

令和 2 年 6 月 8 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2019

課題番号：15K07290

研究課題名(和文) 生態環境の予期せぬ変動がもたらす熱帯果樹の着果不良とそのメカニズムの解剖学的解明

研究課題名(英文) Fruit-set failure in tropical fruit species caused by unexpected ecological climate change and the anatomical resolution of the mechanism

研究代表者

樋口 浩和 (Higuchi, Hirokazu)

京都大学・農学研究科・教授

研究者番号：50303871

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：気温変動による着果不良にはこれまでのところ解決策がなく、不時に襲来すると壊滅的な打撃を免れない。しかし、熱帯果樹の環境条件と開花結実の生理についてはほとんど解明されていなかった。圃場で生殖器官の温度を制御する方法がなかったことが一因と思われる。本研究では、屋外で花器の温度を個別に制御できるペルチェ素子温度制御システムを自作し、圃場で生育する熱帯果樹の花器に取り付け、制御環境下での授精から胚の形態形成のメカニズムを解剖学的に解明した。実験は、研究の本拠がある京都大学と、宮崎、鹿児島、沖縄県、および海外(台湾およびタイ)で行い、チェリモヤ・レイシ・パッションフルーツ・ドリアンで成果を得た。

研究成果の学術的意義や社会的意義

地球環境の変動によって、農作物の生産環境は大きな影響を受けている。このまま温暖化が進行すれば、既存の農作物の産地は作目の変更を余儀なくされるだろう。そのような状況下で農業を続けてゆくには、熱帯果樹を含む幅広い作物の温度応答性、特に影響を受けやすい開花結実の温度応答を理解しておく必要があった。しかしその理解のためには、正確な温度制御が実現できる小型で安価な装置が必要であった。また、果樹類の育成には時間がかかるため、既存の産地で測定と観測を行う必要があった。本研究では、これら両立するために、国内および海外で花器の周りのみの正確な温度制御を試み、これによって貴重な成果を得ることに成功した。

研究成果の概要(英文)：Fruit-set failure problem has so far no solution. We cannot help accepting the destructive damage caused by unexpected climate change when it occurs. However, the environmental effects on the tropical fruit reproductive physiology were not revealed. This was mostly owing to the lacking of useful devices to control microenvironment in the orchard conditions. Thus we manufactured temperature regulating devices using Peltier unit to regulate floral environment precisely in the orchards. The development of the floral organs before and after the pollination was then anatomically observed. The experiments were conducted in southern part of Japan and Thailand. The substantial results were obtained in cherimoya, lychee, passion fruit, durian.

研究分野：熱帯果樹・環境制御・熱帯農学・農業生態学

キーワード：熱帯果樹 生殖生理 温度 農業生態 ドリアン パッションフルーツ チェリモヤ レイシ

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

地球規模の環境変動が叫ばれて久しいが、温暖化の明確な証拠は不十分としても、近年の経験したことのないほどの大雨や洪水、季節変化の変調はとくに熱帯地方で著しいものがある。こうした予測不可能な気候の変化は日本を含む暖温帯やアジア地域でも頻発し、気象条件が長期に比較的安定していた熱帯地域であっても環境と植物の生理反応に関するこれまでの経験や対策が役に立たなくなってきた。今世紀に入ってから、寒波がタイ東部を襲い、開花期にあったドリアンに壊滅的な着果不良をもたらしたことはいまでも記憶に新しいし、開花直前の高温と降雨のためにタイ西部のレイシがほとんど結実しない年もあった。一方、温帯でも温暖化はじわじわと農業に影響し始めており、従来の温帯果樹産地がリスクに晒される反面、熱帯果樹類の栽培が暖地を中心に拡大しようとしている。こうした現状にあって、熱帯果樹に関しては気温や湿度といった環境要因と開花結実の生育反応に関する基礎的な情報が依然不十分のまま放置されている。

### 2. 研究の目的

開花中の予期せぬ気温の変動が近年頻発するようになり、熱帯でも日本のハウス栽培でも熱帯果樹の結実性に大きく影響している。たとえば、熱帯果樹の開花時期は樹種によってさまざまではあるが、気温が低下する乾季初旬に開花するものが多く、しかし気温の日較差が大きい乾季には夜温の急低下がよくおこる。こうした低温も熱帯果樹の結実を妨げる一要因と思われる。気温変動による着果不良にはこれまでのところ解決策がなく、不時に襲来すると壊滅的な打撃を免れない。しかし、熱帯果樹の環境条件と開花結実の生理についてはほとんど解明されていない。圃場で生殖器官の温度を制御する方法がなかったことが一因と思われる。本研究の目的は、屋外で花器の温度を個別に制御できるペルチェ素子温度制御システムを自作し、圃場で生育する熱帯果樹の花器に取り付け、それによって制御環境下での授精から胚の形態形成のメカニズムを解剖学的に解明することである。

### 3. 研究の方法

熱帯果樹の開花期に、圃場条件下で花を自作の小型温度制御箱に入れ、樹体と切り離して花のみを温度制御する。人工受粉または無受粉の処理区を設け、花器の形態形成・受精胚の発達・花粉管の雌蕊内での伸長などを現在の携帯型蛍光顕微鏡および実顕微鏡を用いて解剖学的に観察する。温度制御のための小型温度制御箱を自作するが、このための技術蓄積はすでにある。京都大学の試験圃場でハウス栽培されているチェリモヤ・レイシ・マンゴー・アボカド等の温度制御実験を行う。また、タイ東部のチャンタブリ園芸試験場と協力農家の圃場に栽植されているドリアン・サラッカ等を用いての温度制御実験を、現地に滞在して行う。これらの温度処理実験はさまざまな湿度条件とも組み合わせを行い、その生理反応を評価する。また、雌蕊内の花粉管伸長の観察には、インキュベータ内に用意した培養液に切り花を挿した状態での実験観察を行う。

### 4. 研究成果

2016年には、ペルチェ素子を応用した小型で高精度な温度制御装置を利用して、授粉後の夜間のチェリモヤ花の周辺温度を局所的に制御する実験を行い、温度と受精の関係およびその後の果実の発達と果実品質への影響を明らかにし、1)花周辺温度が10-32度ではすべての花が着果したが、2)果実重や対称性などは17-22度ですぐれ、3)周辺温度8度以下では花粉管の胚嚢内への慎重は大きく抑制されたことおよび4)周辺温度6度以下では開花が遅れたことを報告した(Trop. Agr. Develop. 59: 28-34, 2015)。また、チェリモヤの開花時刻や花粉発芽力に及ぼす開薬前の温湿度の影響を明らかにし、20-25度でもっとも早い時刻(1400-1430)に開花すること、湿度よりも気温によって発芽率は大きく影響を受けることを報告した(Trop. Agr. Develop. 59: 57-62, 2015)。チェリモヤ花粉粒内のデンブン蓄積に関する解剖学的観察をおこない、通説に反して、気温は開薬前の花粉粒デンブンの蓄積に影響せず、デンブンの消長は発芽率に直接関係しないことを明らかにする一方、開薬直前の夜温が発芽率に大きく影響することを指摘した(日本熱帯農業学会第117回講演会 熱帯農業研究8[1]:31-32, 2015)。圃場で採取したばかりの新鮮なレイシ花粉をさまざまな温湿度条件下で保蔵し、保蔵後の花粉発芽力に及ぼす影響を報告した(熱帯農業研究8:43-46)。海外では、ドリアンの受粉に及ぼす夜温の影響を主要な経済栽培品種モントンとチャーニーについて明らかにし、主力輸出品種モントンが低温に敏感に反応して着果が妨げられる傾向が強いことを、ドリアンの世界的産地であるチャンタブリ県(タイ王国)の国際学会で報告した(The International Symposium on Durian and other Humid Tropical Fruits. 2015)。

2017年には、タイのドリアン産地で開薬前後の夜間温度を制御し、花粉発芽率に及ぼす温度の影響を調査した。また、夜温を制御した環境下で、ドリアンの受精がどのような温度応答を見せるのかを試験した。チェリモヤでは、開薬前2日間の気温が花粉の発芽率と開薬直前の花粉デンブンの異化に影響するとされてきたが、もっと短い時間でも気温が花粉発芽率やデンブンの消長に影響する可能性があった。そこで、チェリモヤ花粉粒内のデンブン蓄積に関する解剖

学的観察をおこない、通説に反して、気温は開葯前の花粉粒デンプンの蓄積に影響せず、デンプンの消長は発芽率に直接関係しないことを明らかにする一方、開葯直前の夜温が発芽率に大きく影響することを指摘した。この研究を投稿論文にとりまとめ、公表した(Trop. Agr. Develop. 60(3): 155 - 161, 2016)。レイシの花粉発芽率は温度の影響を強くうけることが示唆されるが、育成地の異なる品種ではその応答性も異なることが予想された。そこで、中国南部・フロリダ・タイの品種の雄性花をさまざまな温湿度条件下で開葯させ、得られた花粉の発芽試験をおこなった。その結果、レイシの開葯に好適な温度/湿度条件は、品種によらず 20°C/≈50% RH であり、‘Chakrapat’ と ‘Bengal’ の花粉発芽率が条件によらず高いことがわかった(熱帯農業研究 9[2]:55-56.)。そのほか、夏季のチェリモヤの人工受粉にアテモヤ花粉を使っても結実不良は改善しないことを明らかにする研究をおこない、熱帯農業学会で発表した(熱帯農業研究 10[1]:31-32.)。

2018年には、タイで行っているドリアン結実と温度応答の品種間差異を明らかにする研究は、異常な低温と多雨により開花数が大幅に減少したため、十分に実施できなかった。レイシの開葯時の温湿度が花粉発芽に及ぼす影響を調査した論文を公表し、15-30度の範囲では高温でよく開葯すること、その範囲では高湿度(60-70%)で発芽率がよいことを指摘した(Trop. Agr. Develop. 61:62-69)。また、ドリアン品種チャーニーはモントン品種に比べて低温での着果性に優れ、15度でも結実することを報告した(Acta Horticulturae 1186: 99-102)。保蔵中のサラッカ花粉の温度と湿度の影響、および雌蕊内での花粉管伸長に及ぼす温度の影響を報告した(熱帯農業研究 10[2]:81-82; 11[1]:21-22)。パッションフルーツの花器に局所的な温度処理を行い、花器単独では36度で高温障害のために受け入れ能力をなくすが、圃場では31度以上で着花しにくくなることを明らかにした。圃場での高温による着花不良は、花器自身の高温阻害だけではないことを指摘した(熱帯農業研究 10[2]:7-8; 11[1]:23-24)。チェリモヤでは、花卉周辺の温湿度を制御して、雌蕊内の花粉管伸長に及ぼす飽差の影響を調査した。その結果、飽差が15 hPa以上となる条件での受粉は好ましくなく、開花直後であってもまだ暑く乾燥した時間帯に受粉するのは望ましくないことを指摘した。また、飽差が15 hPa以上のときには胚珠が萎縮する形態異常がしばしば観察され、飽差15 hPaが28°Cのとき60%以下の相対湿度、24°Cのときでは50%以下の相対湿度に相当することから、夕暮れ以降の人工受粉が望ましいことを裏付けた(熱帯農業研究 11[1]:25-26)。

2019年には、タイで行っているドリアン結実と温度応答の品種間差異を明らかにする研究では、2018/19期の温暖な冬の影響で十分な開花が得られなかったため、着果率を比較する手法から花粉の温度応答に焦点を当てた研究に切り替えた。花粉の温度応答では、品種間差が明確に現れ、主力輸出品種のモントンの低温感受性の高さがあらためて指摘された。同様にタイで行っているサラカヤシの受粉後の高温による受精阻害に関する解剖学的研究では、顕微鏡観察の結果、雌蕊内の花粉管伸長の高温による阻害程度を明らかにし、日本熱帯農業学会第124回講演会(9/29-30日 京都大学)で、成果を公表した。さらに、ランブータンの発芽温度応答を調査し、15以下でまったく発芽しない一方、35以上でも発芽力が衰えないことを示した(熱帯農業研究 11[2]:47-48)。パッションフルーツの開花は高温によって阻害されることが経験によって知られていたが、開花日の高温よりも開花前の高温の影響が強く影響することを明らかにし、その関係をモデルの構築によって明らかにした。また、開花したパッションフルーツの雌蕊の大きさと毎日の最高・最低気温、日射量を記録し、雌蕊の形態と花芽が発達した時期の気温および日射との関係を調査したところ、パッションフルーツの花のサイズや形は温度の影響とともに日射の影響も強く受けることが明らかになった。さらに、毎日の結実率と最高・最低気温との関係を調べ、最高気温が24~34°Cの日に結実率が高いことを明らかにした。ライチでは、季節変化にともなう内生ホルモンの変化を調査した。

2020年には、これまでタイで行っていたドリアン結実と温度応答の品種間差異を明らかにする研究において、輸出の主力品種であるモントンに比べ、現地の比較的ローカルな品種チャーニーの低温耐性が明らかとなった。これはおもに花粉の低温耐性が高かったことに起因するが、その差はわずか1度程度であるものの、その違いが結実性に決定的な影響を及ぼし、最終的な収量を大きく分ける主因であることが分かった(ECB 58(3): 2020, printing)。需要期の夏季の高温が生産性を大きく抑制していることが問題となっているパッションフルーツでは、開花15日前の気温が開花数を左右することが分かった(Trop. Agr. Develop. 64:-- 2020, printing)。さらに、花器の形態における季節的な変異に着目し、温度と日射が形態的な影響を及ぼすことを明らかにした(Trop. Agr. Dev. 64:-- , printing)。また、開花当日の最高最低気温と着果率の関係を詳細に分析し、着果が可能な高温および低温の限界温度を指摘した(Trop. Agr. Dev. 64: 41 - 43, 2019)。さらに、授粉後の低夜温による着果不良の起こる温度帯も同様に特定した(熱帯農業研究 12: 100 - 102, 2019)。パッションフルーツと同様に高温による生産抑制が問題となっているチェリモヤでは、雌性器官の高温耐性の低さの問題を解決するため、近縁で高温に耐性があるとされるアテモヤの花粉に注目し、この花粉の高温耐性とともチェリモヤに受粉した際の高温条件下での結実性および果実品質の評価をおこなったところ、高温耐性は高いものの果実品質はチェリモヤ花粉を用いた場合の方が高いという、キセニアの影響を検出し

た(Trop. Agr. Dev. 63 : 87 - 92)。ライチでも同様に品種によって高温耐性が異なることが知らせていたが、高温に耐性のある Chakrapad と Bengal の花粉を用いて受粉することによって高温条件下でも結実性が高まるかどうかを検証したところ、品種による自家不和合性が多く見つかった(Trop. Agr. Develop. 63 (2): 79 - 82)。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計16件（うち査読付論文 16件／うち国際共著 1件／うちオープンアクセス 14件）

|   |                     |
|---|---------------------|
| 1. 著者名<br>Shota Niwayama and Hirokazu Higuchi*                | 4. 巻<br>88          |
| 2. 論文標題<br>Passion Fruit Quality under Acidic Soil Conditions | 5. 発行年<br>2019年     |
| 3. 雑誌名<br>The Horticulture Journal                            | 6. 最初と最後の頁<br>50-56 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>doi: 10.2503/hortj.0KD-169        | 査読の有無<br>有          |
| オープンアクセス<br>オープンアクセスとしている (また、その予定である)                        | 国際共著<br>-           |

|   |                         |
|---|-------------------------|
| 1. 著者名<br>Niwayama S., Higuchi H.   | 4. 巻<br>1217            |
| 2. 論文標題<br>Effects of soil pH on the root growth of passion fruit and the mechanism of mineral uptake | 5. 発行年<br>2018年         |
| 3. 雑誌名<br>Acta Horticulturae  | 6. 最初と最後の頁<br>111 ~ 120 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.17660/ActaHortic.2018.1217.14  | 査読の有無<br>有              |
| オープンアクセス<br>オープンアクセスとしている (また、その予定である)  | 国際共著<br>-               |

|   |                       |
|---|-----------------------|
| 1. 著者名<br>Hiroshi MATSUDA, Hirokazu HIGUCHI*  | 4. 巻<br>61            |
| 2. 論文標題<br>Effects of Temperature and Humidity on Lychee (Litchi chinensis Sonn.) Pollen Germination during Anther Dehiscence | 5. 発行年<br>2017年       |
| 3. 雑誌名<br>Trop. Agr. Develop.   | 6. 最初と最後の頁<br>62 - 69 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>なし  | 査読の有無<br>有            |
| オープンアクセス<br>オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難  | 国際共著<br>-             |

|   |                        |
|---|------------------------|
| 1. 著者名<br>N. Kozai and T. Ogata, H. Higuchi, O. Chusri, T. Chutinanthakun, and S. Tongtao | 4. 巻<br>1186           |
| 2. 論文標題<br>Durian 'Chanee' flowers set fruits even at 15 oC night-temperature             | 5. 発行年<br>2017年        |
| 3. 雑誌名<br>Acta Horticulturae  | 6. 最初と最後の頁<br>99 - 102 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>なし  | 査読の有無<br>有             |
| オープンアクセス<br>オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難  | 国際共著<br>該当する           |

|  |                       |
|--|-----------------------|
| 1. 著者名<br>Hiroshi MATSUDA, Hirokazu HIGUCHI , and Tatsushi OGATA   | 4. 巻<br>60            |
| 2. 論文標題<br>Anatomical Observations of Pollen Starch Accumulation and Pollen Germinability as Affected by Pre-anthesis Night Temperatures in Cherimoya ( <i>Annona cherimola</i> Mill.) | 5. 発行年<br>2016年       |
| 3. 雑誌名<br>Trop. Agr. Develop.  | 6. 最初と最後の頁<br>155-161 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>なし   | 査読の有無<br>有            |
| オープンアクセス<br>オープンアクセスとしている (また、その予定である)   | 国際共著<br>-             |

|   |                     |
|---|---------------------|
| 1. 著者名<br>Hiroshi MATSUDA, Hirokazu HIGUCHI, and Tatsushi OGATA   | 4. 巻<br>59          |
| 2. 論文標題<br>Sectional Temperature Control and Anatomical Study for Critical Post-pollination Night Temperatures to Prevent Fruit Set Failure in Cherimoya ( <i>Annona cherimola</i> Mill.) | 5. 発行年<br>2015年     |
| 3. 雑誌名<br>Tropical Agriculture and Development  | 6. 最初と最後の頁<br>28-34 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>なし  | 査読の有無<br>有          |
| オープンアクセス<br>オープンアクセスとしている (また、その予定である)  | 国際共著<br>-           |

|  |                     |
|--|---------------------|
| 1. 著者名<br>Hiroshi MATSUDA and Hirokazu HIGUCHI   | 4. 巻<br>59          |
| 2. 論文標題<br>Effects of Temperature and Humidity Conditions on Anthesis and Pollen Germinability of Cherimoya ( <i>Annona cherimola</i> Mill.) | 5. 発行年<br>2015年     |
| 3. 雑誌名<br>Tropical Agriculture and Development   | 6. 最初と最後の頁<br>57-62 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>なし   | 査読の有無<br>有          |
| オープンアクセス<br>オープンアクセスとしている (また、その予定である)   | 国際共著<br>-           |

|  |                     |
|--|---------------------|
| 1. 著者名<br>松田大志・樋口浩和  | 4. 巻<br>8           |
| 2. 論文標題<br>レイシ ( <i>Litchi chinensis</i> Sonn.) 花粉の発芽力に及ぼす保蔵温度と湿度の影響 | 5. 発行年<br>2015年     |
| 3. 雑誌名<br>熱帯農業研究   | 6. 最初と最後の頁<br>43-46 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>なし                                       | 査読の有無<br>有          |
| オープンアクセス<br>オープンアクセスとしている (また、その予定である)                               | 国際共著<br>-           |

|  |                   |
|--|-------------------|
| 1. 著者名<br>松田大志・北村 葵・樋口浩和                                       | 4. 巻<br>12        |
| 2. 論文標題<br>本州中部で施設栽培したレイシ (Litchi chinensis Sonn.) の果実品質の品種間比較 | 5. 発行年<br>2019年   |
| 3. 雑誌名<br>熱帯農業研究   | 6. 最初と最後の頁<br>1-7 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>なし                                 | 査読の有無<br>有        |
| オープンアクセス<br>オープンアクセスとしている (また、その予定である)                         | 国際共著<br>-         |

|  |                     |
|--|---------------------|
| 1. 著者名<br>MATSUDA, Hiroshi and Hirokazu HIGUCHI  | 4. 巻<br>63          |
| 2. 論文標題<br>Effects of the Pollen Parent on the Fruit Set and Seed Type of 'Bengal', 'Chakrapat', and 'Tai So' Lychee Cultivars | 5. 発行年<br>2019年     |
| 3. 雑誌名<br>Trop. Agr. Develop.  | 6. 最初と最後の頁<br>79-82 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>なし   | 査読の有無<br>有          |
| オープンアクセス<br>オープンアクセスとしている (また、その予定である)   | 国際共著<br>-           |

|  |                     |
|--|---------------------|
| 1. 著者名<br>MATSUDA, Hiroshi and Hirokazu HIGUCHI                            | 4. 巻<br>63          |
| 2. 論文標題<br>Effects of the Pollen Parent on Cherimoya Fruit Set and Quality | 5. 発行年<br>2019年     |
| 3. 雑誌名<br>Trop. Agr. Develop.  | 6. 最初と最後の頁<br>87-92 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>なし   | 査読の有無<br>有          |
| オープンアクセス<br>オープンアクセスとしている (また、その予定である)                                     | 国際共著<br>-           |

|  |                       |
|--|-----------------------|
| 1. 著者名<br>松田大志・樋口浩和・緒方達志               | 4. 巻<br>12            |
| 2. 論文標題<br>受粉後の低夜温がパッションフルーツの結実に及ぼす影響  | 5. 発行年<br>2019年       |
| 3. 雑誌名<br>熱帯農業研究                       | 6. 最初と最後の頁<br>100-102 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>なし         | 査読の有無<br>有            |
| オープンアクセス<br>オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著<br>-             |

|   |                     |
|---|---------------------|
| 1. 著者名<br>MATSUDA, Hiroshi and Hirokazu HIGUCHI   | 4. 巻<br>64          |
| 2. 論文標題<br>Relationship between Passion Fruit Set and Maximum and Minimum Temperatures on the Day of Anthesis | 5. 発行年<br>2019年     |
| 3. 雑誌名<br>Trop. Agr. Develop.   | 6. 最初と最後の頁<br>41-43 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>なし  | 査読の有無<br>有          |
| オープンアクセス<br>オープンアクセスとしている (また、その予定である)  | 国際共著<br>-           |

|  |                        |
|--|------------------------|
| 1. 著者名<br>MATSUDA, Hiroshi and Hirokazu HIGUCHI                | 4. 巻<br>64             |
| 2. 論文標題<br>Seasonal Changes in Passion Fruit Floral Morphology | 5. 発行年<br>2019年        |
| 3. 雑誌名<br>Trop. Agr. Develop.                                  | 6. 最初と最後の頁<br>printing |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>なし                                 | 査読の有無<br>有             |
| オープンアクセス<br>オープンアクセスとしている (また、その予定である)                         | 国際共著<br>-              |

|   |                        |
|---|------------------------|
| 1. 著者名<br>MATSUDA, Hiroshi and Hirokazu HIGUCHI   | 4. 巻<br>64             |
| 2. 論文標題<br>Effect of Temperatures on Passion Fruit Flowering: A Simulation Model to Estimate Number of Flowers. | 5. 発行年<br>2019年        |
| 3. 雑誌名<br>Trop. Agr. Develop.   | 6. 最初と最後の頁<br>printing |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>なし  | 査読の有無<br>有             |
| オープンアクセス<br>オープンアクセスとしている (また、その予定である)  | 国際共著<br>-              |

|  |                        |
|--|------------------------|
| 1. 著者名<br>Naoko KOZAI and Hirokazu HIGUCHI   | 4. 巻<br>58             |
| 2. 論文標題<br>Effect of temperature before and after pollination on pollen function in 'Chanee' durian. | 5. 発行年<br>2020年        |
| 3. 雑誌名<br>Environmental Control in Biology   | 6. 最初と最後の頁<br>printing |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>なし   | 査読の有無<br>有             |
| オープンアクセス<br>オープンアクセスとしている (また、その予定である)   | 国際共著<br>-              |



〔学会発表〕 計12件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 3件）

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>*松田大志1, 2・宮地尚樹1・岡部公則1・樋口浩和1     |
| 2. 発表標題<br>サラカヤシの受粉後の高温による受精阻害に関する解剖学的研究   |
| 3. 学会等名<br>日本熱帯農業学会第124回講演会（9/29-30日 京都大学） |
| 4. 発表年<br>2018年                            |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>香西直子1・島田温史1・緒方達志2                        |
| 2. 発表標題<br>ランブータン花粉の溶液保存が花粉発芽率に及ぼす影響                |
| 3. 学会等名<br>日本熱帯農業学会第124 回講演会、2018年9月29-30日、京都（京都大学） |
| 4. 発表年<br>2018年                                     |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Y. Osako1, H. Yamane1, a, S.Y. Lin2, P.A. Chen3, M. Gao-Takai4, H. Higuchi1, and R. Tao1 |
| 2. 発表標題<br>INVESTIGATION OF ENDOGENOUS PHYTOHORMONE CONTENTS IN MALE AND FEMALE LITCHI FLOWERS      |
| 3. 学会等名<br>VII International Symposium on Tropical and Subtropical Fruits 2018 (国際学会)               |
| 4. 発表年<br>2018年   |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Naoko Kozai1, Orwintinee Chusri2, Atsushi Shimada1, Tatsushi Ogata3              |
| 2. 発表標題<br>Effect of Foliar Spray of NAA and Paclobutrazol on Vegetative Growth of Rambutan |
| 3. 学会等名<br>VII International Symposium on Tropical and Subtropical Fruits (国際学会)            |
| 4. 発表年<br>2018年   |

|                                       |
|---------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>松田大志・宮地尚樹・樋口浩和             |
| 2. 発表標題<br>サラカヤシの花粉発芽に及ぼす保蔵中の温度と湿度の影響 |
| 3. 学会等名<br>熱帯農業研究                     |
| 4. 発表年<br>2017年                       |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>岡部公則・松田大志・樋口浩和                |
| 2. 発表標題<br>受粉日の花器の局所的な高温処理とパッションフルーツの着果率 |
| 3. 学会等名<br>熱帯農業研究                        |
| 4. 発表年<br>2017年                          |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>松田大志・宮地尚樹・樋口浩和                  |
| 2. 発表標題<br>受粉後の温度条件がサラカヤシの雌蕊内での花粉管伸長に及ぼす影響 |
| 3. 学会等名<br>熱帯農業研究                          |
| 4. 発表年<br>2018年                            |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>岡部公則・松田大志・樋口浩和              |
| 2. 発表標題<br>パッションフルーツの花器の高温阻害に関する解剖学的研究 |
| 3. 学会等名<br>熱帯農業研究                      |
| 4. 発表年<br>2018年                        |

|                                     |
|-------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>村井香奈・松田大志・樋口浩和           |
| 2. 発表標題<br>チェリモヤの雌蕊内の花粉管伸長に及ぼす飽差の影響 |
| 3. 学会等名<br>熱帯農業研究                   |
| 4. 発表年<br>2018年                     |

|                                     |
|-------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>松田大志・樋口浩和                |
| 2. 発表標題<br>レイシの開葯と花粉発芽力に及ぼす温度と湿度の影響 |
| 3. 学会等名<br>日本熱帯農業学会第120回講演会         |
| 4. 発表年<br>2016年                     |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>松田大志・樋口浩和                           |
| 2. 発表標題<br>夏季のチェリモヤの人工受粉にアテモヤ花粉を使っても結実不良は改善しない |
| 3. 学会等名<br>日本熱帯農業学会第121回講演会                    |
| 4. 発表年<br>2017年                                |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Naoko Kozai, Chusri Orwintinee, Theerawut Chutinanthakun, Sombat Tongtao, Hirokazu Higuchi, and Tatsushi Ogata |
| 2. 発表標題<br>'Monthong' durian does not set fruit at 15C night temperature while 'Chanee' does                              |
| 3. 学会等名<br>The International Symposium on Durian and other Humid Tropical Fruits (国際学会)                                   |
| 4. 発表年<br>2015年   |

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

|               | 氏名<br>(ローマ字氏名)<br>(研究者番号)                    | 所属研究機関・部局・職<br>(機関番号)  | 備考 |
|---------------|--|--|----|
| 研究<br>分担<br>者 | 香西 直子<br><br>(Kozai Naoko)<br><br>(90588584) | 国立研究開発法人国際農林水産業研究センター・熱帯・島嶼<br>研究拠点・主任研究員<br><br><br><br>(82104) |    |