

2006年に徳島市城山に植樹されたホルトノキの苗木の現状

— 生育状況とホルトノキ萎黄病感染状況について — (第二報)

佐藤 征弥*・楠田 七葉**・大坂 佳輝**・関 祥菜**・阿部 萌音**

*徳島大学大学院社会産業理工学研究部, 〒770-8513 徳島市南常三島町2-1

E-mail: satoh.masaya@tokushima-u.ac.jp

**徳島大学生物資源産業学部, 〒770-8513 徳島市南常三島町 2-1

Present situation of *Elaeocarpus zollingeri* tree planted in Mt. Shiroyama in 2006:
survival and infection status of *Elaeocarpus* yellows (Second Report)

Masaya Satoh*, Nanoha Kusuda**, Yoshiki Osaka**, Sachina Seki**, Mone Abe**

* Graduate School of Technology, Industrial and Social Sciences, Tokushima University, Tokushima 770-8513,
Japan.

** Faculty of Bioscience and Bioindustry, Tokushima University, Tokushima 770-8513, Japan.

Abstract

This paper is an additional report of the 2016 survey report on the saplings of *Elaeocarpus zollingeri* (synonym: *E. sylvestris*) in Mt. Shiroyama in the Tokushima City. Since 1970s community of *E. zollingeri* in Mt. Shiroyama has continued to decline by *Elaeocarpus* yellows caused by phytoplasma. To prevent extinction 300 saplings were planted at the foot of the mountain by volunteers in 2006. In 2016, 10 years after planting, 40 trees had been alive, and the number has decreased to 29 in 2022. There were two other saplings near the planted area, presumably naturally occurring seedlings. The most grown tree was over 5 m in height, while there were 4 trees less than 1 m.

These saplings were checked for phytoplasma infection by nested PCR, and 9 saplings were found to be infected. However, none of them shows symptoms of the disease in appearance, and there is no difference in tree height compared to the uninfected saplings.

To prevent further loss in the future, poorly growing saplings should be transplanted into better conditions. Also, in areas with many surviving saplings, it is advisable to transplant several saplings to avoid overcrowding.

Keywords: *Elaeocarpus zollingeri*, *Elaeocarpus* yellows, Mt. Shiroyama, phytoplasma, Tokushima

はじめに

ホルトノキ (*Elaeocarpus zollingeri* K. Koch (synonym: *E. sylvestris* var. *ellipticus*)はインドシナ半島、台湾、日本に分布する常緑高木で、日本では関東以西の暖地林に分布し、山地に自生する他、社寺林、街路樹、公園などに植栽されている。近年、ファイトプラズマの感染によるホルトノキ萎黄病によって日本各地でホルトノキの衰弱・枯死が起きている。本病が最初に報告されたのは、小田原城の土塁のホルトノキ群落であり、1999年に新病害としてホルトノキ萎黄病と呼ぶことが提唱された(河辺ら 1999)。このホルトノキ群落は最終的に全滅し、2013年に文化財指定が解除された(小田原市文化財保護委員会 2013)。その後、日本各地で被害が出ていることが明らかになった(河辺ら 2000, 大野ら 2003)。沖縄県では日本の他の地域とは異なるタイプの

ファイトプラズマが感染している(亀山ら 2015, Iwabuchi et al. 2018)。

徳島市の中心部に位置する城山のホルトノキは、徳島県で唯一のホルトノキ群落であることから1984年(昭和59)に徳島市の「市の木」に制定され、2009年(平成21)には「とくしま市民遺産」の一つに「城山のホルトノキと貝塚」が選定されており(徳島市 2009)、市民に親しまれている存在であるが、1970年代から枯死が目立ち始め(森本ら 1977, 森本・西浦 1987, 久戸瀬 2008)、現在は成木の数が20本未満に減少している(佐藤ら 2016)。2014年に枯死の原因はホルトノキ萎黄病であることが判明した(佐藤ら 2014)。

城山のホルトノキの消滅を防ぐために、2006年(平成18)6月25日、NPO「徳島城址を愛する会」の主催で300本のホルトノキの苗木が城山山麓に植えられた。その後2年間、徳島市が生

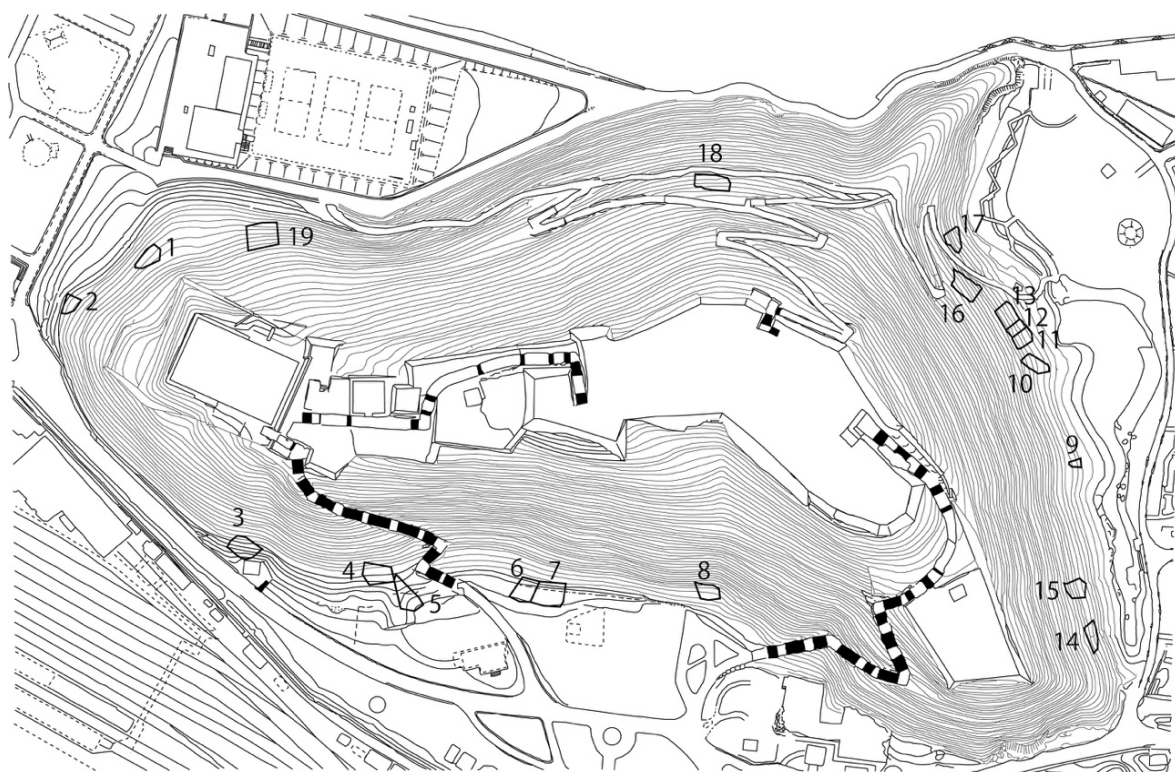


図1 城山に苗木を植樹したエリア

19箇所の植樹エリアの位置を示す。地図は、徳島市開発部公園緑地課による図(2008)を改変して作成した。

育状況を調査し、1年後の生存率は64.7%、2年後の生存率は40.0%であった（徳島市開発部公園緑地課 2008）。その後、追跡調査が行われていなかったが、植樹後10年経った2016年に筆者らが調査し、生存率は13.3%であった（佐藤ら 2016）。また、生存木のうち3本がファイトプラズマに感染していることが判明し、感染拡大を防ぐために除去した。

その後も筆者らは毎年調査を続けているが、少しずつ生存木は減少しており、消失を防ぐための対策を施す必要性が高まってきた。また、生存木が密集している箇所もあり、それらが今後大きく成長していくためには適切な所に植え替える必要も生じてきた。植樹してから15年が経った現在、今後の保全のための計画を立てる時期に至ったと考え、稚樹の現状について以下に報告することにした。

方法

現地調査

図1に、2006年に苗木を植えた位置を示す。城山を取り囲むように山麓に19箇所のエリアが設定され、12、14、16、18の4つのエリアには15本ずつ、それ以外のエリアには16本ずつ植えられた（徳島市開発部公園緑地課 2008）。苗木には植樹した際に小さなプラスチック製のプレートが幹に結びつけられ、ピンク色、青色、白色のプレートにそれぞれ1から100までの番号が記されていて、各個体が識別できるようになっている。

城山に植えられた苗木の調査は、2016年以降毎年4～6月に行ない、苗木のプレートを確認し、樹高を測定した。

ファイトプラズマ感染の分析

生存木がファイトプラズマに感染しているかを2016年と2022年に調査した。生存木から葉を採取し、DNAを抽出し、nested PCRによりファイトプラズマDNAの有無を分析した。採取し

表1 植樹エリアで確認できた稚樹

エリア	プレート番号	樹高 (cm)	
		2022年	植樹時
3	ピンク 21	153	50
	ピンク 23	91	62
4	青 24	92	45
	青 25	177	63
	青 26 (—)	186	77
	青 27 (—)	105	43
	青 29 (—)	140	30
	青 30	121	47
5	ピンク 33	172	50
	ピンク 37	195	45
	ピンク 38	212	41
	ピンク 38の南	263	-
	ピンク 39	293	60
	ピンク 40	304	45
	ピンク 42	197	41
	ピンク 43	520	51
	ピンク 46	330	45
6	青 37	180	51
	青 45	300	50
7	ピンク 61	420	50
11	ピンク 86	190	53
12	青 81	87	46
	青 88	111	40
	青 91	105	50
	青 92	82	50
17	白 81	235	51
	白 81の北*	360	-
	白 85	208	47
18	白 26 (—)	96	52
	白 35	100	40
	白 37	212	51

(—) はプレートがなくなっていた苗木を、*は2006年の植樹記録にない苗木を示す。植樹時(2006年)の樹高は徳島市公園緑地課(2008)のデータによる。



図2 生存したホルトノキの分布と感染状況

生存が確認できたホルトノキ稚樹の分布とファイトプラズマ感染状況について、エリア別に示した。Bは青、Pはピンク、Wは白のプレートが付けられた個体であることを示す。エリア5と17には植樹記録のない稚樹があり、城山の成木の種子から成長した実生苗であると考えられる（天然更新）。

た葉は乳鉢ですりつぶして植物DNA抽出キット ISOSPIN Plant DNA (NIPPON GENE CO.,LTD.) を用いて DNA を抽出した。抽出した DNA は Gundersen and Lee (1996)の方法で nested

PCR を行ってファイトプラズマ DNA の有無を調べた。用いたプライマーは次の通りである。

1 回目の PCR に用いたプライマーペア

R16mF2 : 5'-CATGCAAGTCGAACGGA-3'
 R16mR1 : 5'-CTTAACCCCAATCATCGAC-3'

2回目のPCRに用いたプライマーペア

R16F2n : 5'-GAAACGACTGCTAAGACTGG-3'
 R16R2 : 5'-TGACGGGCGGTGTGTACAAACCCCG-3'

反応条件は佐藤ら（2016）に従った。反応終了後、アガロースゲル電気泳動により TAE buffer 中で電気泳動を行い、EB 染色後、バンドパターンを観察した。

結果と考察

生存率

2022年の調査では、植樹したエリアにおいて31本の稚樹を確認した（表1、図2）。このうちエリア5でピンク38の南西側に見つかったものとエリア17で白81の北側に見つかったものの2本は植樹記録のない箇所に成育していることから、周囲の成木の種子から発生した実生苗と考

えられる。よって2006年に植樹した300本のうち生存が確認できたのは29本、生存率は9.7%であった。図3に植樹後の生存数の推移を示す。徳島市が行った植樹後2年間の調査では、植樹後3ヶ月では300本全ての苗木が生存していたが、1年後には194本に減り（生存率64.7%）、2年後には120本に減った（生存率40.0%）。10年後の2016年に行われた調査では40本（生存率13.3%）に減り、そして2022年の調査では29本（生存率9.7%）にまで減った。2021年の調査記録が26本で、2022年の29本よりも少なくなっているのは、他の低木や草本に隠れて発見できなかった稚樹があったためと考えられる。

エリア別に見ると、南側に位置するエリア5において最も稚樹が多く生存しており、隣接するエリア4でもその次に生存数が多かった。南側ではエリア3、6、7においても生存個体が確認された。南側エリア以外では、東側のエリア11、12、17、および北側のエリア18において生存個体が確認された。一方、北西側（エリア1、2、19）では全てなくなっていた。南側に生存個体が最も

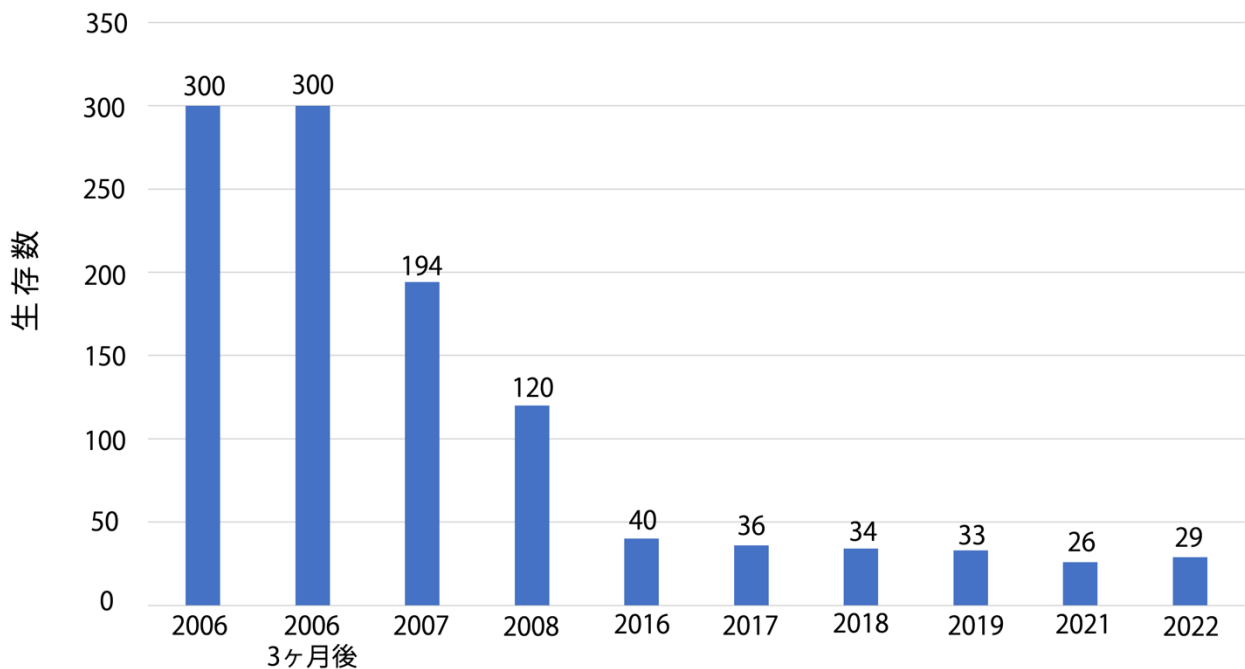


図3 植樹後の生存数の推移

多かったことは日照条件が大きく影響していると考えられる。

稚樹がなくなる原因として、生育環境の不適合や他種との生存競争以外に、人為的な伐採があることも分かった。2021年の調査において、生存を確認した稚樹が数日後に再び訪れてみると、周囲の下草と一緒に伐られてなくなっていたケースがあった。城山は「城山の原生林」の名称で徳島市指定天然記念物として保全がなされており、樹木の伐採が規制されているが、人が行き交う登山道や山頂の広場や山麓は雑草の除去が頻繁に行われている。2006年に植樹した際に稚樹に紐で結び付けられたプラスチック製のプレートは、誤って伐られることを防ぐ目的もあったが、時間が経過するにしたがってプレートが外れた個体が増え、またプレートが付いていても下草が茂るとプレートを目視することが困難になるため、雑草と誤認されて伐られたことは、これ以外にも起こっていた可能性がある。このような人為的な伐採が過去にどの程度あったかは不明だが、それを防ぐ必要であると考え、管理する徳島市公園緑地課に依頼して、2021年8月2日、全ての稚樹に名札を取り付けてもらった(図4)。植樹の際に取り付けられた小プレートは、根本に結びつけられ



図4 稚樹にとりつけた札

ていたため、落ち葉に埋もれたり、下草に隠れたりしたが、今回は大きな札を地面より高い位置に付けたので誤って伐られる可能性は低くなったと考える。

成長度

生存個体の樹高を表1、図5に示す。2006年に植樹した際は、最も低い個体が30cm、最も高い個体が77cmで、平均49.2cmであった。2022年の調査では、最も高い個体が5.2m、最も低い個体が82cm、平均は194cmであった。

南側エリア(エリア3~7)では樹高3mを超えるものが5本存在するのに対して、その他のエリアでは樹高3mに達した苗木は1本のみであり、南側は生存率が高いだけでなく生育も速いことが分かった。

一方、南側エリアに次いで生存個体が多かった東側のエリア12では、他のエリアと比べて成長が悪く、生存率と成長とに関係性は見られなかった。このエリアは日当たりが悪く、成長には良い条件ではないが、雑草や下層植生が少ないため、種間競争が厳しくなかったと考えられる。

ファイトプラズマの感染状況

生存が確認できた植樹した苗木29本、そして植樹記録のない2本の稚樹について、ファイトプラズマに感染しているかどうかをnested PCRにより確認した結果、9本の感染が判明した(図6)。感染が確認されたのは、エリア4において生存木6本中4本、エリア5において生存木8本中2本、エリア7において生存木1本中1本、エリア12において生存木4本中1本、そしてエリア5の近傍で植樹していない稚樹において感染が確認された(図2)。これらの感染個体はいずれも、外見上病徴を呈しておらず、樹高も非感染の個体と比べて差は見られない。また、いずれもnested PCRの2回目でファイトプラズマDNAの増幅が確認されたもので、1回目のPCRでは増幅が確認されなかったことから、植物体内のファイトプラズマ量は微量であるといえる。しかし、

2006年に徳島市城山に植樹されたホルトノキの苗木の現状（第二報）

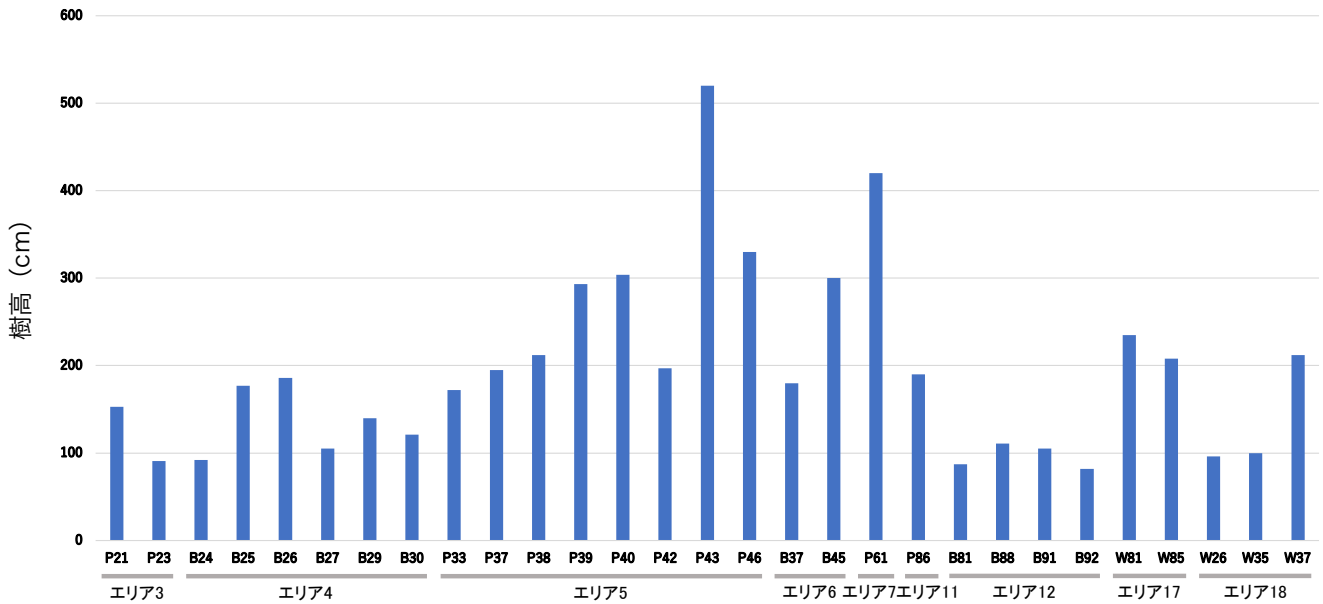


図5 生存木の樹高

生存が確認できた稚樹の樹高をエリアごとにグラフで示す。

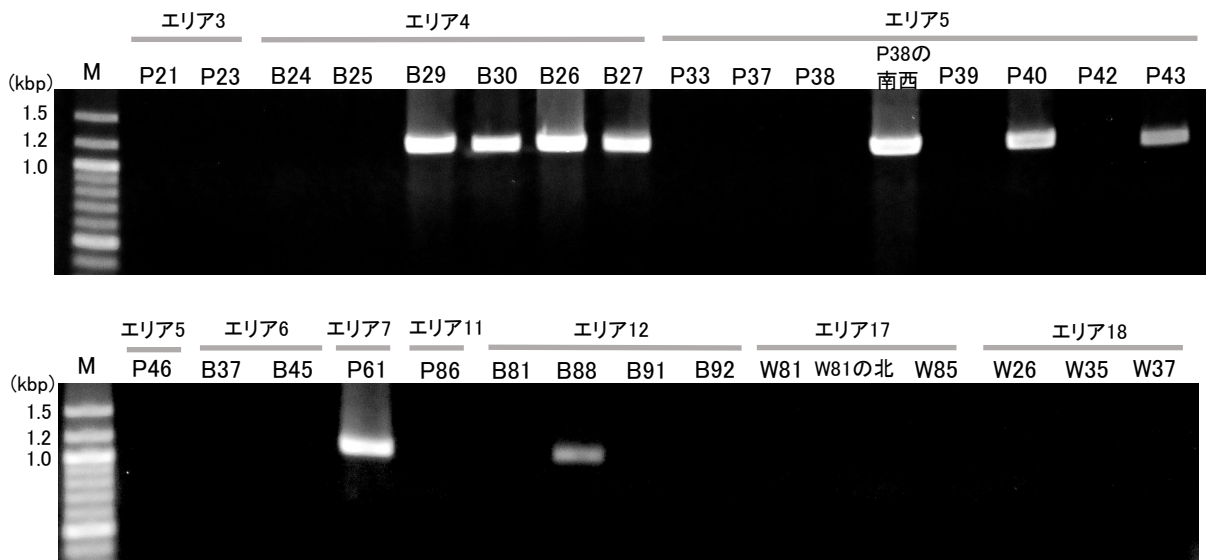


図6 生存木の感染状況

植樹エリアにおいて生存していた稚樹31本のファイトプラズマ感染を nested PCR により調べた。図は2回目のPCRの増幅産物を電気泳動した結果を示す。

今後の発病や感染の拡大に注視ししていく必要である。

感染が確認された9本のうち8本は南側エリアの個体であった。2016年の調査では、3本の感染が確認され、それらはエリア5にあったピンク34、ピンク44、エリア6にあった青46であっ

た。これら3本も南側エリアであり、南側エリアに感染が集中して起きることは、媒介昆虫の性質と関係している可能性が考えられる。しかし、一般にファイトプラズマは吸汁性昆虫であるヨコバイ類、ウンカ類、キジラミ類により伝染されるが、ホルトノキ萎黄病の媒介昆虫はまだ判明して

おらず、病気の感染経路については今後の調査が必要である。

2016年に感染が確認された3本の稚樹は、感染の拡大を防ぐために木を抜いて除去した(佐藤ら2016)。従って、今回感染が確認された9本は、その後新たに感染したものである。今回、これら9本を除去すると、生存木は大きく数を減らすことになる。また、除去しても感染経路が不明な状況では、いずれ新たな感染が起きる可能性が高いことから今回は感染木の除去は行わないことにした。

今後の保全について

城山のホルトノキについては、1973年(昭和48)発行の『徳島市の文化財』の中で「徳川初期に育成したと思われるホルトの大木の並木」と記されており(木村1973)、50年前には古いホルトノキが並木をなすほど多数存在していたことがわかる。1964年(昭和39)に発行された『徳島市城山の植物』には、ホルトノキは城山の南斜面、東斜面に優占種として発達しており、北斜面には胸高直径100cmの木が、東斜面には60cm級の木があると記されている(木村・森本1964)。1969年(昭和44)の調査では、城山の西下り口に幹周囲4.23mの県下2位のホルトノキがあることが記されている(阿部ら1970)。ただし「老朽」と記されており、枯死して現在はない。また同調査では他にも北面に幹周囲3.53mと2.60mの2本の木の存在が記されている。前者は1964年(昭和39)の『徳島市の植物』の直径100cmの樹と同じであろう。このホルトノキについても現在は残っていない。1975年(昭和50)の城山の調査では、胸高直径が15cm以上のホルトノキが城山全体に224本存在していたが(森本ら1977)、現在は20本未満となり(佐藤ら2014, 2016)、幹周囲が3mを超える巨木はすべて枯死した。

このようにホルトノキが減少しているなか、1984年にホルトノキは徳島市の「市の木」に指定され、1990年代には衰退の原因究明のための調査とそれに基づく枯死防止対策が行われた。当

時はホルトノキ萎黄病の存在が明らかになっていなかったため、都市化に伴う環境変化により城山が乾燥化したことが枯死の原因と推測された(赤井ら1992)。それを受けて保水力を高める目的で施された土壌改良は効果を示し、数年は枯死がとまったが、2000年頃から再び衰弱・枯死が再発した(徳島県県民環境部環境局環境企画課2004)。

2014年になって、調査した成木全てからファイトプラズマが検出され、枯死の主な原因がホルトノキ萎黄病であると判明した(佐藤ら2014)。そして翌年からこれらの成木に対して、抗生物質オキシテトラサイクリンの樹幹注入による治療が行われている(加藤・佐藤2016, 阿部ら2022)。

ホルトノキ群落を再生するために、2006年にNPOの主唱により苗木が300本植林された。苗木は、城山および県内から集められた種子を(株)徳島県植物市場にて発芽させておおよそ50cmほどに成長したものが用いられた。今回の調査の結果、生存していたのは29本であり、9割がなくなったことになる。これは林業における植林と比較すると格段に低い生存率であるが、その理由として、苗木を城山を取り囲むように満遍なく植えたことで、日照の乏しい箇所や勾配のきつい斜面など生育によくない条件の箇所に植えられたものがあつたことが挙げられる。また、植樹後に苗木の保護を行っていないため、他種との競争に負けたり、下草刈りで人為的に排除されたことも要因として挙げられる。2022年の調査では、樹高が1mに満たない個体が4本あつた。植樹から15年経つたことを考えれば極めて成長が悪いと言える。また、生き残った木で、実をつけるようになった個体は一本もなく、これらの木から子孫ができて殖えていくまでにはなお時間がかかる。さらにはファイトプラズマ感染によるホルトノキ萎黄病によって枯死した可能性もある。2016年と2022年の調査において、それぞれ3本、9本の感染が確認され、いずれも外見上は病徴を示さず、成長も非感染個体と比べて悪化してはいないが、それをもって稚樹がホルトノキ萎黄病で枯死しないとは言えない。これらの要因がそ

れぞれ苗木の消失にどの程度関与してきたかは分からない。しかし、これ以上の消失を防ぐためには喫緊に対策を講じる必要がある。成長が悪い個体は条件の良い環境下に移植すべきである。また、エリア4と5は生存個体が多いが、それらは互いに1 m程度の間隔で植えられており、成長を続けると過密になるため、間引いて移植することを検討する必要がある。木が大きくなって移植が難しくなる前に実施すべきである。

城山は「城山原生林」という名称で徳島市指定天然記念物となっている。正確には原生林ではないが、市の中心部に鬱蒼とした天然林が存在することは貴重であり、人がなるべく手を加えない保全がなされており、2006年の植樹においても山中ではなく山麓に植えられた。今後移植を行う場合も、天然林に手を入れないという方針を踏襲するのであれば、頂上の本丸、東二の丸、西二の丸、西三の丸などの広場は天然林の保全に影響はなく、日照条件も良いため候補地に挙げられる。なお、東二の丸と西二の丸にはホルトノキの成木が現存しており、成木と稚樹とを併せて管理すれば、効率的な保全ができると考えられる。

引用文献

阿部近一・木村晴夫・加藤芳一. 1970. 徳島市の植物とその移動. 『総合学術調査報告 徳島郷土研究発表会紀要 第15号』. 阿波学会編. 徳島県立図書館発行.

阿部萌音・関祥菜・佐藤 征弥. 2022. 城山のホルトノキ群落の再生に向けて—ホルトノキ萎黄病の治療と植樹した苗木の追跡調査. 第145回徳島生物学会.

赤井龍男・本城尚正・妹尾俊夫. 1992. 徳島市「城山原生林」におけるホルトノキの衰弱、枯死の要因と森林の活性化対策に関する調査報告書. 徳島市.

Gundersen D.E. and Lee I.-M. 1996. Ultrasensitive detection of phytoplasmas

by nested-PCR assays using two universal primer pairs. *Phytopath. med.* 35: 144-151.

Iwabuchi N., Endo A., Kameyama N., Satoh M., Miyazaki A., Koinuma H., Kitazawa Y., Maejima K., Yamaji Y., Oshima K., Namba S. 2018. First report of ‘Candidatus Phyto-plasma malaysianum’ associated with *Elaeo-carpus* yellows of *Elaeocarpus zollingeri*. *Journal of General Plant Pathology* 84: 160–164.

亀山統一・山城直也・日暮悠樹・塩垣美森・牧山建・玉城信徳・上間明人・諸見里穂高・伊藤俊輔. 2015. 沖縄島におけるホルトノキ萎黄病 樹木医学研究 19: 102-103.

加藤愛里・佐藤征弥. 2016. ホルトノキ萎黄病に感染した徳島市城山のホルトノキの治療について. 第73回中国四国植物学会大会.

河辺祐嗣・菊地泰生・楠木 学・大野啓一郎・加藤貞一・小林元男・小河誠司・宇佐美陽一・伊禮英毅. 2000. ホルトノキから検出された異なる群の2種類のファイトプラズマ. *日本植物病理学会報* 66(3): 280.

河辺祐嗣・楠木 学・大野啓一郎. 1999. ファイトプラズマによるホルトノキ萎黄病（新称）. *日本植物病理学会報* 65: 654.

木村晴夫. 1973. 市指定城山の原生林. 『徳島市の文化財』. 徳島市文化財保護委員会編集. 徳島市教育委員会発行. 119頁.

木村晴夫・森本康滋. 1964. 『徳島市城山の植物』. 徳島県教育会.

久戸瀬隆之. 2008. 徳島市城山樹林の衰退過程分析と保全に向けた市民意識の抽出. 徳島大学大学院・先端技術科学教育部修士論文.

森本康滋・石井愷義・小西貴代美・宮井敦子. 1977. 城山の植生. 徳島県自然保護協会調査報告 2: 27-47.

森本康滋・西浦宏明. 1987. 城山のホルトノキ群落—ホルトノキの枯死の現状. 徳島県高等学校理科学会誌 28:30-34.

小田原市文化財保護委員会. 2013. 市指定文化財「旧MRAアジアセンターODAWARAのホルトノキ」の指定解除について. 平成23年度第2回小田原市文化財保護委員会会議概要.1-3.

大野啓一朗・河辺祐嗣・加藤貞一・菊地泰生・楠木 学. 2003. ホルトノキ萎黄病による衰弱枯死経過. 樹木医学会第7回大会.

佐藤征弥・箕田大祐・高井竜平・今田悠介・安西隆治・田中隆太郎・下込衣里・小田彩未・野々市元・釜江梨紗・奥村彰太・平瀬未悠・糸永千尋・佐野慎三郎・中川寛章・岡田ひろ・山形真由. 2016. 2006年に徳島市城山に植樹されたホルトノキの苗木の現状—生育状況とホルトノキ萎黄病感染状況について—. 徳島大学地域科学研究 6:11-17.

佐藤征弥・高橋英誠・近森美保・谷 由里恵・安達直之. 2014. 徳島市城山のホルトノキの衰弱・枯死の原因について—ホルトノキ萎黄病を引き起こすファイトプラズマの深刻な感染状況—. 自然科学研究. 徳島大学大学院ソシオ・アーツ・アンド・サイエンス研究部. 28(3):25-29.

徳島県県民環境部環境局環境企画課. 2004. 徳島県環境基本計画(資料編). 徳島県. 97.

徳島市. 2009. 徳島市HP「とくしま市民遺産」
https://www.city.tokushima.tokushima.jp/kankou/shimin_isan/index.html

徳島市開発部公園緑地課. 2008. 徳島中央公園ホルトノキモニタリング(3回目)業務調査報告書.