

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年5月31日現在

機関番号：17701

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2010～2012

課題番号：22580036

研究課題名（和文） 温暖化最前線・南九州～島嶼のタンカンの生理的特性解明と高品質安定生産技術の確立

研究課題名（英文） Development and diffusion of stable production methods of high quality fruit of tankan (Citrus tankan Hayata) grown in the area from Southern Kyushu to Amami Islands under anathermal climate

研究代表者

富永 茂人 (TOMINAGA SHIGETO)

鹿児島大学・農学部・教授

研究者番号：90164029

研究成果の概要（和文）：(1) 南九州～奄美大島のタンカンでは、植え付け後数年間は樹体発育を主体にするカラタチ台苗木と若木から結実させるシトレンジおよびシトルメロ台苗木を組み合わせた植栽が望ましい。(2) ①摘果技術によって、葉数4～5枚の有葉果の適正結果で高品質果実の安定生産が可能である。②直径5mm程度の中根のデンプン含量を適正着果の指標として用いることが可能である。(3) ①奄美大島では、高品質果実の安定生産のための最終摘果時期は10月中下旬であり、それ以前では果実が大きく、品質がやや低下すること、それ以降では翌年の着花が不良になる。

研究成果の概要（英文）：(1) Mixed planting of tankan on devigorated rootstocks of trifoliolate orange and vigorating rootstocks of citrange or citrumelo is recommended in the area from Southern Kyushu to Amami Islands. For trifoliolate orange rootstocks, it is better to promote vegetative growth and to suppress flowering as well as fruit setting in early stage after planting. On the other hand, it is important to cultivate reproductive growth with flower and fruit set in early stage for citrange or citrumelo rootstocks. (2) It is possible to achieve the stable production of high quality fruits for long years by setting the fruitlets with 3 to 4 peduncle leaves and avoiding heavy crops by thinning. And it is shown that starch content in the middle roots of about 5mm diameter can be used as the index of the optimum fruit setting. (3) In Amami Islands, the climate of which is subtropical, the thinning of tankan must be performed in the middle to late October for annual bearing of high quality. It was found that thinning done earlier than that could yield excessively large and low quality fruit. Delayed thinning could result in low flower bearing in the next year.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	2,200,000	660,000	2,860,000
2011年度	700,000	210,000	910,000
2012年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	3,600,000	1,080,000	4,680,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：農学・園芸学・造園学

キーワード：温暖化最前線・南九州～島嶼・タンカン・生理的特性・安定生産・着花・結実・炭水化物

## 1. 研究開始当初の背景

気候温暖化の進展により、南九州地域の主要果樹であるカンキツ類のうちウンシュウミカンや不知火などの中晩生カンキツ類の高品質果実の安定生産が困難になっている。一方、栽培適温が17.5～21℃であるタンカン (*Citrus tankan*) はこれまでの主産地、奄美群島や屋久島等の南西島嶼から南九州地域 (鹿児島県南部の枕崎市・南さつま市、肝付町、南大隅町) に栽培が拡大している。

しかし、温暖多雨な気象条件である奄美大島、屋久島という主産地 (両地域で合計600ヘクタールの産地がある) と温暖化の進展に伴い栽培が増加してきた南九州地域におけるタンカンの生理生態的特性の解明については、研究代表者のグループのみが研究を行い、成果を上げてきたが、未だに研究途中である。

タンカンにおいても気候変動などに起因する着花不良や結実不安定、隔年結果、冬季の異常落葉、果実品質の不安定などは栽培拡大の阻害要因となっており、温暖化などとタンカンの生理生態的特性についての関係を解明し、南九州～奄美地域 (屋久島町を含む) のタンカン栽培において、高品質果実の連年安定生産技術の確立することは極めて重要であり、本研究で得られる成果は今後20～30年後の南九州～奄美地域におけるカンキツ産業の維持・発展に寄与するものと期待される。

## 2. 研究の目的

本研究は、温暖化最前線である南九州～南西島嶼 (奄美地域) で栽培が盛んな‘温暖化適応型カンキツ’であるタンカンについて、生理生態的特性を明らかにすることによって、温暖化がカンキツ類の栽培生理に及ぼす影響について解明するとともに、南九州～奄美地域の栽培現場で発生している問題を克服し、南九州～南西島嶼地域のタンカンにおける高品質安定生産技術の確立を目的としている。

具体的な試験は、鹿児島市、屋久島町および奄美大島において以下の様な試験を行った。

### (1) 温暖化条件下での適正台木選抜試験

(2) 温暖化条件下での隔年結果の防止と高品質果実の連年・安定生産技術の確立試験：  
①高品質果実の安定生産技術の確立を目的とした摘果試験、②連年結実のための着果負担試験、③高品質果実の連年安定生産技術の確立を目的とした最終摘果時期の試験

上記の様な試験を行い、得られた結果を南九州～南西島嶼のタンカン栽培現場に普及

する。

## 3. 研究の方法

(1) タンカンの適正台木選抜試験 (平成19年～25年) : カンキツ属 (*Citrus*) の‘クレオパトラマンダリン’、‘クサ’、‘シークワシャー’、‘赤ミカン’、‘コズ’、‘黒島ミカン’、カラタチ属 (*Poncirus*) の‘カラタチ’、‘ヒリュウ’、属間雑種の‘トロイヤートレンジ’、‘トマスセビルシトレンジカット’、‘C32シトレンジ’、C55シトレンジ’、‘スウイングルシトルメロ’、‘キャリジーシトレンジ’および‘タンカン’の15種類の台木に対して、平成19年4月にタンカン‘垂水1号’の穂木を茎頂接ぎ木して育成した苗木を屋久島町試験園には平成22年3月に、鹿児島大学農学部附属唐湊果樹園には平成23年3月にそれぞれ3樹反復で植栽した。すなわち、植え付け時の樹齢は屋久島町試験園では4年生、唐湊果樹園では5年生である。その後、毎年、樹体の発育と着花、結実、果実の発育と品質について調査を行った。

(2) 隔年結果の防止と高品質果実の連年・安定生産技術の確立試験

①タンカンにおける着葉数別の果実発育と果実品質：鹿児島大学農学部附属唐湊果樹園植栽の2 (平成22～23年) 9年生シークワシャー台のタンカン‘垂水1号’3樹を供試し、平成22および23年の生理落果終了後に、各樹から着葉数0枚 (直花)、2枚、4枚、6枚、8枚の幼果のそれぞれ10果ずつにラベルをつけ、収穫時の2月まで、毎月1回果実の横径と縦径を測定することにより、果実発育を調査した。さらに、2月の収穫時には果実品質も調査した。

②タンカンにおける着果負担と根の炭水化物含量との関係 (平成23年) : 奄美市の現地農家圃場の20年生カラタチ台タンカン23樹を供試し、平成24年2月時点で、5水準の着果負担 (少=1～多=5) により樹を区別し、それぞれの樹から根を採取した。採取した根は太さ別に細根 (直径2mm以下)、中根 (直径2mm～5mm) および太根 (直径5mm以上) に分け、乾燥後、乾物率と炭水化物組成・含量を測定した。

③タンカンの着果負担と果実の発育と品質および翌年の着花量との関係 (平成24～25年) : 鹿児島大学農学部附属唐湊果樹園において不織布ポット植栽の3年生カラタチ台タンカン45樹を供試し、着果負担を葉果比で100、200、300、400および0 (不結実) の5段階に分け、9樹反復で無作為に割り振った。摘果は生理落果終了後の平成24年9月18日に各樹が設定した葉果比になるように行った。その後、1月31日まで果実の発育を毎月調査した。1月31日には果実を収穫し、果実品質を調査した。さらに、平成25年4月に

は着花量を調査した。

④摘果時期の早晚と果実の肥大・品質と翌年の着花量の関係（平成24～25年）：奄美市の現地農家圃場の21年生カラタチ台タンカン9樹を供試し、処理区は最終摘果時期により10月下旬摘果区、11月上旬摘果区および11月下旬摘果区の3処理区とした。平成25年1月26日には各樹の全果実を収穫し、選果し、階級別果実割合と果実品質を調査した。さらに、平成25年4月6日には、着花量を調査した。

#### 4. 研究成果

(1) タンカンの適正台木選抜試験（平成19年～25年）：

屋久島試験圃植栽のタンカンの台木別の樹高の推移を図1に示した。樹高からみた台木別の樹体発育はカラタチ、ヒリュウ、C55シトレンジ、トマスセビルシトレンジカット、シングルシトルメロで低く、クレオパトラマンダリン、シークワシャー、赤ミカン、コズ、黒島ミカン、トロイヤーシトレンジおよびキャリゾーシトレンジで良好であった（図1）。

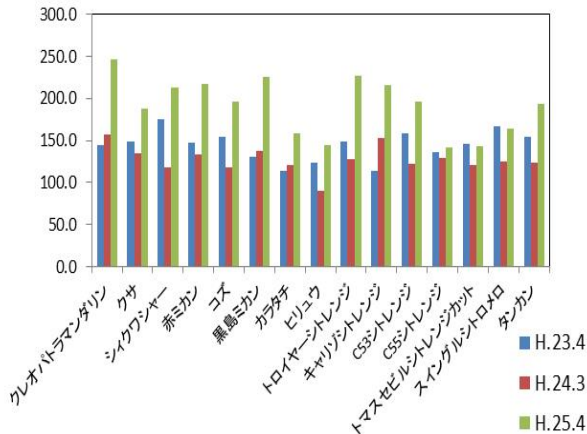


図1 台木別タンカンの樹高 (cm) の推移（屋久島試験圃、H. 23～25）

平成24年（6年生）の旧葉100枚当たりの着花量はカラタチが多く、次いで、C55シトレンジ、シングルシトルメロの順であり、クレオパトラマンダリン、シークワシャー、赤ミカン、コズ、黒島ミカンではほとんど着花しなかった（図2）。

平成24年度（6年生）の果実品質（H. 25. 2. 1採取）についてみると、糖度（Brix）はクレオパトラマンダリン、クサ、赤ミカン、C53シトレンジシングルシトルメロのタンカンで低く、トロイヤーシトレンジ、キャリゾーシトレンジ、ヒリュウ、C55シトレンジ、トマスセビルシトレンジカットで高かった。滴定酸含量はカラタチ、シングルシトルメロ

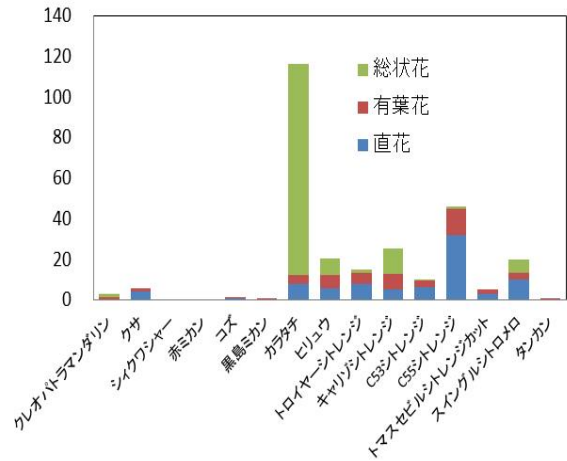


図2 台木別タンカンの旧葉100枚当たり着花数（屋久島試験圃、H. 24）

で高く、キャリゾーシトレンジ、タンカンで低かった（図3）。

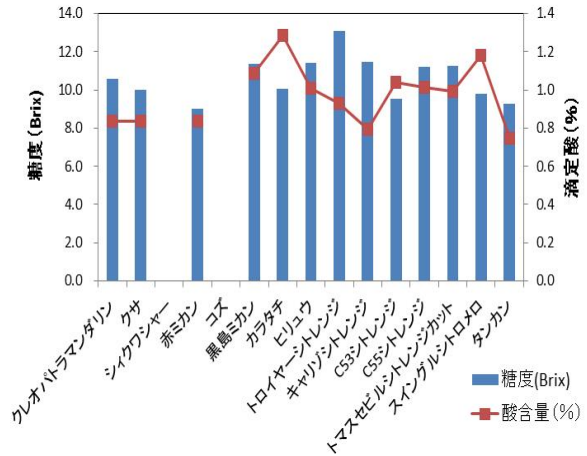


図3 台木別タンカンの果実品質（糖度、滴定酸）（屋久島試験圃、H. 24）

以上のように、我が国のカンキツで従来から広く使用されているカラタチ台では6年生と若い樹齢では着花が多いが、樹体の成長は弱いこと、それに対して、トロイヤーシトレンジやキャリゾーシトレンジでは初期生育が比較的旺盛であるが、樹齢が若い時には着花が少ないことが明らかであった。その他の、クレオパトラマンダリンやシークワシャーなどの強勢台では初期生育は良好であるが、着花がほとんど見られないこと、果実品質が低いことが示された。

一方、カラタチ台では、上記のように若木から着花が認められるものの、樹勢が極端に低下し、葉は黄化・落葉することが観察された（写真1）。



写真1 着花・結実し、樹勢が極端に低下したカラタチ台タンカン若木（屋久島試験園、H. 24）

以上のことから、南九州～奄美大島のタンカン栽培では、植え付けてから数年は樹体発育を主体にするカラタチ台苗木と若木から結実させるシトレンジおよびシトルメロ台苗木を組み合わせた植栽が望ましいことを示した。

(2) 隔年結果の防止と高品質果実の連年・安定生産技術の確立試験（平成23～25年）

①タンカンにおける着葉数別の果実発育と果実品質（H. 23年～24年）

タンカンの果梗枝の着葉数別の果実肥大をみると、4枚以上の葉数で優れた（図4）。

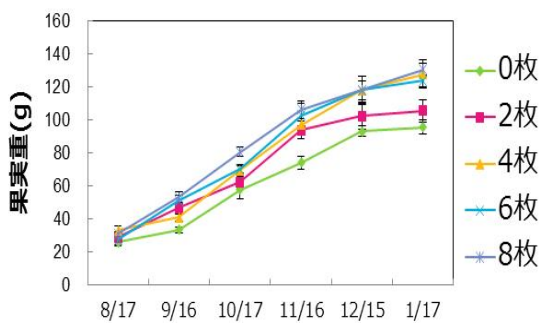


図4 果梗枝の着葉数別の果実発育（H. 23）

果実の糖度（Brix）は着葉数4枚以上の果実で高い傾向にあり、滴定酸含量（%）は着葉数4枚以上の果実で低く推移する傾向にあった（図5）。

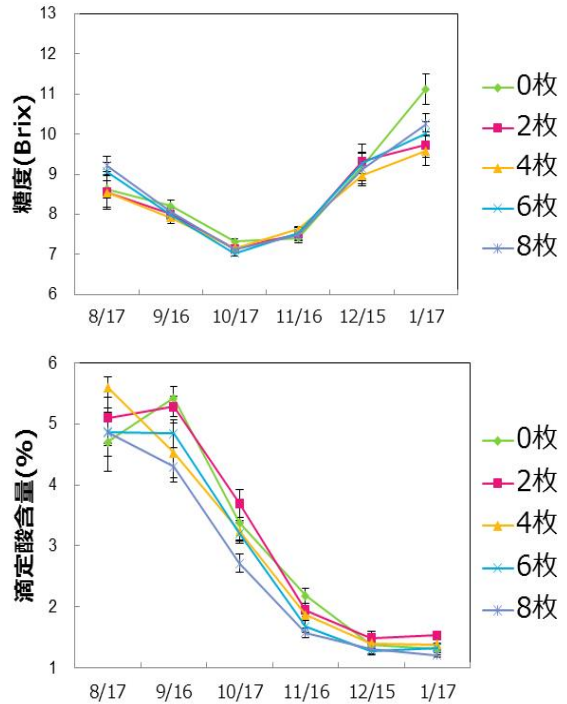


図5 果梗枝の着葉数別の果実の糖度（Brix）と滴定酸（%）の推移（H. 23）

以上のことから、タンカン栽培では、果実の発育が優れ、糖度（Brix）や滴定酸含量（%）からみて高品質果実の生産のためには、着葉数4枚以上の有葉花を中心に結実させること、そのためには直花（着葉数0枚；研究代表者からは過去の研究で、ほとんど結実しないことを明らかにしている）～着葉数3枚までの有葉花を重点的に摘果することが望ましいことが明らかになった。また、着葉数8枚の有葉花は開花が極端に遅くなることから、結実させないことが望ましい。

②タンカンにおける着果負担と根の炭水化物含量との関係（平成23年）

奄美大島の現地農家圃場で行った着果負担を少(1)～極多(5)の5水準とした場合、果実の発育および糖度(Brix)および滴定酸含量からみた果実品質には大きな差は無かった(図表示せず)。しかし、翌年の樹勢には大きな差が見られ、前年の着果負担が強いほど、樹勢は低く、着果負担が極多(5)の場合には樹勢弱(1)以下と極端に低下した(図6)。



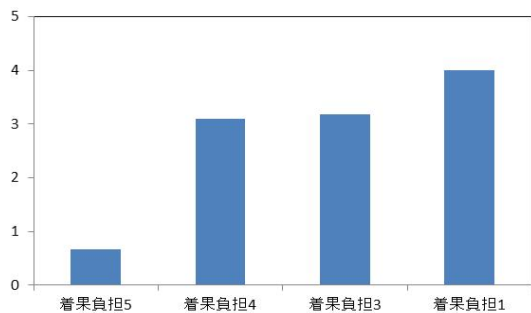


図6 前年の着果程度が翌年の樹勢に及ぼす影響(奄美大島、H. 23. 6 調査、樹勢：弱 (1) ~強 (5) )

前年の着果負担が翌年の着花量に及ぼす影響について調査したが、前年の着果負担が大きいほど着花は少なかった(図表示せず)。次いで、前年の着果負担と部位別の炭水化物含量について調査したところ、還元糖と全糖含量は根に比べて、大幅に高い含量であり、しかも着果負担による差異は明確で無かった(図表示せず)。一方、デンプン含量は、根における含量が高くなった。特に、太根(直径5mm以上)のデンプン含量は着果負担の程度による明確な差が認められた(図7)。

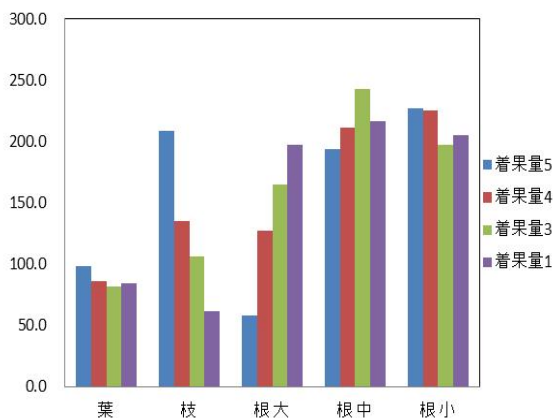


図7 前年の着果程度が樹体の部位別炭水化物含量(mg/g・DW)に及ぼす影響(奄美大島、H. 24. 2 採取、樹勢樹勢：弱 (1) ~強 (5) )

以上のことから、タンカンにおいては過度の着果負担は樹勢を低下させ、翌年の着花を減少させること、着果負担の程度は太根のデンプン含量に大きく影響し、太根のデンプン含量を適正着果の指標として用いることができる可能性があることを示した。

③タンカンの着果負担と果実の発育と品質および翌年の着花量との関係(平成24~25

年)

鹿児島大学農学部附属唐湊果樹園において不織布ポット植栽の3年生カラタチ台タンカンを供試し、着果負担を葉果比で100、200、300、400および0(不結実)の5段階に分けて試験を行った結果、着果負担が小さい順、すなわち葉果比400>300>200>100の順に果実横径は大きくなった(図8)。

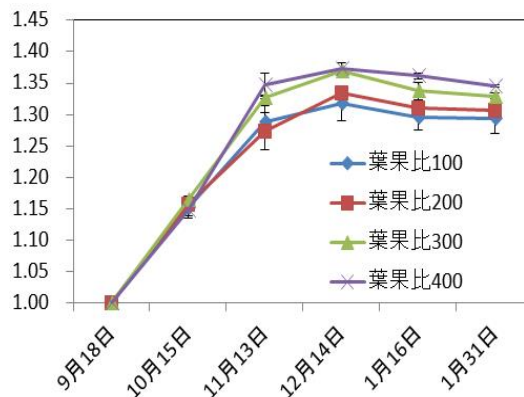


図8 着果負担が果実(横径)の肥大に及ぼす影響(唐湊果樹園、H. 24: 縦軸は測定開始日を1とした値)

翌年の着花量は葉果比100で最も少なく、葉果比400まで、着果負担が小さくなるにつれて直線的に多くなった(図9)。

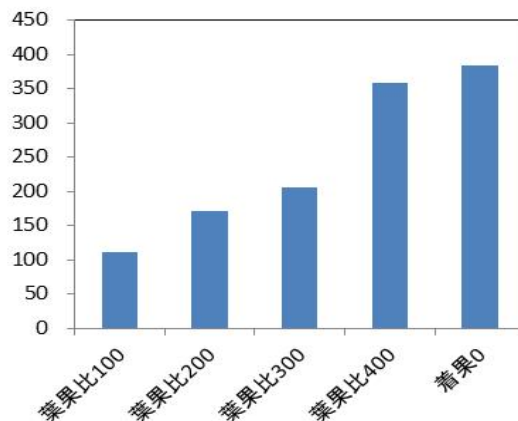


図9 着果負担が翌年の着花量(総花/旧葉100枚)に及ぼす影響(唐湊果樹園、H. 25)

④摘果時期の早晚と果実の肥大・品質と翌年の着花量との関係(平成24~25年)

奄美市の現地農家圃場の21年生カラタチ台タンカン9樹を供試し、最終摘果時期を10月下旬、11月上旬および11月下旬とした試験を行った。摘果時期による階級別の果実数割合の差異は明確でなかった(図表示せず)。一方、階級別の果実の糖度(Brix)は、SおよびM階級では摘果時期が遅いほど高くなり、LおよびLL階級では摘果時期が早いほど高く

なる傾向にあった (図 10)。

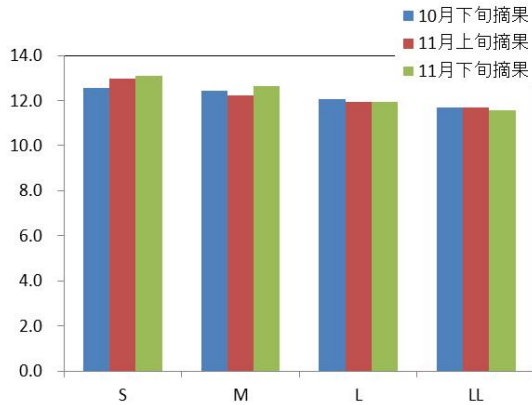


図 10 摘果時期の早晩が階級別果実の糖度 (Brix) に及ぼす影響 (奄美大島、H. 24)

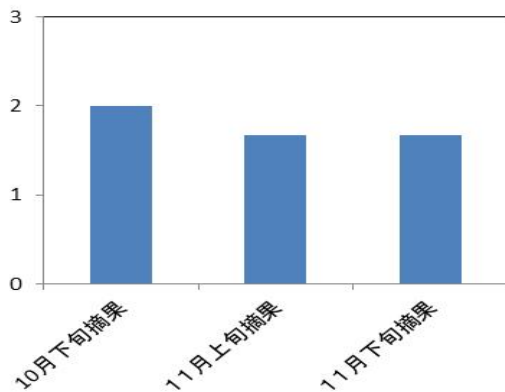


図 11 摘果時期の早晩が翌年の着花量に及ぼす影響 (奄美大島、H. 24 : 着花量=無(0)~多(3))

さらに、摘果時期が遅くなるほど着花量は少なくなる傾向にあった (第 11 図)。

以上のことから、気候温暖な奄美大島では摘果時期を遅くすることで、糖度 (Brix) が高い果実を生産できることが示唆された。しかし、摘果時期を遅くすると翌年の着花量が低くなる傾向があることから奄美大島のタンカンでは 10 月下旬が限界である可能性も示唆された。

果樹は永年生作物であり、現地に普及するための成果を確認するためには長い年月を必要とすることから、補助金交付終了後の平成 25 年以降も調査を継続し、研究成果は逐次発表し、普及に結びつける。

## 5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 10 件)

- ① 富永茂人、気候温暖化は柑橘生産にどのように影響するかー南九州地域の事例から

ー。フルーツひろしま 31(6)、査読無、2011、6-9

- ② 富永茂人、地球温暖化によるカンキツ産地の課題と対応。和歌山の果樹、2011. 2&3、査読無、2011、7-9&14-15

- ③ Yamamoto, M., R. Kouno, T. Nakagawa, T. Usui, T. Kubo and S. Tominaga, Isozyme and DNA analysis of local Citrus germplasma on Amami-Islands, Japan. J. Japan Soc. Hort. Sci. Vol.80(3), 査読有、2011、268-275

- ④ 楊 学虎・富永茂人・平井孝宜・久保達也・山本雅史、タンカン (*Citrus tankan* Hayata) の果実発育、着色、果汁成分、砂糖じょう成長および呼吸活性の時期別変化。園芸学研究 8(2)、査読有、2009、227-23

- ⑤ 楊 学虎・富永茂人・平井孝宜・久保達也・山本雅史、タンカン (*Citrus tankan* Hayata) の開花、生理落果(花)および結実の特性。園芸学研究 8(1)、査読有、2009、81-86

[学会発表] (計 7 件)

- ① Yang Xuehu, Shigeto Tominaga, Tatsuya Kubo, Masashi Yamamoto, The number of leaves per bearing shoot affects its fruit growth and sugar accumulation resulting in increase of total amounts of photosynthesis and SPS activity in leaves of tankan (*Citrus tankan* Hayata), XI Int.. Citrus Congress, 2008 10

- ② 保坂裕人・富永茂人・久保達也・山本雅史、気温上昇が早生ウンシュウの生理落果に及ぼす影響、日本熱帯農業学会、2008 10

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

富永 茂人 (TOMINAGA SHIGETO)  
鹿兒島大学・農学部・教授  
研究者番号：90164029

### (2) 研究分担者

山本 雅史 (YAMAMOTO MASASHI)  
鹿兒島大学・農学部・准教授  
研究者番号：00305161  
久保 達也 (KUBO TATSUYA)  
鹿兒島大学・農学部・准教授  
研究者番号：70359983