

## カンキツ果実の生長と成熟時における化学成分変化に関する研究：2.”大三島ネーブル”と”ハッサク”

白石, 眞一  
九州大学農学部附属農場

若菜, 章  
九州大学農学部附属農場

緒方, 達志  
果樹試験場口之津支場

川口, 靖浩  
熊本県庁農政部

<https://doi.org/10.15017/23366>

---

出版情報：九州大学農学部学藝雑誌. 46 (1/2), pp.67-78, 1991-10. 九州大学農学部  
バージョン：  
権利関係：

## カンキツ果実の生長と成熟時における化学 成分変化に関する研究

### 2. “大三島ネーブル” と “ハッサク”

白石 眞一・若菜 章

九州大学農学部附属農場

緒方 達志

果樹試験場口之津支場

川口 靖浩

熊本県庁農政部

(1991年7月29日 受理)

## Changes in the Chemical Constituents of Citrus Fruits during Growth and Ripening

### 2. Omishima Navel and Hassaku

SHINICHI SHIRAISHI and AKIRA WAKANA

University Farm, Faculty of Agriculture,  
Kyushu University, Kasuya-machi 811-23

TATSUSI OGATA

Kuchinotsu Branch, Fruit Tree Research  
Station, Kuchinotsu, Nagasaki 859-25

YASUHIRO KAWAGUCHI

Agricultural Administration Department,  
Kumamoto Prefecture Government, Kumamoto 862

## 緒 言

カンキツ果実の成熟に関する報告は数多くあり(赤尾ら, 1980; 大東ら, 1981; 飯野ら, 1972), 特にウンシュウミカン果肉における糖および有機酸の季節的变化については, ほぼ明らかにされている。しかし, 中晩生カンキツについての報告は少ない。さらに果肉と果皮は炭酸固定産物の移行など相互に関連しているため, 成熟という現象は, 果皮も含めて果実全体として捉えるべきであるが, これまでの報告は果肉についてのみがほとんどで, 果皮に関するものは少なく, ハッサク (*Citrus hassaku hort. ex Tanaka*) などにおいては皆無である。

そこで本研究は, 中晩生カンキツとして, “大三島ネーブル” (*Citrus sinensis* Osbeck var. *barsiliensis* Tanaka) と “ハッサク” の糖および有機酸の季節的変

化を明らかにし, 果実の成熟生理の解明, さらには栽培管理に関する知識や技術の習得, 確立および品質向上のための基礎的資料を得ることを目的としたものである。

## 材料および方法

福岡県山門郡山川町の傾斜地ミカン園で, 古生層結晶片岩を母岩とする埴壤土に栽植されたカラタチ台25年生 “尾張系温州” に高接ぎして5年目の “大三島ネーブル” とカラタチ台30年生のハッサクを供試した。

1983年8月1日から1984年1月1日まで, 東側樹冠上の果実30個の横径を2週間ごとに測定しそれらの平均横径を算出し, その値を有する果実を樹冠から4~15個採取した。これらの果実をフラベド (flavedo), アルベド (albedo), および果肉に分離し, 分析まで-50°Cで凍結保存した。

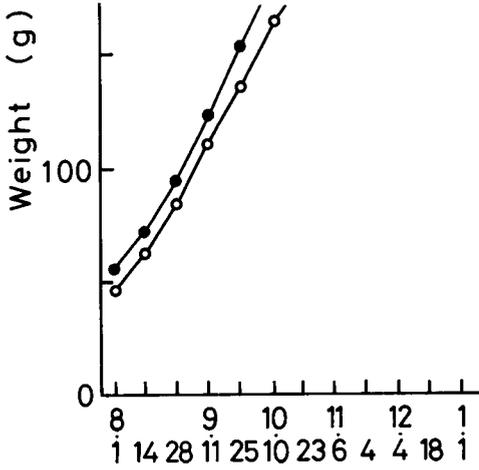


Fig. 1. Seasonal changes of fruit weight in 'Ohmishima Navel' and 'Hassaku'.

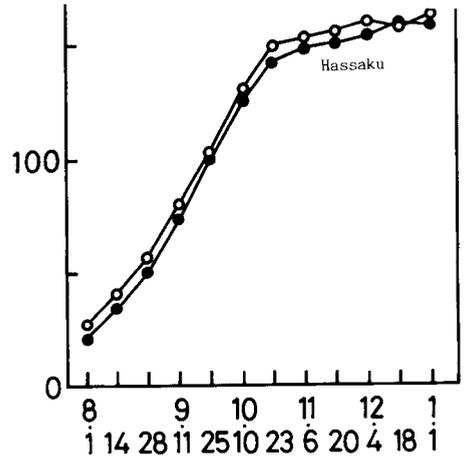


Fig. 2. Seasonal changes of segment weight in 'Ohmishima Navel' and 'Hassaku'.

果皮は10g, 果肉はじょう囊皮も含めて30gを蒸留水を加えて磨碎し, 10,000rpmで10分間遠心分離を行い, 上澄み液を集めた. この操作を5回繰り返した後, 250mlに定容し, 東洋濾紙 No 2で濾過した後, 糖および有機酸の分析に用いた.

### 1. 有機酸の分析

有機酸の分析は松本ら(1977)の方法に準じて行った. また, その手順は前報にしたがった.

### 2. 糖の分析

Somogyi-Nelson法により還元糖を定量した. その操作の手順は前報に準じた.

全糖量から還元糖量を差し引いた値を非還元糖量とした.

## 結 果

### 1. 果実の生長

第1図に“大三島ネーブル”および“ハッサク”の果実重量の変化を図示した. カンキツ果実の肥大はS字曲線を描き, しかもその中間部は, ほとんど直線的に増加することが認められており, この結果もその傾向を示した. さらに両品種とも厳寒期の正月にも果実肥大の傾向が認められた.

第2図には果肉重量の変化を示した. 果肉の場合と類似した傾向を示したが, 10月下旬以降の増加の割合は, 果実の場合よりも小さく, “大三島ネーブル”と“ハッサク”との重量差異はほとんど認められなかった. 果皮重量には果実ほどの急激な変化は見られず, 緩や

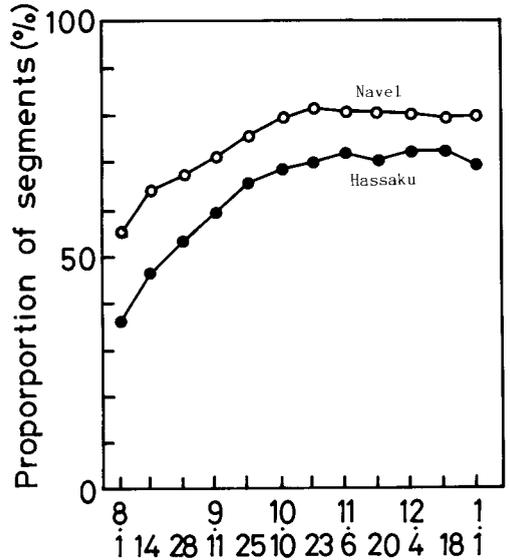


Fig. 3. Seasonal changes in proportions of segments weight in 'Ohmishima Navel' and 'Hassaku'.

かではあるが, 終始増加の傾向を示し, 10月下旬以降の増加は, 果肉のそれと匹敵するか上回るものであった. また, ここでは両品種の果皮の厚さがよく出ており, “ハッサク”の果皮が厚いことが認められた. 第3図に示すように果肉歩合は, 果肉重の増加の割合が鈍る10月下旬以降, 横這いもしくは微減の傾向を示していた.

2. 酸の季節的变化

1) 果皮

(1) 滴定酸

“大三島ネーブル”の有機酸抽出液の滴定曲線を求めた。フラベドとアルベドの変曲点はpH6.17および6.23であった。また“ハッサク”においても変曲点は

pH6.1から6.4の範囲に得られた。IR-120で処理した後の変曲点はpH6.8から7.2の範囲に見られた。

第4図および5図に、果皮の酸含量の変化を図示した。結合酸が全酸の大部分を占めており、大東ら(1981)の報告と同様の傾向を示した。

結合酸はフラベドにおいて、両品種ともに8月中旬

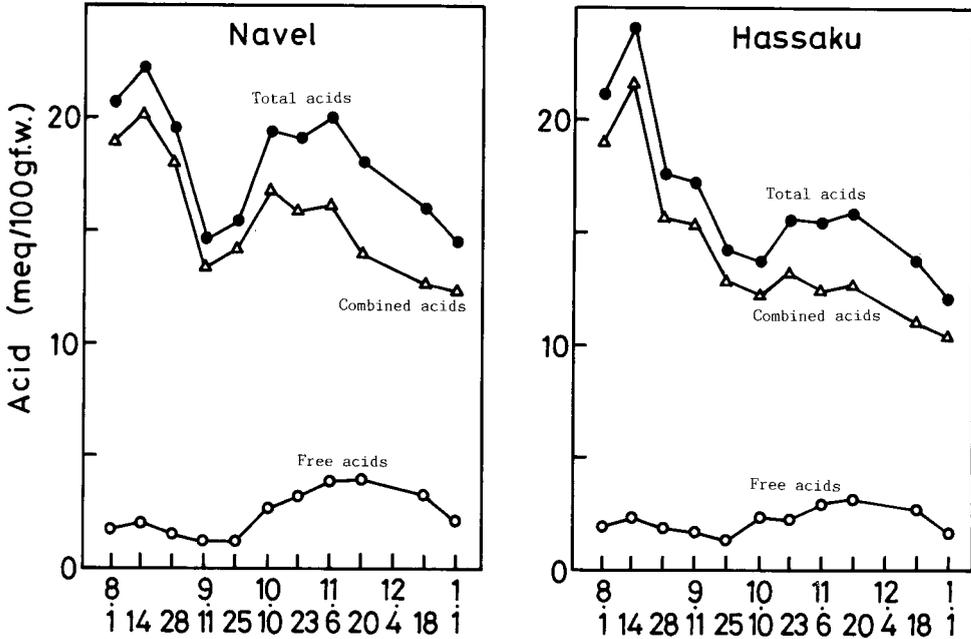


Fig. 4. Seasonal changes in acid content in the flavedo of 'Ohmishima' and 'Hassaku'.

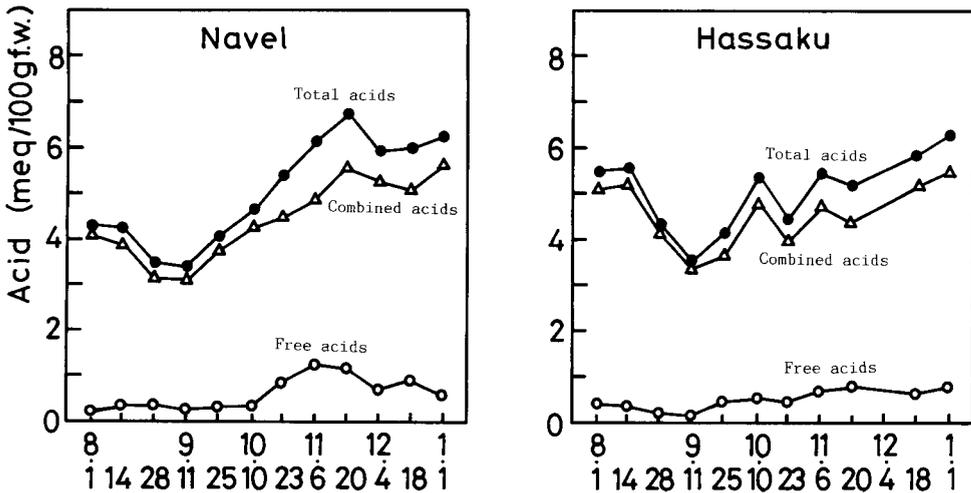


Fig. 5. Seasonal changes in free, combined and total acids in the albedo of 'Ohmishima Navel' and 'Hassaku'.

に最高値を示した後、“大三島ネーブル”では9月中旬，“ハッサク”では10月上旬まで減少した。その後“大三島ネーブル”では10月上旬まで増加し，“ハッサク”では10月下旬に小さな増加が見られたが、いずれもその後再び減少した。アルベドにおいては両品種とも9月中旬に最低値に達した後増加した。フラベドの結合酸濃度はアルベドに比べ、2～5倍量高かった。

(2) 有機酸

第6図および7図に果皮の主要有機酸の季節的变化を示した。検出された有機酸含量は、フラベドではサク酸、シュウ酸、リンゴ酸、クエン酸の順に多く、他にギ酸、グリコール酸、コハク酸、マロン酸、フマル酸、およびシスコニット酸が確認された(第13図)。アルベドではクエン酸、サク酸、シュウ酸、リンゴ酸が多く、他にギ酸、グリコール酸、およびフマル酸が確認された。主要酸は両品種ともリンゴ酸、シュウ酸、

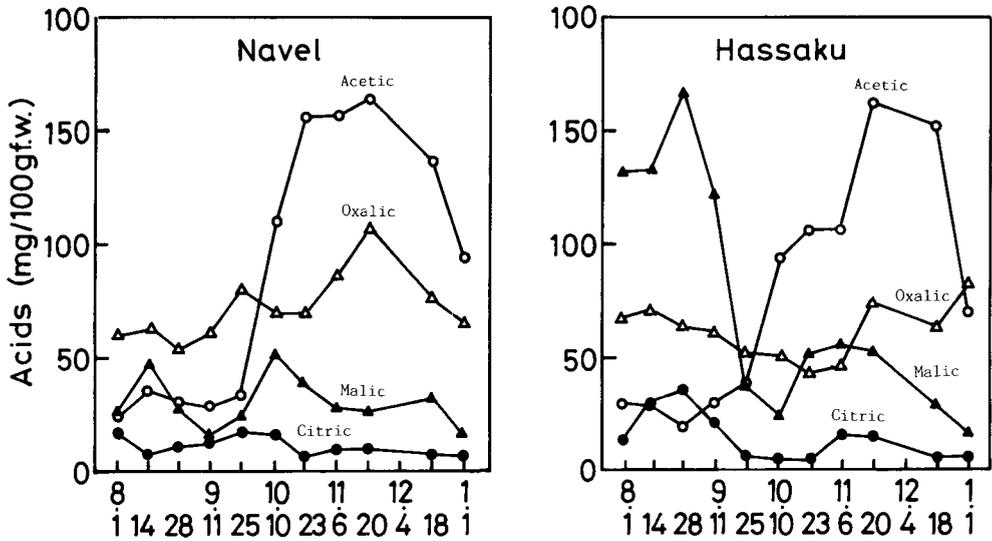


Fig. 6. Seasonal changes in four organic acids in the flavedo of 'Ohmishima Navel' and 'Hassaku'.

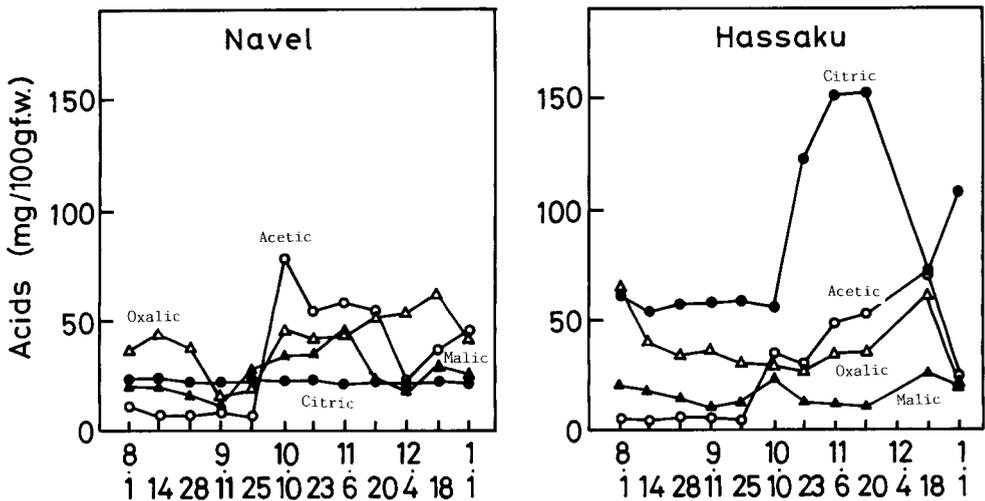


Fig. 7. Seasonal changes in four organic acids in the albedo of 'Ohmishima Navel' and 'Hassaku'.

サク酸およびクエン酸であった。(第14図)、“大三島ネーブル”ではフラベド、アルベドともに後期におけるサク酸の急増と減少が見られたが、他の有機酸ではほぼ同じレベルで終始した。有機酸含量は、滴定酸含量と同様、フラベドに比べてアルベドの方が少なく各有機酸含量差も同様であった。“ハッサク”はフラベドではリンゴ酸の変動が、アルベドではクエン酸の変動が“大三島ネーブル”のそれらの変動と異なっていた。とくにアルベドのクエン酸含量は、フラベドのサク酸の変動とよく似た動きを示した。このような動きは、これまでの他のカンキツにおける報告には認められていない。

2) 果肉

(1) 滴定酸

第8図は果肉における酸濃度および1果実あたりの酸含量の季節的变化を示したものである。全酸濃度は、“ハッサク”では8月中旬に最高値に達した後9月下旬まで、“大三島ネーブル”では8月1日に最高値に、それ以降は減少し、その後は両品種とも微減した。また結合酸は両品種とも終始低水準であったため、遊離酸の変化は全酸の変化と同様であった。果肉と果皮では、遊離酸と結合酸との含量比が全く逆の関係にあること、すなわち果肉では遊離酸が多く、果皮では結合酸が多

いことが確認された。

1果実あたりの全酸含量は“ハッサク”では11月上旬、“大三島ネーブル”では11月下旬まで急激に増加し、その後は両品種とも、わずかな減少する傾向を示した。遊離酸も全酸の変化と同様の傾向を示し、結合酸は終始低水準で大きな変化は認められなかった。

2) 有機酸

第9図には果肉中における主要有機酸の変化を示した。両品種ともに検出された有機酸はクエン酸、リンゴ酸、シュウ酸の順に多く、他にギ酸、サク酸、グリコール酸、マロン酸、フマル酸、シスアコニット酸が確認された(第15図)。主要酸はクエン酸、リンゴ酸、シュウ酸であり、クエン酸がその大部分を占めていた。したがって全酸はクエン酸とよく似た濃度変化を示した。リンゴ酸は9月まで減少し、その後増加し、再び減少した。シュウ酸の変動は小さく、ほぼ一定の値を示した。果皮と果肉では、有機酸組成の面でも、主要酸が異なるなど大きく異なっていた。

3. 糖の季節的变化

1) 果皮

第10図および11図には、果皮における糖含量の変化を示した。両品種とも還元糖が非還元糖より多量で、非還元糖は低水準であったために、還元糖は全糖と同

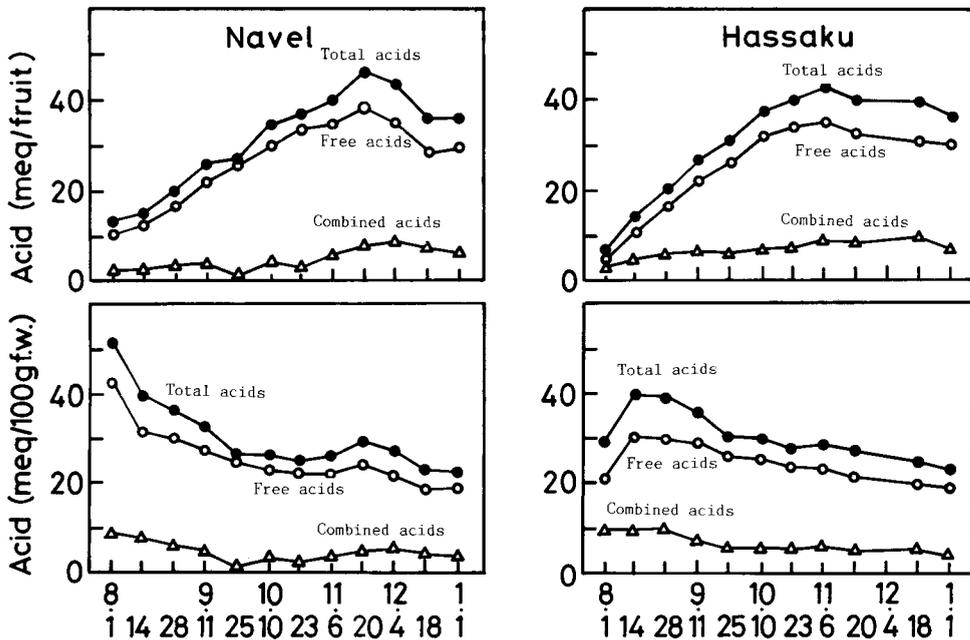


Fig. 8. Seasonal changes in free, combined and total acids in the segments of 'Ohmishima Navel' and 'Hassaku'.

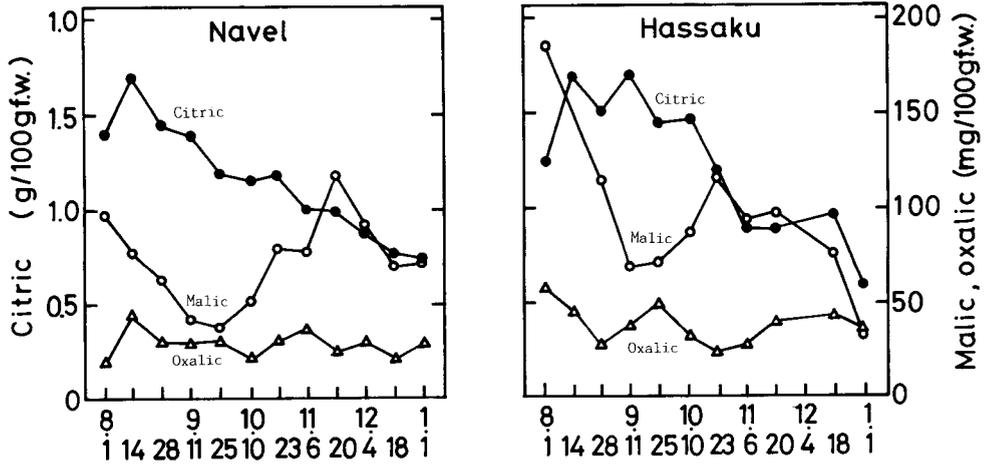


Fig. 9. Seasonal changes in citric, malic and oxalic acids in the segments of 'Ohmishima Navel' and 'Hassaku'.

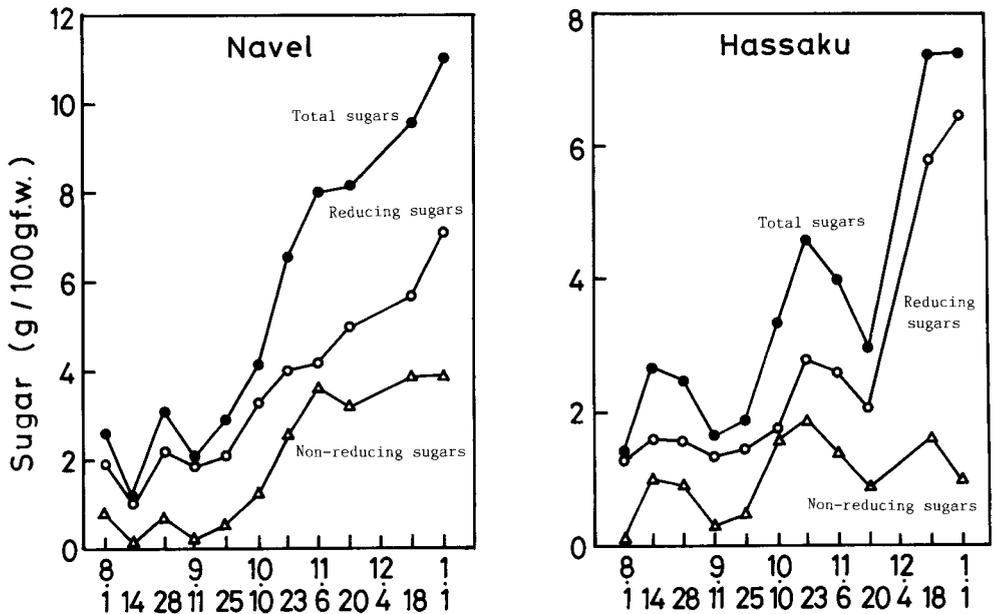


Fig. 12. Seasonal changes in sugar concentrations in the segments of 'Ohmishima Navel' and 'Hassaku'.

様の変化を示した。全糖は9月中旬から急激な増加を示した後、“大三島ネーブル”ではアルベド、フラベドともに、また“ハッサク”ではフラベドにおいて12月中旬以降減少したが、“ハッサク”のアルベドでは9月中旬以降も増加する傾向にあった。

## 2) 果肉

第12図に果肉における糖含量の変化を示した。果皮と同様、還元糖が非還元糖より多く含まれていた。“ハッサク”では全糖は2回増加と減少を繰り返した後、11月下旬から急激な増加を示したが、非還元糖の変動はわずかであった。“大三島ネーブル”では、還元糖、非還元糖ともに増加の傾向を示した。本実験では、成

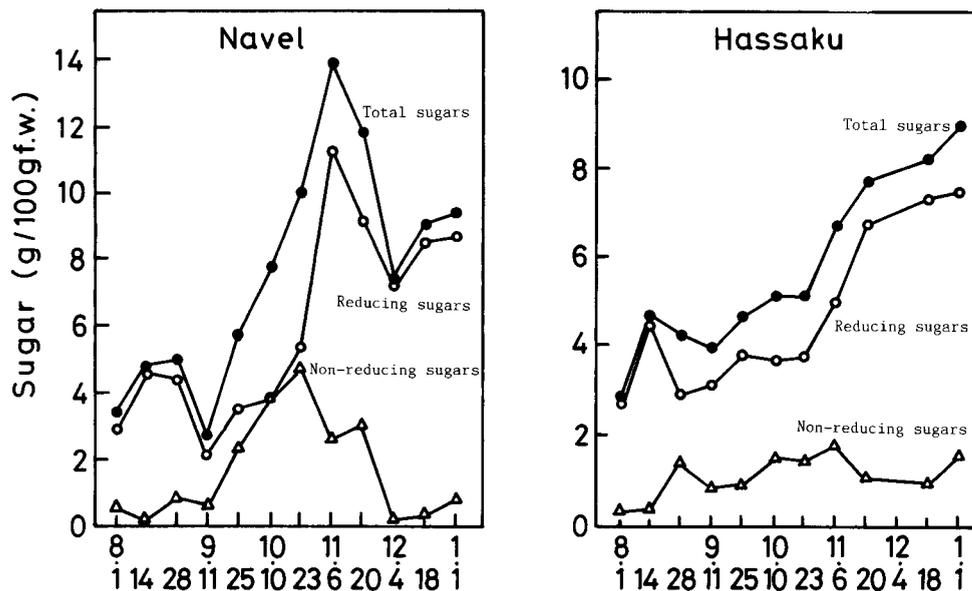


Fig. 11. Seasonal changes in sugar concentrations in the albedo of 'Ohmishima Navel' and 'Hassaku'.

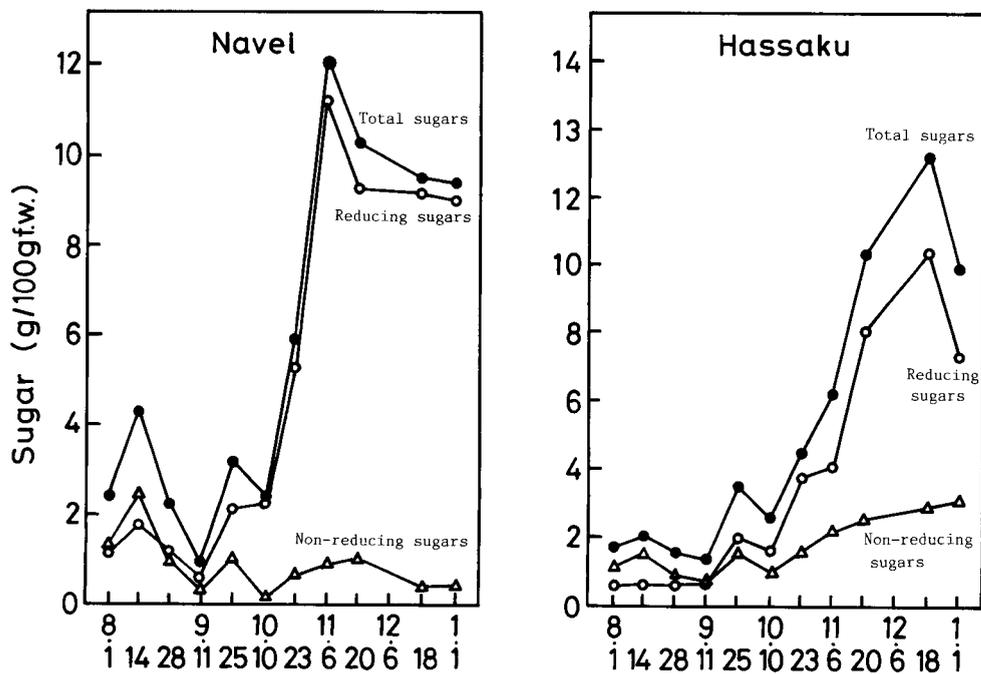


Fig. 10. Seasonal changes in sugar concentrations in the flavedo of 'Ohmishima Navel' and 'Hassaku'.

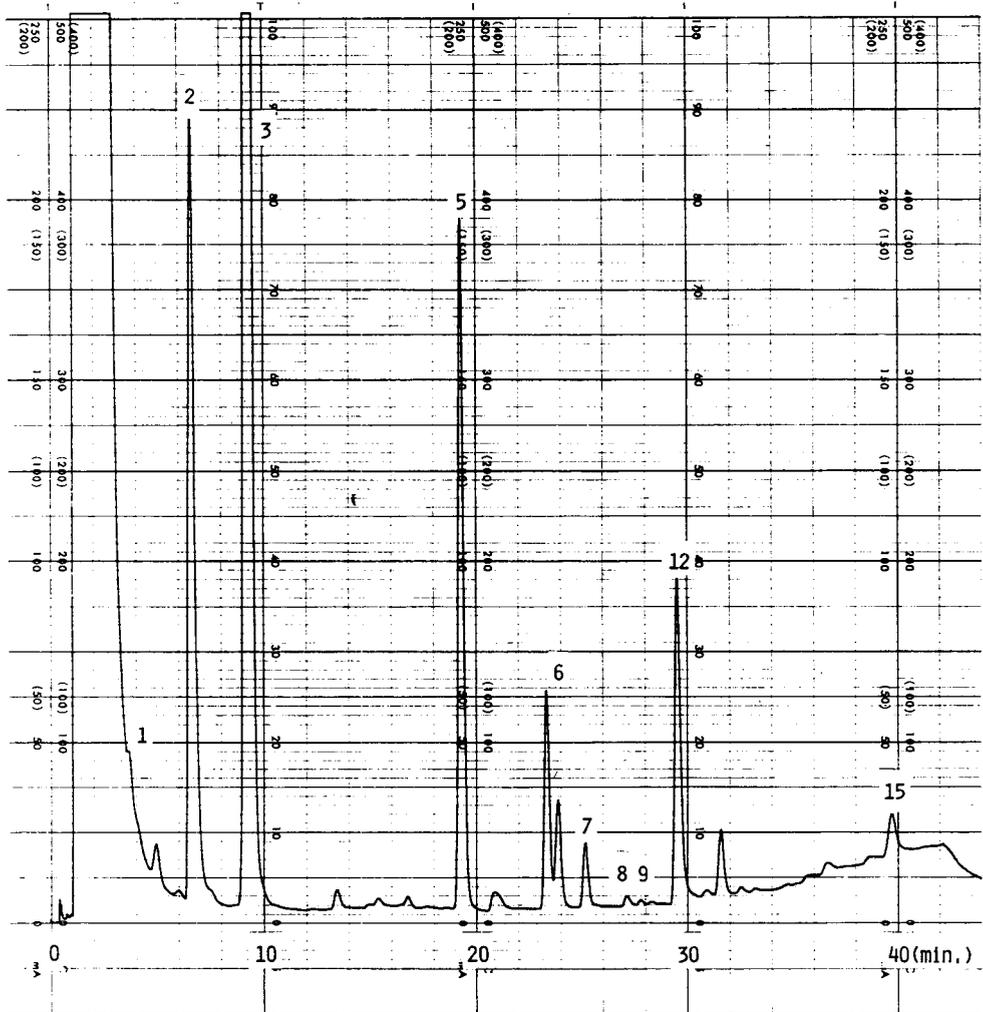


Fig. 13. Gas chromatogram of butyl derivatives of organic acids extracted from the flavedo of 'Hassaku'.

1. formate, 2. acetate, 3. dibutyl ether, 4. glycolate, 5. n-dodecane, 6. oxalate, 7. malate, 8. succinate, 9. fumarate, 10. glyoxylate, 11. glutarate, 12. malate, 13. tartarate, 14. cis-aconitate, 15. citrate

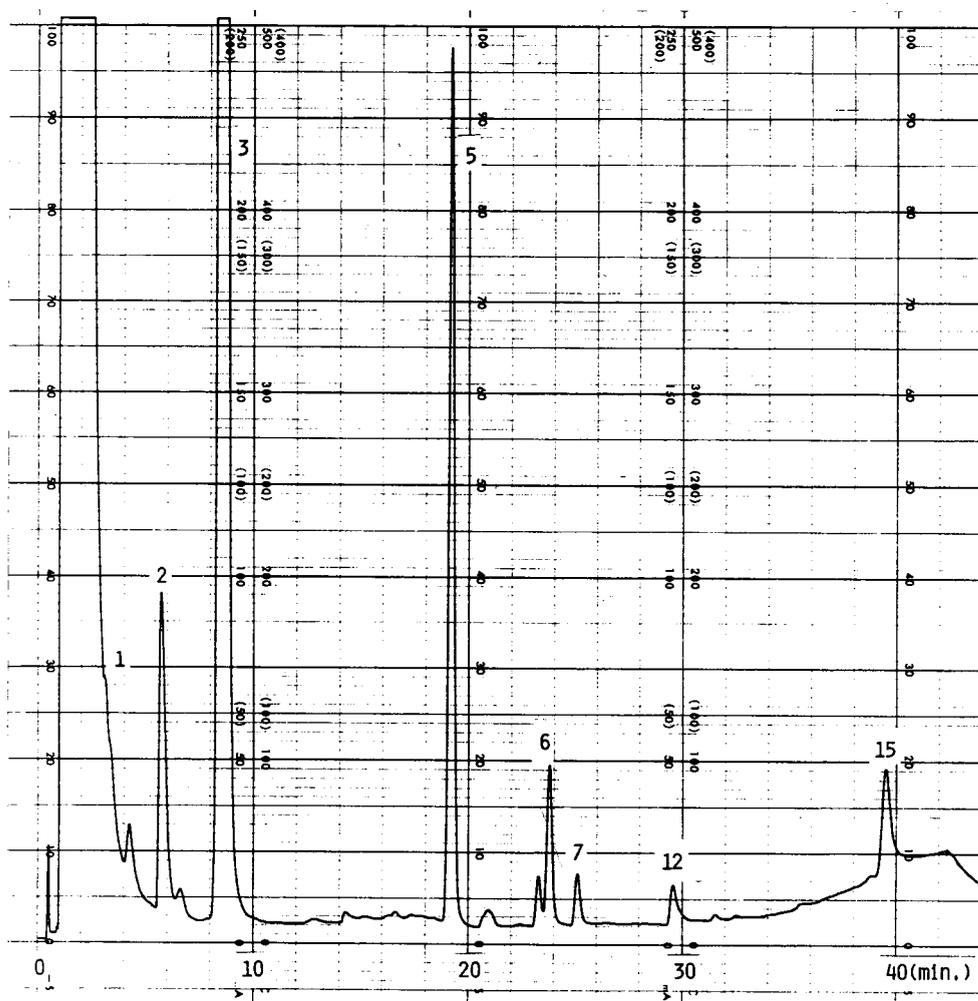


Fig. 14. Gas chromatogram of butyl derivatives of organic acids extracted from the albedo of 'Hassaku'.

See Fig. 13 for explanation of numbers.

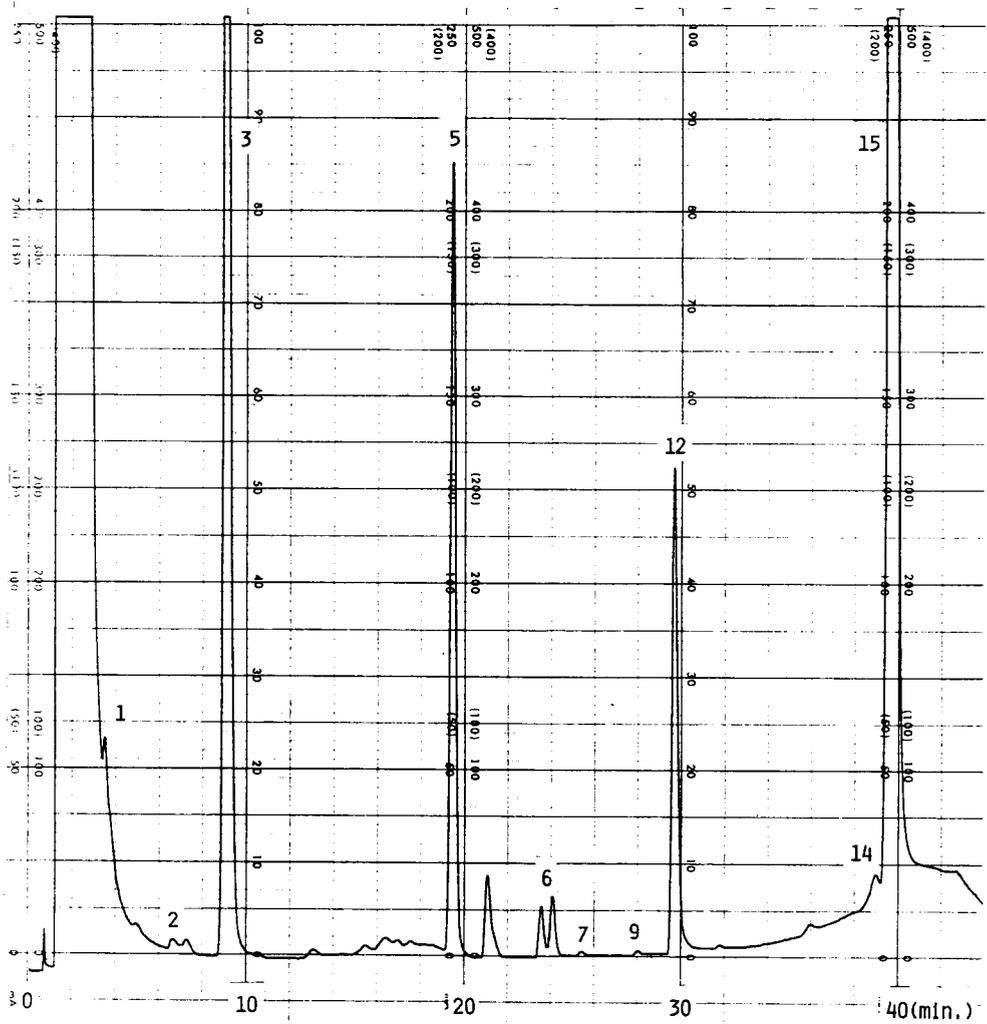


Fig. 15. Gas chromatogram of butyl derivatives of organic acids extracted from the segments of 'Hassaku'.

See Fig. 13. for explanation of numbers.

熟に伴って還元糖よりも非還元糖すなわちショ糖が集積するという一般的な傾向は認められず (Clements, 1964: 大東ら, 1981), その濃度もこれまでの報告より低い値であった。

## 考 察

本実験で得られた“大三島ネーブル”の結果は、前報 (白石ら, 1991) の“宮内伊予柑”の結果とほぼ同様の傾向が示されたが、“ハッサク”においては幾つかの相違点が見いだされた。特に果皮の有機酸組成の変化が顕著で、アルベドにおいてクエン酸の消長が特異的で、クエン酸含量も高かった。一般にカンキツ果皮において、クエン酸は、リンゴ酸やシュウ酸よりも低い濃度であった。本結果は“ハッサク”の果皮、とくにアルベドが厚いことと関係があるものと考えられ、今後他の厚皮性カンキツについてもアルベドの有機酸組成を明らかにすることが必要である。

1 果実あたりの果肉の有機酸含量が最も多くなる時期を前報の“宮川早生”と比較してみると、“宮川早生”では8月下旬で“大三島ネーブル”および“ハッサク”よりも2ヵ月早い。果肉の有機酸濃度は、“宮川早生”の方が“大三島ネーブル”および“ハッサク”よりも低下が急速である。果肉の有機酸組成においてもクエン酸の低下速度が“宮川早生”では著しい。果肉の糖の変動も“宮川早生”では9月下旬から10月下旬にかけて還元糖と非還元糖の逆転が見られるが、“大三島ネーブル”およびハッサクでは認められなかった。以上のことから、カンキツ果実の成熟の早晩は、代謝転換の時期の早晩のみでなく、果実の成分の変化速度の大小にも影響されること、すなわち早生性のカンキツは、晩生種に比べて代謝転換の時期も早く、成分の変化速度も大きいことが考えられる。

本実験では、成熟に伴う一般的な傾向である還元糖すなわちショ糖の集積は認められず、また全糖濃度もこれまでの報告 (Clements, 1964) より少し低いものであった。これは1月初旬ではいまだ樹上において完全成熟に至っていないものと考えられる。したがって、“大三島ネーブル”およびハッサクの栽培適地は、少なくとも樹上で着果したまま成熟を迎えることが可能な、冬期温暖な地域であることが望ましいと考えられる。

以上のように、カンキツの果実と果皮は、成分組成、成分の存在形態、および成熟時における成分の量的変化ともかなり異なった様相を示していることが明らかになった。また品種によっても異なっていることも明

らかになった。今後さらにこれら試供された品種以外の中晩生カンキツについても、品質向上のための栽培技術の確立を行う必要がある。

## 摘 要

中晩生カンキツ果実の成熟生理解明のための基礎的資料を得ることを目的に、“大三島ネーブル”とハッサクの2種類を供試して、果肉およびフラベドとアルベドに仕分けた果皮について糖と有機酸の経時の変化を明らかにした。

1. 果肉では遊離酸、果皮では結合酸が酸の大部分を占めていた。果皮の抽出液の当量点はpH6.1~6.4で果肉のそれよりかなり低く、遊離のシュウ酸の存在が示唆された。

2. 果皮には果肉の主要酸のクエン酸は少なく、リンゴ酸、シュウ酸およびサク酸が主要酸であった。しかし、ハッサクのアルベドでは、クエン酸がそれらより多く含まれていた。

3. “宮川早生”の結果と比較することにより、早生と晩生代謝の違いが明らかになった。すなわち代謝転換の時期も早く、果実成分の変化速度も大きいことにより、早生化していることが考えられる。

4. 果肉においては、還元糖と非還元糖の逆転現象は認められず、1月初旬の状態では、いまだ完全成熟の状態に至っておらず、追熟が必要であると考えられる。

## 文 献

- 赤尾勝一郎・塚原貞雄 1980 ウンシュウミカンの果実による炭酸固定。四国農試報 35: 23-32
- Clements, R. L. 1964 Organic acids in citrus fruits. I. Varietal differences. *J. Food Sci.* 29 (3): 276-280
- 大東宏・富永茂人 1981 瀬戸内海地域における中晩生カンキツ果実の品質に関する研究。第1報 果実発育、果汁成分、着色、果実の呼吸量およびエチレン発生量の変化。四国農試報, 37: 35-51
- 飯野久栄・小曾戸和夫 1972 温州ミカンの食味評価。第2報 屈折計示度およびpHと嗜好度との関係について。園学誌, 41(4): 398-404
- 白石眞一・緒方達志・若菜章 1991 カンキツ果実の生長と成熟時における化学成分変化に関する研究。I. 宮川早生温州と宮内伊予柑。九大農芸誌, 45: 印刷中
- 松本明芳・白石眞一 1977 カンキツの有機酸に関する研究。第1報 果実中有機酸分析法の検討。福岡園試報, 15: 1-17

### Summary

The fruits of two cultivars, 'Ohmishima Navel' (*Citrus sinensis* Osbec.) and 'Hassaku' (*C. hassaku* ex Tanaka), were analyzed to obtain the basic data for elucidating the physiological mechanisms of fruit maturation in medium to late ripening citrus. The changes occurring in sugars and acids in the fruits of the two cultivars during growth and ripening were demonstrated in the pulp and peel separated into albedo and flabedo.

1. Most of acid was free in the pulp, while in the peel most of it was combined. The inflection points of the peel extracts ranging from pH 6.2 to 6.4 were lower than those of the pulp extracts. This indicates the presence of free oxalic acid in the peel.

2. In the peel of the two cultivars, malic, oxalic and acetic acids were the predominant ones, but citric acid being the predominant one in the pulp was low in concentration. In the albedo of 'Hassaku', however, the amount of citric acid was higher than those of the three acids.

3. Comparing the present results with those of 'Miyagawa Wase' satsuma, the difference in the metabolism of fruits between early ripening and late ripening citrus was brought to light; i. e., early occurrence of the period of metabolic conversion and the rapid changes of chemical constituents in the growing fruits were considered to result in early maturity.

4. In the pulp of the two cultivars, contents of reducing sugars were higher than those of non-reducing sugars and the reverse was not detected up to early January. This indicates that the pulp has not completely ripened and that postharvest ripening of the fruits is required.