

生命環境学術誌 第6号
2014年（平成26年）3月抜刷

2010年から2012年に広島県で認められたアブラナ科植物根こぶ病菌のレース

弓 山 ひかる・竹 本 拓 馬・甲 村 浩 之
長 久 逸・奥 尚

2010年から2012年に広島県で認められた アブラナ科植物根こぶ病菌のレース

弓 山 ひかる・竹 本 拓 馬・甲 村 浩 之
長 久 逸・奥 尚

(2013年9月1日原稿受付) / (2014年1月17日原稿受理)

Pathogenic races of *Plasmodiophora brassicae* occurred in Hiroshima Prefecture during 2010 to 2012

Hikaru YUMIYAMA, Takuma TAKEMOTO, Hiroyuki KOHMURA,
Suguru CHOKYU, Takashi OKU

要旨 広島県では、特産のヒロシマナやお好み焼用のキャベツ等のアブラナ科野菜の生産を奨励しているが、根こぶ病の発生が大きな問題となっている。キャベツでは抵抗性品種が少なく、抵抗性ヒロシマナ品種は、2010年に県北部の庄原市にて罹病化して以来、その被害の拡大が懸念されている。広島県内では従来より本菌レースの存在は不明であり、本研究では県内の圃場より得た根こぶ病菌のレース判別を行うことで、その存在の有無を明らかにしようとした。庄原市高町および実留町、山県郡安芸太田町、同北広島町、安芸高田市美土里町の各種アブラナ科植物根こぶ病罹病根から休眠胞子を得た。各々を約 10^7 個/g 乾土に調整した汚染土壌でハクサイ根こぶ病菌レース判別品種 (Hatakeyama *et al.*, 2004) を栽培し、レース判別を行った。その結果、高町ヒロシマナ由来はレース 1、高町ハクサイ由来はレース 2、美土里町および北広島町のブロッコリー由来はレース 3、北広島町キャベツ由来、安芸太田町および実留町のハクサイ由来根こぶ病菌は各々レース 4 と判別され、広島県内には、判別可能な 4 レース全てが存在することが分かった。

キーワード：アブラナ科植物，根こぶ病，レース

緒 言

アブラナ科植物根こぶ病は、絶対寄生の *Plasmodiophora brassicae* Woronin の感染により、アブラナ科の各種野菜に甚大な被害をもたらす土壤伝染性の難防除病害である。根に形成された「こぶ」により木部導管（維管束）が圧迫され、地上部への養水分の供給が阻害されるため、植物体は著しく萎凋し、激しく罹病した場合は枯死する。罹病植物の根の組織中には 10^{10} 個/g 程度の休眠胞子が形成され、それらは根の腐敗とともに土壌中に放出される。一般に *P. brassicae* の休眠胞子は、宿主が存在しない場合でも 5~8 年間は生存を続け、水田土壌のような嫌気条件下でも 10~15 年間は死滅しない (池上, 1992)。このため、一旦、圃場が汚染されると、その防除は

極めて困難となる。

広島県において本病の防除は、抵抗性品種や薬剤の利用を中心に行われている。特産野菜のヒロシマナでは抵抗性の‘CR広島1号’（重本ら，2004）が育成され，現在では‘CR広島1号’の抵抗性を利用した，さらに香りの高い改良品種‘CR広島2号’（西濱・重本，2009）が広く栽培されている。しかしながら‘CR広島2号’は2010年に庄原市本村町にて初めて根こぶ病に罹病化して以来（奥ら，2013），被害は2012年には市内数ヶ所で認められるようになり，その拡大が懸念されている。さらに，お好み焼が名物である広島県ではキャベツの需要は高く，水稲や大豆などに比べ高収益であることから，県は地場産業推進プロジェクトの一つとして，キャベツの生産を奨励している（広島県，2010）。しかし，キャベツでは抵抗性品種が少なく，根こぶ病がその生産に深刻な影響を与えている。従来，広島県では根こぶ病菌の寄生性分化系統（レース）については一切不明で，‘CR広島2号’の罹病化により，初めてレースの重要性が注目された。

本研究では，効率的な抵抗性品種の育種や栽培品種の選定に必須である根こぶ病菌の寄生性分化について，広島県内での有無を明らかにすることを目的とし，2010年から2012年にいくつかの圃場で発生した各種アブラナ科植物根こぶ病菌のレースを調査した。

材料および方法

供試根こぶ病菌

2010年から2012年にかけて広島県内各地（図1）で採集し， -20°C にて凍結保存した根こぶ病罹病根を用いた。すなわち，庄原市高町のヒロシマナ（*Brassica rapa* L.）品種‘CR広島2号’（タナベ種苗）およびハクサイ（*B. rapa*）品種‘きらぼし’（タキイ種苗）由来，庄原市実留町および山県郡安芸太田町のハクサイ品種‘無双’（タキイ種苗）由来，山県郡北広島町および安芸高田市美土里町のブロッコリー（*B. oleracea*）品種‘ピクセル’（サカタのタネ）由来，さらに，山県郡北広島町のキャベツ（*B. oleracea*）品種‘いろどり’（カネコ種苗）由来である。



1. 庄原市高町（2012年）
2. 山県郡北広島町（2012年）
3. 安芸高田市美土里町（2012年）
4. 庄原市実留町（2010年）
5. 山県郡安芸太田町（2012年）

図1. 本研究で使用したアブラナ科植物根こぶ病罹病根の採集地

レース判別

各地に発生した根こぶ病菌のレースを判別するため、ハクサイ根こぶ病菌レース判別品種 (Hatakeyama *et al.*, 2004) の‘隆徳’ (渡辺採種場) および‘スーパー CR ひろ黄’ (住化農業資材) を用いた。罹病性対照品種としてはハクサイ品種‘無双’を用いた。

栽培土壌には‘与作 N-15’ (ジェイカムアグリ) を用いた。罹病根からの休眠胞子の調整は、吉川ら (1981) の方法によった。すなわち、罹病根はホモジナイザー (日本精機製作所 AM-5) を用いて 3,000rpm で 1 分間破碎し、破碎液は 8 重ガーゼでろ過した。血球計算盤 (Burker-Turk) を用い、接種時に休眠胞子が約 10^7 個/g 乾土になるように調整した。本研究ではマイナーレースの存在を考慮し、罹病根は同一圃場由来のもの複数混合した。ただし、同一圃場でハクサイとヒロシマナが栽培されていた場合は、各植物別試料とした。植物の栽培はセルトレイ底面給液法 (吉本, 2001) によった。セルトレイ (6 × 12 穴) 底部に吸水マット (ジャームガード, 東洋紡) を付けて汚染土を充填し、各セルに種子を 2~3 粒、1 品種当たり最低 6 粒を播種した。試験は 2 反復とした。なお、土壌の pH は 5.7 であった。

播種後約 40 日後に、吉本 (2001) の方法により、根部に肥大組織の形成がみられるものを (+), 全く認められないものを (-) とし、判別品種の発病の有無によりレース判別した。

結果

広島県内各地から得た根こぶ病菌休眠胞子を 0 および約 10^7 個/g 乾土に調整した土壌でレース判別品種を栽培し、それらの根こぶ病感受性を検定した (表 1, 図 2)。罹病性の対照として用いた‘無双’では、未接種区では一切発病は認められなかった。Hatakeyama *et al.* (2004) に従ったレース判別体系により、庄原市高町のヒロシマナ由来はレース 1, 同高町のハクサイ由来はレース 2, ‘安芸高田市美土里町および山県郡北広島町のブロッコリー由来はレース 3, 北広島町のキャベツ由来, 安芸太田町および庄原市実留町のハクサイ由来根こぶ病菌は各々レース 4 と判別された。

表 1. 広島県内より得られた根こぶ病菌に対するレース判別品種の感受性

接種根こぶ病菌(由来*)		罹病性品種		レース判別品種		レース
		無双		スーパー CR ひろ黄	隆徳	
ヒロシマナ	(1)	12/12**(+)**		7/11(+)	6/6(+)	1
ハクサイ	(1)	9/16(+)		0/14(-)	4/5(+)	2
ブロッコリー	(2)	12/12(+)		5/12(+)	0/6(-)	3
ブロッコリー	(3)	10/10(+)		8/15(+)	0/6(-)	3
キャベツ	(2)	9/12(+)		0/18(-)	0/6(-)	4
ハクサイ	(4)	3/9(+)		0/24(-)	0/6(-)	4
ハクサイ	(5)	15/18(+)		0/28(-)	0/6(-)	4
無接種区		0/41(-)		0/16(-)	0/6(-)	

* 図 1 に示した採集地を示す

** 罹病個体数 / 供試個体数

*** 罹病性: (+), 抵抗性: (-)

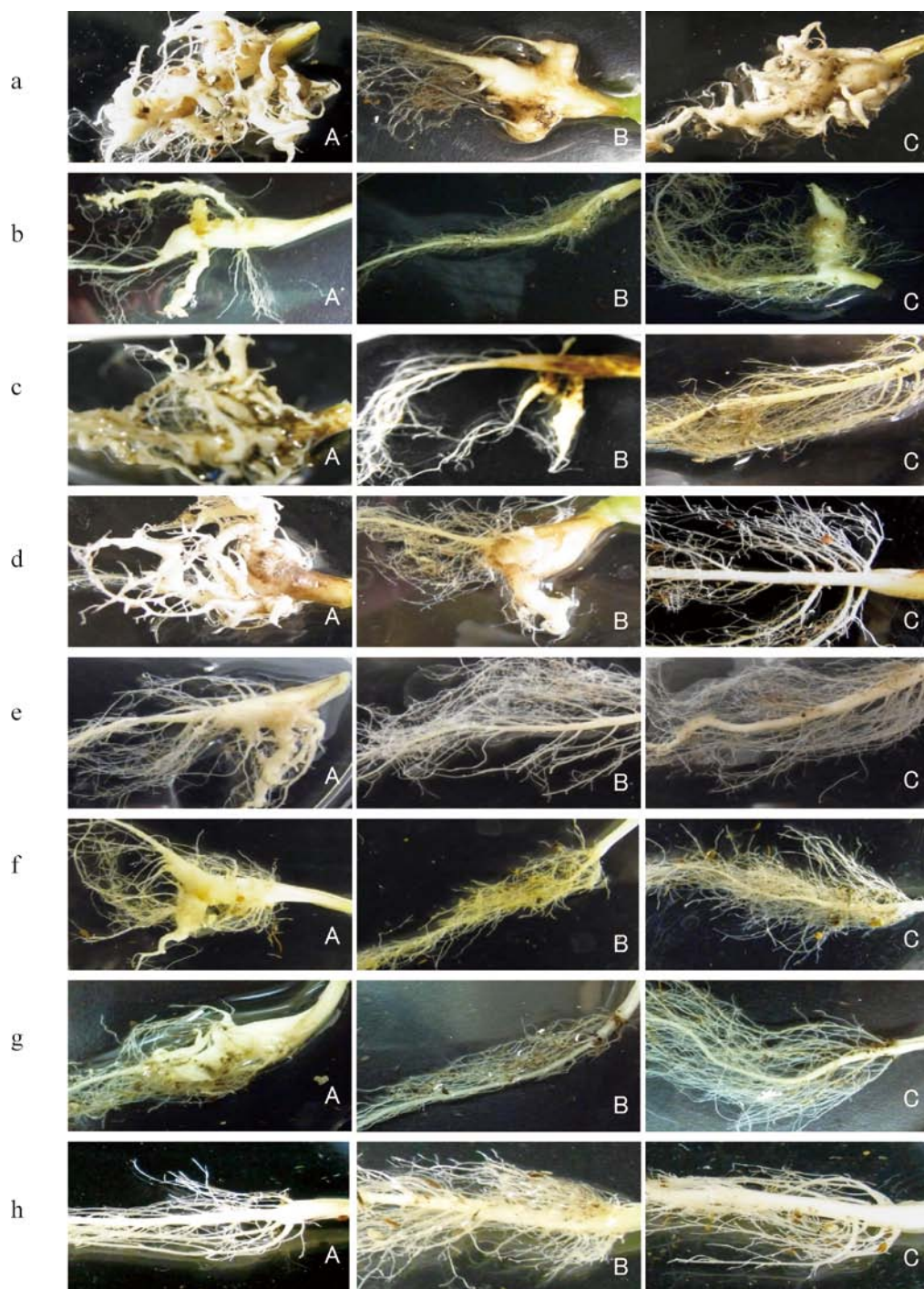


図2. 根こぶ病菌レース判別品種の広島県産各種アブラナ科植物根こぶ病菌に対する感受性検定結果
 a: ヒロシマナ (1), b: ハクサイ (1), c: ブロccoli (2), d: ブロccoli (3),
 e: キャベツ (2), f: ハクサイ (4), g: ハクサイ (5), h: 無接種区
 () の数字は図1 に示した採集地を示す。A: 無双, B: スーパーCRひろ黄, C: 隆徳

考 察

広島県では、根こぶ病菌レースが従来の4から2に変わったことに起因する抵抗性ヒロシマナ品種の罹病化が認められ (奥ら, 2013), 各圃場に存在する根こぶ病菌レースを把握したうえで品種選定が必須となっていた。本研究では、従来全く不明であった広島県内の各種アブラナ科植物に発生した根こぶ病の病原菌レースについて、ハクサイ根こぶ病菌レース判別品種 (Hatakeyama *et al.*, 2004) を用いて調べた。ハクサイ根こぶ病菌レース判別法はハクサイ、ツケナ、カブなどのハクサイの仲間 (*B. rapa*) に適用できるとされている (畠山, 2005)。本研究ではその適用外であるブロッコリーやキャベツ (*B. oleracea*) の根こぶ病菌レース判別にも用い、それらの判別が可能であった。また、本法で判別可能な4レースのすべてが広島県内に存在することが判明した。しかし、本法には *B. oleracea* が有する抵抗性遺伝子が反映されているとはいえない。複数種のアブラナ科野菜が栽培されている広島県では、今後、Williams法 (Williams, 1966) やECD法 (Buczacki *et al.*, 1975) をはじめとする他の判別法による検討、あるいは *B. oleracea* などより選定した品種を加えた新たな判別法の確立も必要である。

庄原市高町の同一圃場から得られたヒロシマナ由来の根こぶ病菌とハクサイ由来の根こぶ病菌では、判別品種に対する病原性が各々異なっていた。すなわち、ヒロシマナ由来はレース1、ハクサイ由来ではレース2と判別された。このことから同圃場には病原性の異なる複数レースの存在が示唆され、異なるレースの混合感染も強く疑われた。本来、レース判別は単孢子分離されたクローン菌株を用いて行うが、絶対寄生の根こぶ病菌ではそれが困難である (對馬, 1999)。さらに、本菌単体眠孢子分離時の発病率は約6%とされる (Kageyama *et al.*, 1995)。単体眠孢子分離菌株により、圃場での本菌集団のレース組成を調べた場合、その集団が有するマイナーレースの存在を見落とす可能性が非常に高い。このため本研究では、抵抗性品種の選定という実用面を優先し、敢えて単体眠孢子分離菌株を用いなかった。今後は、育種や抵抗性遺伝子分析を行うためにも、各種植物由来の根こぶから多数の単体眠孢子分離菌株を樹立し、厳密な意味でのレースとそれらの各圃場における組成を詳細に検討する必要がある。一方、実用的にはレース判別品種を圃場の一角に栽培することで、圃場中に存在する根こぶ病菌レースの集団としての寄生性分化の概要を把握できるものと思われる。

全レースに感受性の‘無双’のみを侵すレース4が検出された山県郡北広島町、同安芸太田町および庄原市実留町の圃場では、抵抗性品種の栽培は行われていなかった。これらの圃場では既存の抵抗性品種は利用可能であると考えられる。しかし、単一の抵抗性品種を継続的に栽培することによる新レースの出現、他地域からの病原性レースの持ち込みなどによる罹病化は強く懸念される。抵抗性品種の寿命を可能な限り持続させるためには、非汚染土による育苗、トラクターや靴による汚染土の持ち込みに細心の注意を払いつつ、土壌pHを中性域に矯正すること、輪作、転炉スラグ (JFE ミネラル, 2008) をはじめとする各種資材の土壌施用、農薬を適切に利用すること等が考えられる。また、万一発生が認められた場合には、罹病根を適切に処理すると同時に、おとり植物の利用 (Murakami *et al.*, 2001)、さらに被害が甚大な場合にはアブラナ科以外の植物

への作目変更等が必要となる。広島県内には多数のレースが存在することが明らかになった今日、各圃場に存在する根こぶ病菌レースを常に把握し、的確に対応できる品種を選定する必要がある。

引用文献

Buczacki, S. T., Toxopeus, H., Mattush, P., Johnston, T. D., Dixon, G. R. and Hobolth, L. A. (1975). Studies of physiologic specialization in *Plasmodiophora brassicae*: Proposals for attempted rationalization through an international approach. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 65 : 295-303.

Hatakeyama, K., Fujimura, M., Ishida, M. and Suzuki, T. (2004). New classification method for *Plasmodiophora brassicae* field isolates in Japan based on resistance of F₁ cultivars of Chinese cabbage (*Brassica rapa* L.) to clubroot. *Breeding Science* 54 : 197-201.

畠山勝徳 (2005). ハクサイ根こぶ病菌の病原性判別法. *農業技術* 60 : 267-271.

広島県 (2010). ひろしま未来チャレンジビジョン. pp.34, 広島県企画振興局制作企画課, 広島.

池上八郎 (1992). アブラナ科野菜根こぶ病菌の生態と防除. *土と微生物* 39 : 1-10.

JFE ミネラル (2008). 鉄鋼スラグを用いた肥料. *JFE 技報* 19 : 45-46.

Kageyama, K., Kamimura, Y. and Hyakumachi, M. (1995). A simple inoculation method with a single resting spore of *Plasmodiophora brassicae*. *Ann. Phytopathol. Soc. Jpn.* 61 : 415-418.

Murakami, H., Tsushima, S., Akimoto, T. and Shishido, Y. (2001). Reduction of spore density of *Plasmodiophora brassicae* in soil by decoy plants. *J. Gen. Plant Pathol.* 67 : 85-88.

西濱健太郎・重本直樹 (2009). 高香気性の根こぶ病抵抗性ヒロシマナ新品種「CR 広島2号」. *農耕と園芸* 2009. 8月号 : 55-57.

奥 尚・越智資泰・前田光裕・長久逸 (2013). 根こぶ病抵抗性ヒロシマナ「CR 広島2号」の罹病化. *生命環境学雑誌* 5 : 1-7.

重本直樹・栗田祐二・平尾晃・長久逸・甲村浩之・麓昌次郎 (2004). 根こぶ病抵抗性ヒロシマナ品種「CR 広島1号」の育成. *広島県農技セ研報* 76 : 85-90.

對馬誠也 (1999). アブラナ科植物根こぶ病休眠胞子の発芽と感染性 —培養できないアブラナ科野菜の病原微生物, *Plasmodiophora brassicae* の生態学的研究の将来展望— *Microbes and Environments* 14 : 173-178.

吉川宏昭・芹沢正和・飛驒健一 (1981). アブラナ科野菜の根こぶ病抵抗性品種に関する研究Ⅲ 根こぶ病抵抗性の早期検定法. 野菜・茶業試験場研究報告 A. 8 : 1-21.

吉本均・前田和也 (2001). セルトレイ底面給液法によるハクサイ根こぶ病菌の菌密度および病原性の簡易生物検定法. 和歌山農林水技セ研報 2 : 143-148.

Williams, P. H. (1966). A system for the determination of race of *Plasmodiophora brassicae* that infect cabbage and rutabaga. *Phytopathology* 56 : 624-626

Summary

Physiologic races of *Plasmodiophora brassicae*, clubroot pathogen of crucifers, collected from the northern part of Hiroshima Prefecture during 2010 to 2012, were examined by Hatakeyama's differential system (2004) using two Chinese cabbage (*Brassica rapa*) cultivars 'Super CR Hiroki' and 'Ryutoku'. Also Chinese cabbage 'Muso' was used as a susceptible check. All of the six populations occurred on *B. rapa* (Chinese cabbage and Hiroshimana) and *B. oleracea* (cabbage and broccoli) were virulent on susceptible check, and 4 races were differentiated. We notify that two races were appeared in a same field of Shobara in 2012. Race 1 was from Hiroshimana and race 2 was from Chinese cabbage.