

速 報

鹿児島県における2022年と2023年の‘染井吉野’の開花異常^{*1}勝木俊雄^{*2}・金谷整一^{*2}・祁答院宥樹^{*3}・福村寛之^{*3}・片野田逸朗^{*3}

勝木俊雄・金谷整一・祁答院宥樹・福村寛之・片野田逸朗：鹿児島県における2022年と2023年の‘染井吉野’の開花異常 九州森林研究 77:181–185, 2024 ‘染井吉野’は、開花に冬期の低温刺激が必要とされているが、低温刺激が不足した場合にどのような状態になるのか、詳細な報告はない。そこで2022年春から鹿児島県内に8ヶ所の調査区を設置し、2023年春まで開花や開葉や落葉などの状態を調査した。その結果、2022年に明瞭な異常は観察されなかったが、2023年に鹿児島市や指宿市、屋久島町などで開花の遅延や不揃い、花芽・葉芽の発育不良などが確認された。積算チルユニットを用いて検討したところ、開花異常が観察された調査区では休眠解除に必要な低温刺激量に達しておらず、冬期の低温刺激の多寡が大きく影響していることが示唆された。一方、低温刺激が十分な調査区でも開花の不揃いが観察され、低温刺激以外の要因も開花異常に影響している可能性が考えられた。

キーワード：開花期、休眠解除、‘染井吉野’、低温刺激

I. はじめに

バラ科サクラ属の栽培品種‘染井吉野’(*Cerasus ×yedoensis* ‘Somei-yoshino’)は、北海道南部から鹿児島県種子島・屋久島まで広範囲に植栽され、春の開花時には「お花見」の対象となり、我が国の代表的な花木である。気温上昇の影響で、「東京」(以下、気象庁の観測地点は「」で括弧)の開花日が早まっていることは広く知られているが(勝木, 2015; 松本, 2017), より温暖な地域では、さらなる異変が生じている。例えば近年の九州では、もっとも寒冷な「福岡」で早く咲き、その後に南の地域が咲き進む現象が観測されている(松本, 2017; 勝木, 2018)。

サクラ類は、冬期の低温刺激によって花芽の休眠が解除され、その後の高温によって花芽が発育する(永田, 2002)。ただし、低温刺激が不足していても高温にゆっくり反応して発育すると考えられているが(朝倉ほか, 2010), その詳細は明らかではなく、沖縄県のように花芽が正常に発育しないこともある(比嘉, 1986)。低温刺激の指標として、休眠打破に有効な低温に遭遇した時間数を示す積算チルユニットが用いられている(青野・小元, 1990; 丸岡・伊藤, 2009; 朝倉ほか, 2010)。朝倉ほか(2010)によると、‘染井吉野’の休眠解除に必要な積算チルユニットは1,450となる。チルユニットは一般に秋から正の値となり、春に負の値に変化する。そこで、気象庁の観測データから2014~2023年の「鹿児島」において積算チルユニットの秋から春の最大値を計算してみると、1,450を下回る年が5年もあり、低温刺激の不足が常態化していると考えられる。このため、「鹿児島」はより寒冷な「福岡」よりも開花期が遅いと考えられるが、低温刺激の不足はさらなる障害を生じさせることが懸念される。

一方、気候変動によるバラ科樹木への影響については、果樹栽培で数多く報告されており、日本ではニホンナシ(*Pyrus pyrifolia* var. *culta*)やオウトウ(*Cerasus avium*)などで報告されている(別府, 2020)。例えばニホンナシでは、発芽・開花の

遅延や不揃い、小花数の減少、芽枯れあるいは枝枯れなどの発芽障害が報告されており(農研機構, 2019), 秋冬の気温上昇によって耐凍性が低下したときに生じる凍害が原因と考えられている(Ito *et al.*, 2018)。気候変動による‘染井吉野’への影響については、これらすでに報告されている障害の可能性を含め、詳細な検討が必要と考えられる。

そこで本報告では、‘染井吉野’の生育南限地である鹿児島県において、開花や開葉・落葉などのフェノロジーを調査し、なんらかの障害が生じているのかを明らかにするとともに、特に低温刺激との関係について検討した。

II. 調査地と方法

調査区は、北から順に鹿児島伊佐市の忠元公園(以下、伊佐)と姶良市の鹿児島県森林技術総合センター(姶良)、曾於市のおすみ弥五郎伝説の里(曾於)、鹿児島市の鹿児島県立図書館(鹿児島)、指宿市の魚見岳自然公園(魚見岳)と開聞岳南麓(開聞岳)、屋久島町の安房墓地公園(安房墓地)と健康の森公園(健康の森)に設定した(図-1)。伊佐から魚見岳の5調査区では2022年と2023年に、開聞岳から健康の森の3調査区では2023年に調査をおこなった。

各調査区において、樹齢やサイズに大きな違いがなく、比較的健全に生育している‘染井吉野’10本を調査対象木に定めた。開花時期に1回/週ほどの頻度で訪れ、開花度(すべての花芽に対して開花した花芽数)と散花度(すべての花芽に対して散った花芽数)を目視によって10%単位で記録した。また、目視測定を補うため、各調査区に撮影に適した撮影対象木を1本設定し、自動撮影カメラ(ハンファQセルズジャパン社製 SCURA DVR-Z4)を3~11月に1台設置して2時間毎に撮影し、撮影画像から開花度と散花度を判読した。これらの結果から、自動撮影対象木について、10本の中での違いを評価するとともに、開花

^{*1} Katsuki, T., Kanetani, S., Kedoin, Y., Fukumura, H. and Katanoda, I: Flowering disorder of ‘Somei-yoshino’ at Kagoshima Prefecture in 2022 and 2023.

^{*2} 森林総合研究所九州支所 Kyushu Res. Ctr., For. & Forest Prod. Res. Inst., Kumamoto 860-0862, Japan

^{*3} 鹿児島県森林技術総合センター Kagoshima Pref. Forestry Technology Ctr., Aira 899-5302, Japan

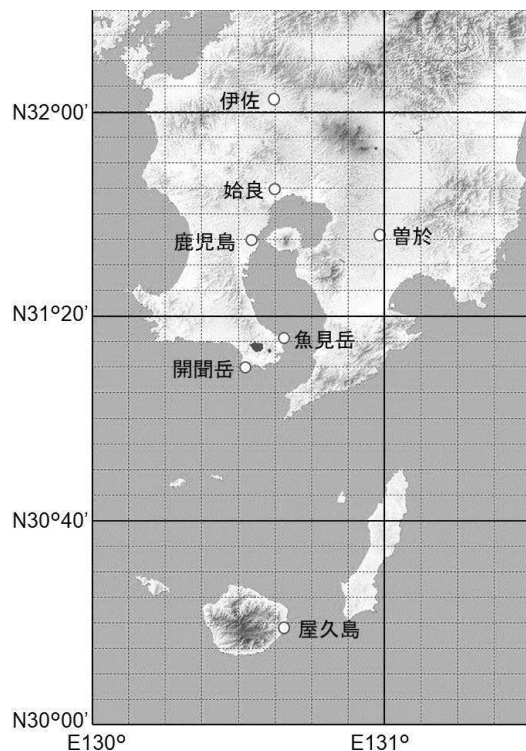


図-1. 鹿児島県に設置した‘染井吉野’調査区

が確認できた開花開始日と開花度が50%となる開花中央日、散花度が50%となる散花中央日、散花が最後に確認できた散花終了日を求めた。また、目視観察から、展葉期との差や花芽・葉芽の発育不良などについて、通常の開花状態との違いについて検討した。さらに、2022年10月21~22日に伊佐から開聞岳の6調査区で秋の開花の状態を目視測定するとともに、自動撮影画像から落葉時期について判読した。

低温刺激と開花期間の関係について検討するため、朝倉ほか(2010)にしたがい、チルユニットがプラスとなる最低温度 T_d と最高温度 T_u 、打ち消し効果の程度 m はそれぞれ -6°C 、 14°C 、 -0.2 とし、毎時の気温 $T(^{\circ}\text{C})$ に対して以下の式から毎時のチルユニット $C(T)$ を求めた。

$$T < T_d \quad C(T) = 0$$

$$T_d \leq T < T_u \quad C(T) = \frac{4(T_u - T)(T - T_d)}{(T_u - T_d)^2}$$

$$T_u \leq T \quad C(T) = m$$

毎時のチルユニット $C(T)$ を積算していくと、秋から増加を始め、春に低下するようになる。朝倉ほか(2010)では積算チルユニットを9月1日から積算しているが、高温域での打ち消し効果により積算値がマイナスになる場合はその値をゼロとしている。本稿では秋に積算値が増加を始めた日から、春の積算値が低下を始める日までの値を最大積算チルユニット $CS_{\max}$ とし、各調査区の $CS_{\max}$ と開花状態の関係について検討した。

なお、各調査区と気象庁の観測点は離れていて正確な気温を示していない場合があったため、気温データは農研機構メッシュ農業気象データ (<https://amu.rd.naro.go.jp/>) を利用した。ただし、

メッシュ農業気象データでは、毎時の気温はなく、日平均気温 T_{ave} と日最高気温 $T_{\max}$ 、日最低気温 $T_{\min}$ が提供されている。そこで、竹村ほか(2021)を参考にして、各調査区に近い気象庁観測の「大口」(伊佐市)と「溝辺」(霧島市)、「鹿屋」(鹿屋市)、「鹿児島」(鹿児島市)、「指宿」(指宿市)、「屋久島」(屋久島町)の毎時の気温データを利用して、これらの観測点の2021~2023年の10~4月の毎時の気温データから得た日積算チルユニット CS_d について、日平均気温と日最高気温、日最低気温から求める計算式を重回帰分析から求め、各調査区の CS_d を推定した。なお、安房墓地和健康の森は近接しており、メッシュ農業気象データで同じメッシュに位置するため、 CS_d は屋久島としてまとめて取り扱った。

Ⅲ. 結果

自動撮影カメラの画像については、適切な距離と向き、好天時に撮影された画像から、明瞭な開花状態が判別された(図-2)。雨天時は明瞭な画像が得られなかったが、観測期間中、2日連続でまったく鮮明な画像が得られなかったケースはなかった。目視観測と画像判読との差は、通常の開花開始日と開花中央日とおおよそ1~2日であった。また、目視観測において、各調査区内の10個体間の開花度と散花度の差は、おおむね最大10パーセントポイント程度で、開花中央日に違いが出るものではなかった。この結果、1~2日の高い精度で通常の開花開始日と開花中央日を求めることが可能と判断した。



図-2. 始良における2022年3月20日(左上)と25日(右上)、30日(左下)、4月4日(右下)の自動撮影画像

一方、散花中央日と散花終了日については、展開した葉に花が遮られて、正確な画像判読は困難であった。さらに、後述するように、安房墓地和健康の森では発育不良で開花しなかった花芽が半分ほどあったと思われる、こうした場合にも正確な画像判読は困難であった。

2022年の5調査区と2023年の8調査区の開花期間は、目視測定と自動撮影画像から、表-1のように推定した。2022年の5調査区において、開花中央日は3月23~25日で、展葉期が開花期と重なる調査区が見られたものの、その他は特段の異常は確認さ

表-1 各調査区の2022年と2023年の開花期間と最大積算チルユニット CS_{max} 、推定休眠解除日 D_{ec}

調査年	調査区	開花 開始日	開花 中央日	散花 中央日	散花 終了日	CS_{max}	D_{ec}
2022	伊佐	3/20	3/25	4/2	4/21	2492	1/26
	始良	3/20	3/24	4/3	4/22	2059	2/9
	曾於	3/20	3/25	4/3	4/25	2020	2/13
	鹿児島	3/18	3/23	4/3	4/22	1592	3/1
	魚見岳	3/19	3/23	4/1	4/19	1722	2/25
2023	伊佐	3/22	3/26	4/2	5/1	2180	1/30
	始良	3/22	3/26	4/6	5/1	1717	2/21
	曾於	3/23	3/26	4/6	4/20	1660	2/25
	鹿児島	3/23	3/30	4/8	4/30	1283	—
	魚見岳	3/22	3/25	4/4	4/30	1341	—
	開聞岳	3/23	4/7	4/12	4/30	1097	—
	安房墓地	4/4	4/20	4/27	5/30	463	—
	健康の森	4/4	4/14	4/23	5/30	—	—

れなかった。一方2023年においては、鹿児島の開花中央日が伊佐・始良・曾於・魚見岳から4～5日遅れて3月30日となったほか、開聞岳が4月7日、健康の森が4月14日、安房墓地が4月20日と大幅に遅れた。また、8調査区のうち曾於を除く7調査区で少数の花が4月中開花し続け、開花の不揃いが確認された(図-3)。5月からは目視による調査を実施しなかったため確認できなかったが、記録上の開花日より遅くまで咲き続けていた可能性がある。また、屋久島の2調査区では5月21日になっても開花が確認された。

2023年の開花状態を観察すると、すべての調査区において、発育不良で開花しない花芽が観察された。伊佐から魚見岳では発育不良の花芽は1%に満たないものであったが、屋久島の2調査区では、40～60%ほどの花芽が開花せずに未開花状態のままであった。花芽だけではなく、葉芽においても同様の発育不良が見られ、頂芽を含む葉芽が展葉せずに夏に枯れた枝も観察された(図-4)。一方、枝の基部の芽鱗痕腋から伸びた不定芽由来のシュートが確認された(図-5)。

また、伊佐から魚見岳の5調査区では、いずれも8～9月にすべての葉が落葉する早期落葉が観察され、落葉後の10～11月に開花が観察された。秋の開花度はいずれの調査区においても低く、5%を上回らなかった。

メッシュ農業気象データの T_{ave} と T_{max} T_{min} から、 CS_d を推定するため、「大口」と「溝辺」、「鹿屋」、「鹿児島」、「指宿」、「屋久島」の2021～2023年の10～4月の毎時の気温データのうち、欠測および日最低気温が14℃を上回る日を除いた1,931セットのデータを用いて重回帰分析をおこなったところ、以下の重回帰式で決定係数0.9854の高い相関性が示された。なお、いずれの変数も $P < 0.05$ で有意であった。

$$CS_d = 31.30055 - 0.5533 T_{ave} - 0.7278 T_{ave}^2 + 0.5192 T_{ave}^3 - 0.2678 T_{max} + 0.0124 T_{max}^2 - 0.0682 T_{max}^3 + 0.0120 T_{min} + 0.0009 T_{min}^2 - 0.0020 T_{min}^3$$

この重回帰式を用いて、各調査区の CS_d を求め、 CS_{max} および低温積算量が1,450を上回った推定休眠解除日 D_{ec} を算出した(表-1)。なお、 CS_{max} が1,450より低い場合、 D_{ec} は算出してい



図-3. 開花時期が不揃いな‘染井吉野’の花
散った花 (S) と開花中の花 (B)、未開花の花芽 (U) が混在している 2023年4月19日 開聞岳 撮影



図-4. 開花・展葉が遅れた‘染井吉野’の枝
2023年5月14日 安房墓地公園 撮影



図-5. 芽鱗痕腋(白矢印)から伸びた不定芽由来のシュート
2023年6月22日 安房墓地公園 撮影

い。この結果、2022年はいずれの調査区においても CS_{max} が1,450を上回り、 D_{ec} が1月26日～3月1日であった。しかし、2023年は、伊佐、始良、曾於の3調査区の CS_{max} が1,450以上、 D_{ec} が1月30日～2月25日であったが、鹿児島、魚見岳、開聞岳、屋久島の CS_{max} が1,450以下であった。特に屋久島では463と休眠解除に必要な量のわずか32%でしかなかった。

Ⅳ. 考察

本研究では、開花期間を観測するため、目視測定に加え、自動撮影カメラを用いた画像を利用した。目視測定のためには、熟練した同一の観察者が週に2回程度の頻度で観察する必要がある(勝木ほか, 2011)。したがって、目視測定によって多数の調査地で継続して開花期間を観測する事は労力的に困難であるが、自動撮影カメラを用いる事で、1~2日程度の誤差の高い精度で開花中央日を測定できた。この手法を活用する事で、さらに広範囲の開花期間の観測が可能になると考えられた。また、気象庁による生物季節観測は、1953年から全国でおこなわれてきたが、近年は測候所の機械化・無人化にともない、観測地点が減少している。1995年は101地点でサクラの開花日・満開日が観測されていたが、2023年は58地点に減少している。継続して観測データを得るためには、こうした画像データの活用も検討されるべきだろう。

鹿児島県内の開花期間と開花状態について、2022年は特段の異常を確認できなかったが、2023年はいくつかの異常を確認した。観察数が少なく、より多くの観察から検討する必要があるが、これらの異常は積算チルユニットと相関があり、「正常」・「開花の遅延」・「芽の発育不良」の3段階があると判断された。すなわち、伊佐のように十分な低温刺激があると、1月下旬に休眠解除がなされ、正常に開花する。一方、始良と曾於、2022年の鹿児島と魚見岳は、やや不十分な低温刺激で、休眠解除日が2月以降にずれ込み、寒冷な地域より開花が遅延し、開花期と展葉期が重なると考えられる。さらに、2023年の開聞岳や安房墓地、健康の森のように、明らかに不十分な低温刺激だと、開花期間が大幅に遅れるとともに、花芽・葉芽の発育不良が生じる。この段階だと見た目の花数は80%を超えることがなく、「満開とならない開花」となる。2023年の鹿児島と魚見岳は、開花の遅延段階と花芽の発育不良段階の中間的な状態と考えられる。

丸岡・伊藤(2009)は、気象庁の生物季節観測データにおいて、「種子島」や「八丈島」などで「満開とならない開花」があることを指摘している。当時の気象庁の定義では、ある時点で80%以上の花が同時に咲いていなければ、満開とは認められなかった。したがって、「満開とならない開花」とは、開花日が記録されているものの、満開日が記録されていない観測データから導かれた事象であった。本報告で確認された「芽の発育不良」段階では、80%以上の花が同時に咲いておらず、この「満開とならない開花」に相当すると考えられた。ただし、気象庁(2021)が公表した新たな「生物季節観測指針」によると、「咲き揃ったときの約80%以上が咲いた状態を満開という。同時に咲いている状態である必要はなく、散った花も数に入れる。」と定義が変更されており、今後は「満開とならない開花」は記録されないことになる。

一方、低温刺激だけで説明できない異常が確認された。2023年の大部分の調査区で、一部の花に開花の遅延が見られ、不揃いとなった事である。低温刺激が充分ある伊佐においても観察されたことから、その原因は低温刺激ではなく、別の要因と考えられる。伊佐から魚見岳の5調査区では早期落葉と狂い咲きが確認されている。狂い咲きは花芽ができたあとと休眠前に何らかの原因で葉が失われると生じると考えられており(永田, 2002)、休

眠までのプロセスが正常ではなかった花芽があることを示しており、早期落葉によって花芽や葉芽の生育になんらかの障害が生じた可能性が考えられる。また、花芽分化時の高温が花芽発育を抑制することが指摘されている(別府, 2020)。なお、Ito *et al.* (2018)は秋冬の気温上昇によって耐凍性が低下したときに生じる凍害を報告しているが、「染井吉野」では明らかに温暖な調査地で花芽・葉芽の発育不良が観察されているので、異なる現象と考えられる。今後は観察事例を増やし、低温刺激以外の要因の影響について、より詳細に検討する必要がある。

屋久島での観察例は、別の観点から非常に興味深い。沖縄県での「染井吉野」は低温刺激が少ないことから、葉芽が正常に展葉せずに、植えてもすぐに枯れると考えられている(比嘉, 1986)。気象庁の生物季節観測において、2007年まで「種子島」での開花が記録されており、屋久島・種子島あたりが「染井吉野」の生育南限と考えられている(勝木, 2018)。本報告で確かに極めて遅い開花時期であったが、現在の屋久島で開花が確認された記録は貴重と考えられる。また、屋久島の調査対象木は、よく観察すると枝枯れや不定芽由来の枝が見られるものの、夏期の葉量は多く一見健全そうに見える。沖縄県のように枯死に至るケースとより詳細に比較する必要がある。

地球規模での気候変動によって気温が上昇していくと、こうした開花の異常は鹿児島県より北部の地域でも生じ、その頻度も高くなっていくことが予想される。「東京」と「鹿児島」の1月の日最低気温平均の差は1.7℃で(勝木, 2018)、100年後は東京都でも異常が生じている可能性も考えられる。今後は、本研究成果をもとに開花異常のより詳細な実態やその原因を明らかにすることに期待する。

最後に、「染井吉野」は観賞目的で植栽されていることについて考えたい。2023年の鹿児島市においては、調査区だけではなく市内の多くの場所で開花の遅延や花芽の発育不良、展葉期と開花期の重なりが見られ、「お花見」に値する開花状態ではなかった。仮に、管理者がこうした現象を把握しておらず、原因に対応した適切な対策がなされていないのであれば、大きな問題である。農研機構(2019)は、ニホンナシの発芽不良に対して、施肥や土壌改良が有効であることを示している。今後は、剪定や土壌改良、施肥、灌水、落葉遅延処理などの従来の樹勢回復のための手法が、現在さらには将来の環境下でも有効なのか、その効果を検証し、「染井吉野」の開花異常の原因に応じた対策を検討する必要がある。

Ⅴ. 謝辞

本研究において、伊佐市伊佐PR課、曾於市大隅支所地域振興課、鹿児島県立図書館、指宿市観光施設管理課と土木課、屋久島町産業振興課には、調査に便宜を図っていただいた。また、手塚賢至氏と砂川聡氏には、調査に協力していただいた。気象庁には気温と生物季節観測の観測データを、農研機構には農研機構メッシュ農業気象データ(The Agro-Meteorological Grid Square Data, NARO)を利用させていただいた。その他の関係者を含め、この場を借りて感謝する。

引用文献

- 青野靖之・小元敬男 (1990) 農業気象 45: 243-249
- 朝倉利員ほか (2010) 農業気象 66: 269-277
- 別府賢治 (2020) 園芸学研究 19: 219-228
- 比嘉照夫 (1986) 暖地・亜熱帯地方および臨海地域における桜の名所づくりの調査研究 (滝島義之編), 日本花の会, 東京, 42-55
- Ito A *et al.* (2018) Tree Physiology 38: 825-839
- 勝木俊雄 (2015) 桜, 228 pp. 岩波書店, 東京
- 勝木俊雄 (2018) 桜の科学, 191 pp. SBクリエイティブ, 東京
- 勝木俊雄ほか (2011) 森林総合研究所研究報告 10: 7-48
- 気象庁 (2021) URL <https://www.data.jma.go.jp/sakura/data/shishin.pdf> (2023 年 11 月 8 日利用)
- 丸岡知浩・伊藤久徳 (2009) 農業気象 65: 283-296
- 松本 太 (2017) 日生氣誌 54: 3-11
- 永田 洋 (2002) 樹木環境生理学 (永田 洋・佐々木恵彦編), 文永堂出版, 東京, 47-80
- 農研機構 (2019) URL https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/pamphlet/tech-pamph/133380.html (2023 年 11 月 8 日利用)
- 竹村圭弘ほか (2021) 農業生産技術管理学会誌 27: 197-203
(2023 年 11 月 11 日受付; 2024 年 1 月 11 日受理)