. S. (2004). Sensitive and specific detection of *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* by PCR using species-specific primers based on *hrpF* gene sequences. *Microbiol. Res.* 159: 419 – 423.
- Sutton, M. D., Katznelson, H. and Quadling, C. (1958). A bacteriophage that attacks numerous phytopathogenic *Xanthomonas* species. *Can. J. Microbiol.* 4:493 – 497.
- Sutton, M. D. and Quadling, C. (1963). Lysogeny in a strain of *Xanthomonas campestris*. *Can. J. Microbiol.* 9:821 – 828.
- 塚崎 光 (2003). アブラナ科黒腐病抵抗性. 植物防疫 57: 267 – 270.
- Vicente, J. G., Conway, J., Roberts, S. J. and Taylor, J. D (2001). Identification and origin of *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* race and related pathovars. *Phytopathology* 91: 492 – 499
- Watanabe, M., Naito, K., Kaneko, K., Nabasama, H. and Hosokawa, D. (1980). Some properties of *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* phage. *Ann. Phytopathol. Soc. Jpn.* 46:517 – 525.
- Wakimoto, S. (1967). Some characteristics of citrus canker bacteria, *Xanthomonas citri* (Hasse) Dowson, and the related phages isolated from Japan. *Ann. Phytopath. Soc. Jpn.* 33: 301 – 310.

別表 1. ジーンバンクが保存しているアブラナ科黒腐病菌（その1）

MAFF 番号	株名	分離源	採集地	採集年
106692	NARCB200414	キャベツ	茨城（稲敷郡河内町）	2004
106693	NARCB200415	キャベツ	茨城（稲敷郡河内町）	2004
106694	NARCB200416	キャベツ	茨城（稲敷郡河内町）	2004
106695	NARCB200417	キャベツ	茨城（稲敷郡河内町）	2004
106696	NARCB200418	キャベツ	茨城（稲敷郡河内町）	2004
106697	NARCB200419	キャベツ	茨城（稲敷郡河内町）	2004
106698	NARCB200420	キャベツ	茨城（稲敷郡河内町）	2004
106699	NARCB200421	キャベツ	茨城（稲敷郡河内町）	2004
106700	NARCB200422	ブロッコリー	茨城（稲敷郡河内町）	2004
106701	NARCB200423	ブロッコリー	茨城（稲敷郡河内町）	2004
106702	NARCB200424	ブロッコリー	茨城（稲敷郡河内町）	2004
106703	NARCB200425	ブロッコリー	茨城（稲敷郡河内町）	2004
106704	NARCB200426	ハクサイ	茨城（稲敷郡河内町）	2004
106705	NARCB200427	ハクサイ	茨城（稲敷郡河内町）	2004
106706	NARCB200428	ハクサイ	茨城（稲敷郡河内町）	2004
106707	NARCB200429	ハクサイ	茨城（稲敷郡河内町）	2004
106708	NARCB200430	ハクサイ	茨城（稲敷郡河内町）	2004
106709	NARCB200431	ハクサイ	茨城（稲敷郡河内町）	2004
106710	NARCB200432	ハクサイ	茨城（稲敷郡河内町）	2004
106711	NARCB200433	ハクサイ	茨城（稲敷郡河内町）	2004
106712	NARCB200434	ハクサイ	茨城（稲敷郡河内町）	2004
106749	NARCB200591, AZ200552	キャベツ	長野（軽井沢町茂沢）	2005
106752	NARCB200605, GTB111	キャベツ	群馬（嬭恋村）	2006
106753	NARCB200606, GTB121	キャベツ	群馬（嬭恋村）	2006
106754	NARCB200607, GTB211	キャベツ	群馬（嬭恋村）	2006
106755	NARCB200608, GTB221	キャベツ	群馬（嬭恋村）	2006
106756	NARCB200609, GT3111	キャベツ	群馬（嬭恋村）	2006
106757	NARCB200610, GTB321	キャベツ	群馬（嬭恋村）	2006
106758	NARCB200611, GTB411	キャベツ	群馬（嬭恋村）	2006
106759	NARCB200612, GTB421	キャベツ	群馬（嬭恋村）	2006
106760	NARCB200613, TTB221	ブロッコリー	東京（瑞穂町）	2006
106761	NARCB200614, TTC211	キャベツ	東京（瑞穂町）	2006
106762	NARCB200615, TTC311	キャベツ	東京（立川市）	2006
106763	NARCB200616, TTC321	キャベツ	東京（立川市）	2006
106764	NARCB200617, TTB511	ブロッコリー	東京（立川市）	2006
106765	NARCB200618, ITB111	ブロッコリー	茨城（つくば市）	2006
106766	NARCB200619, ITB121	ブロッコリー	茨城（つくば市）	2006
106767	NARCB200620, IYB111	ブロッコリー	茨城（八千代村）	2006

別表 1. ジーンバンクが保存しているアブラナ科黒腐病菌（その2）

MAFF 番号	株名	分離源	採集地	採集年
106768	NARCB200621, IYB121	ブロッコリー	茨城（八千代村）	2006
106769	NARCB200622, ICY111	キャベツ	茨城（八千代村）	2006
106770	NARCB200623, INC111	キャベツ	茨城（行方市）	2006
106771	NARCB200624, INR111	ダイコン	茨城（行方市）	2006
106772	NARCB200625, INK111	カリフラワー	茨城（行方市）	2006
106773	NARCB200626, MIC111	キャベツ	三重（伊勢市）	2006
106774	NARCB200627, MIC121	キャベツ	三重（伊勢市）	2006
106775	NARCB200628, MIC211	キャベツ	三重（玉城町）	2006
106776	NARCB200629, MIC221	キャベツ	三重（玉城町）	2006
106777	NARCB200630, MIC311	キャベツ	三重（玉城町）	2006
106778	NARCB200631, MIC321	キャベツ	三重（玉城町）	2006
106779	NARCB200632, MSC111	キャベツ	三重（鈴鹿市）	2006
106780	NARCB200633, MSC121	キャベツ	三重（鈴鹿市）	2006
106781	NARCB200634, MSC211	キャベツ	三重（鈴鹿市）	2006
106782	NARCB200635, MSC221	キャベツ	三重（鈴鹿市）	2006
106783	NARCB200636, SIH611	ハクサイ	静岡（磐田市）	2006
106784	NARCB200637, SIB611	ブロッコリー	静岡（磐田市）	2006
106785	NARCB200638, SIB911	メキャベツ	静岡（磐田市）	2006
106786	NARCB200639, SIM321	メキャベツ	静岡（袋井市）	2006
106787	NARCB200640, SIH211	ハクサイ	静岡（袋井市）	2006
106788	NARCB200641, SMB111	ブロッコリー	静岡（三島市）	2006
106789	NARCB200642, SMC111	キャベツ	静岡（三島市）	2006
106790	NARCB200643, SFH111	ハクサイ	静岡（富士市）	2006
106791	NARCB200644, SFM111	メキャベツ	静岡（富士市）	2006
106792	NARCB200645, SFC211	キャベツ	静岡（富士市）	2006
106793	NARCB200646, SFB311	ブロッコリー	静岡（富士宮市）	2006
106794	NARCB200647, SFC311	キャベツ	静岡（富士宮市）	2006
106795	NARCB200648	ブロッコリー	岐阜（多治見市）	2006
106796	NARCB200649	ブロッコリー	岐阜（多治見市）	2006
106797	NARCB200650	ブロッコリー	岐阜（多治見市）	2006
106798	NARCB200651	ブロッコリー	岐阜（多治見市）	2006
106799	NARCB200652	ブロッコリー	岐阜（多治見市）	2006
106800	NARCB200653	ブロッコリー	岐阜（多治見市）	2006
106801	NARCB200654	ブロッコリー	岐阜（多治見市）	2006
106802	NARCB200655	ブロッコリー	岐阜（多治見市）	2006
106803	NARCB200656	ブロッコリー	岐阜（多治見市）	2006
106804	NARCB200657, GTaB111	ブロッコリー	岐阜（多治見市）	2006
106805	NARCB200658, GTaB121	ブロッコリー	岐阜（多治見市）	2006

別表 1. ジーンバンクが保存しているアブラナ科黒腐病菌（その3）

MAFF 番号	株名	分離源	採集地	採集年
106806	NARCB200659, GTa211	ブロッコリー	岐阜（多治見市）	2006
106807	NARCB200660, GTaB131	ブロッコリー	岐阜（多治見市）	2006
106808	NARCB200661, GTa231	ブロッコリー	岐阜（多治見市）	2006
106809	NARCB200662, GTa221	ブロッコリー	岐阜（多治見市）	2006
211374	3-1	タイサイ	鹿児島（笠利町宇宿）	2002
211375	3-2	タイサイ	鹿児島（笠利町宇宿）	2002
301076	IFO 13551	ダイコン	東京	1956
301151	Xc A	キャベツ	静岡	1976
301152	Xc C	ブロッコリー	静岡	1976
301153	Xc D	メキャベツ	静岡	1976
301176	H7601	キャベツ	兵庫	1976
301284	Xc ハナヤサイ 56	カリフラワー	静岡	1976
301285	Xc カンラン 86	キャベツ	静岡	1976
301286	Xc コモチ浜 7	メキャベツ	静岡	1976
301287	Xc ハクサイ 90	ハクサイ	静岡	1976
301288	Xc ダイコン 3	ダイコン	静岡	1976
301443	XcK-5	ブロッコリー	広島	1982
301957	NC 7101	キャベツ	宮城	1971
301958	NC 7501	キャベツ	三重	1975
301959	NC 7901	キャベツ	東京	1979
301960	NC 7907	キャベツ	東京	1979
301961	NC 7909	カリフラワー	東京	1979
301962	NC 7910	カリフラワー	東京	1979
301963	NC 7911	キャベツ	東京	1979
301964	NC 7913	ケール	東京	1979
301965	NC 7914	キャベツ	千葉	1979
301966	NC 7916	キャベツ	千葉	1979
301967	NC 7919	キャベツ	静岡	1979
301968	NC 7921	ブロッコリー	静岡	1979
301969	NC 7923	キャベツ	兵庫	1979
301970	NC 7926	カリフラワー	兵庫	1979
301971	NC 7928	キャベツ	埼玉	1979
301972	NC 7929	ハクサイ	埼玉	1979
301973	NC 7930	カリフラワー	埼玉	1979
301974	NC 7932	ハクサイ	埼玉	1979
301975	NC 7936	ブロッコリー	千葉	1979
301976	NC 7937	ブロッコリー	愛知	1979
301977	NC 7938	キャベツ	愛知	1979

別表 1. ジーンバンクが保存しているアブラナ科黒腐病菌（その 4）

MAFF 番号	株名	分離源	採集地	採集年
301978	NC 7939	キャベツ	三重	1979
301979	NC 7940	キャベツ	三重	1979
301980	NC 7941	キャベツ	千葉	1979
301981	NC 7942	カリフラワー	千葉	1979
301982	NC 7954	キャベツ	千葉	1979
301983	NC 8007	キャベツ	愛知	1980
301984	NC 8009	キャベツ	茨城	1980
301985	NC 8011	キャベツ	群馬	1980
301986	NC 8031	キャベツ	長野	1980
301987	NC 8039	カリフラワー	長野	1980
301988	NC 8053	キャベツ	長野	1980
301989	NC 8055	キャベツ	熊本	1980
301990	NC 8075	ブロッコリー	高知	1980
301991	NC 8079	キャベツ	茨城	1980
301992	NC 8082	キャベツ	茨城	1980
301993	NC 8083	キャベツ	北海道	1980
301994	NC 8087	キャベツ	鹿児島	1980
301995	NC 8093	カリフラワー	鹿児島	1980
301996	NC 80100	キャベツ	兵庫	1980
301997	NC 81110	キャベツ	千葉	1981
301998	NC 81103	カリフラワー	千葉	1981
301999	NC 8112	ブロッコリー	愛知	1981
302000	NC 8107	キャベツ	愛知	1981
302001	NC 8154	ハクサイ	千葉	1981
302002	NC 8096	キャベツ	兵庫	1980
302003	NC 80102	カリフラワー	宮城	1980
302004	NC 80103	キャベツ	宮城	1980
302005	NC 80106	キャベツ	宮城	1980
302006	NC 80107	ブロッコリー	宮城	1980
302007	NC 80109	カリフラワー	宮城	1980
302008	NC 80112	カリフラワー	宮城	1980
302009	NC 80113	キャベツ	宮城	1980
302010	NC 80116	ブロッコリー	宮城	1980
302011	NC 80118	カリフラワー	宮城	1980
302012	NC 80119	ブロッコリー	宮城	1980
302013	NC 80124	キャベツ	宮城	1980
302014	NC 80126	キャベツ	千葉	1980
302015	NC 80127	キャベツ	山口	1980

別表 1. ジーンバンクが保存しているアブラナ科黒腐病菌（その5）

MAFF 番号	株名	分離源	採集地	採集年
302016	NC 80128	キャベツ	山口	1980
302017	NC 80129	キャベツ	山口	1980
302018	NC 80130	キャベツ	山口	1980
302019	NC 8104	ブロッコリー	愛知	1981
302020	NC 8110	キャベツ	愛知	1981
302021	NC 8143	カリフラワー	滋賀	1981
302022	NC 8145	キャベツ	滋賀	1981
302023	NC 8155	キャベツ	長野	1981
302024	NC 8164	キャベツ	滋賀	1981
302025	NC 81109	キャベツ	広島	1981
302026	NC 81111	アブラナ属植物	千葉	1981
302027	NC 8201	ダイコン	和歌山	1982
311039	Ca-1	キャベツ	北海道（河東郡士幌町）	1994
311040	Ca-2	キャベツ	北海道（河東郡士幌町）	1994
311436	HC-76	カリフラワー	東京（あきる野市）	2004
311437	HC-77	カリフラワー	東京（あきる野市）	2004
311438	HC-78	カリフラワー	東京（あきる野市）	2004
723001	N8541	キャベツ	三重（安芸郡安濃町）	
723002	NC7919	キャベツ	静岡（静岡市）	
723003	N8501	ブロッコリー	愛知（田原町）	
730166	Xcc9502	ハクサイ	岩手（下閉伊郡川井村）	1995
730167	Xcc9504	ハクサイ	岩手（下閉伊郡川井村）	1995

別表 2. ジーンバンクが保存しているアブラナ科黒腐病菌ファージ

MAFF 番号	株名	分離源	採集地	採集年	指示菌* (MAFF 番号)
106810	Xcp1	キャベツ畑土壌	長野 (軽井沢町茂沢)	2006	302021
106811	Xcp2	ナス畑土壌	茨城 (常陸大宮市)	2006	106642
106812	Xcp3	ネギ畑土壌	茨城 (大子町佐貫)	2006	106642
106813	Xcp4	キャベツ畑土壌	茨城 (八千代町藤田)	2006	106644
106814	XcpGTB101	キャベツ	群馬 (嬭恋村今井)	2006	106752
106815	XcpGTB111	キャベツ畑土壌	群馬 (嬭恋村今井)	2006	106752
106816	XcpGTB221	キャベツ畑土壌	群馬 (嬭恋村干俣)	2006	106642
106817	XcpGTB301	キャベツ	群馬 (嬭恋村干俣)	2006	106756
106818	XcpGTB311	キャベツ畑土壌	群馬 (嬭恋村干俣)	2006	106756
106819	XcpGTB411	キャベツ畑土壌	群馬 (嬭恋村鎌原)	2006	106758
106820	XcpIYB111	ブロッコリー畑土壌	茨城 (八千代町藤田)	2006	106767
106821	XcpIYB112	ブロッコリー畑土壌	茨城 (八千代町藤田)	2006	106642
106822	XcpIYB113	ブロッコリー畑土壌	茨城 (八千代町藤田)	2006	301151
106823	XcpIYB114	ブロッコリー畑土壌	茨城 (八千代町藤田)	2006	302021
106824	XcpIYC111	キャベツ畑土壌	茨城 (八千代町尾崎)	2006	106769
106825	XcpIYC112	ブロッコリー畑土壌	茨城 (八千代町藤田)	2006	106642
106826	XcpMIC111	キャベツ畑土壌	三重 (伊勢市上地町)	2006	106773
106827	XcpMIC211	キャベツ畑土壌	三重 (玉城町岡出)	2006	106775
106828	XcpMIC311	キャベツ畑土壌	三重 (玉城町岡出)	2006	106777
106829	XcpSIH611	ハクサイ	静岡 (磐田市小島)	2006	106783
106830	XcpTTB312	ブロッコリー畑土壌	東京 (立川市西砂町)	2006	106642
106831	XcpTTB411	ブロッコリー畑土壌	東京 (国立市谷保)	2006	106764
106832	XcpTTB412	ブロッコリー畑土壌	東京 (国立市谷保)	2006	106642
106833	XcpTTC211	キャベツ畑土壌	東京 (瑞穂町箱根ヶ崎)	2006	106761
106834	XcpTTC311	キャベツ畑土壌	東京 (立川市西砂町)	2006	106762

* 各ファージを培養するためには、指示菌として本欄に示した MAFF 番号の黒腐病菌が必要である。

生 物 研 資 料

平成 25 年 12 月

December, 2013

微生物遺伝資源利用マニュアル (34)

2013 年 12 月 24 日 印刷

2013 年 12 月 25 日 発行

編集兼
発行者 独立行政法人農業生物資源研究所

National Institute of Agrobiological Sciences

〒 305-8602 茨城県つくば市観音台 2-1-2

アブラナ科黒腐病菌とそのファージ

井上 康 宏¹・畔上 耕 児²

¹ 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

² 農業・食品産業技術総合研究機構 野菜茶業研究所

目 次

1. はじめに	1
2. アブラナ科黒腐病菌	2
3. バクテリオファージ	3
4. 謝辞	5
5. 引用文献	5
別表1 ジーンバンクが保存しているアブラナ科黒腐病菌	6
別表2 ジーンバンクが保存しているアブラナ科黒腐病菌ファージ	11

本稿で紹介された情報には、平成18年度ジーンバンク事業外部委託課題「キャベツ黒腐病菌及びファージの探索収集」で得られた成果が含まれている。

2013年12月

編集兼発行者 独立行政法人 農業生物資源研究所