

# 温州みかん果皮油の香気成分に関する研究

## —温州みかん果皮油とヴァレンシアオレンジ果皮油の比較—

加 藤 征 江

### I 緒 言

一般に柑橘類の果皮は非常な芳香を有しており、香りを研究する者にとっては、興味ある素材である。近年、分析機器の進歩により、それらの香気成分が次第に明らかにされてきている。本研究では、前報に基ずき、<sup>(1)(2)(3)</sup>わが国産の温州みかん果皮油とアメリカ産のヴァレンシアオレンジ果皮油を官能テストにより比較するとともに、更に、それら果皮油を同一条件で分析し、二品種間における香気成分の差異を明らかにすることにより、温州みかん果皮油香気の特徴を把握することを目的とし、実験を行なった。

### II 実 験 方 法

#### 1) 試 料

温州みかんコールドプレスドピールオイル（1970年度）とヴァレンシアオレンジコールドプレスドピールオイル（1970年度）を用いた。

#### 2) 官 能 テ ス ト

精油をサンプルビン（1ml容、外側を黒マジックで塗りつぶしたもの）に約 200 $\mu$ l 入れ、フタをしたものを用意し、パネルはそのビンのヘッドガスの匂いを嗅ぐことで、次に示す事項について判断をした。尚、パネルは一般男女大学生とした。

① 温州みかんコールドプレスドピールオイルとヴァレンシアオレンジコールドプレスドピールオイルの精油自体の香りについて。両者の識別の有無については3点識別テスト法で、又、どちらを好むかについては、2点嗜好テスト法で、官能テストを行なった。<sup>(4)</sup>

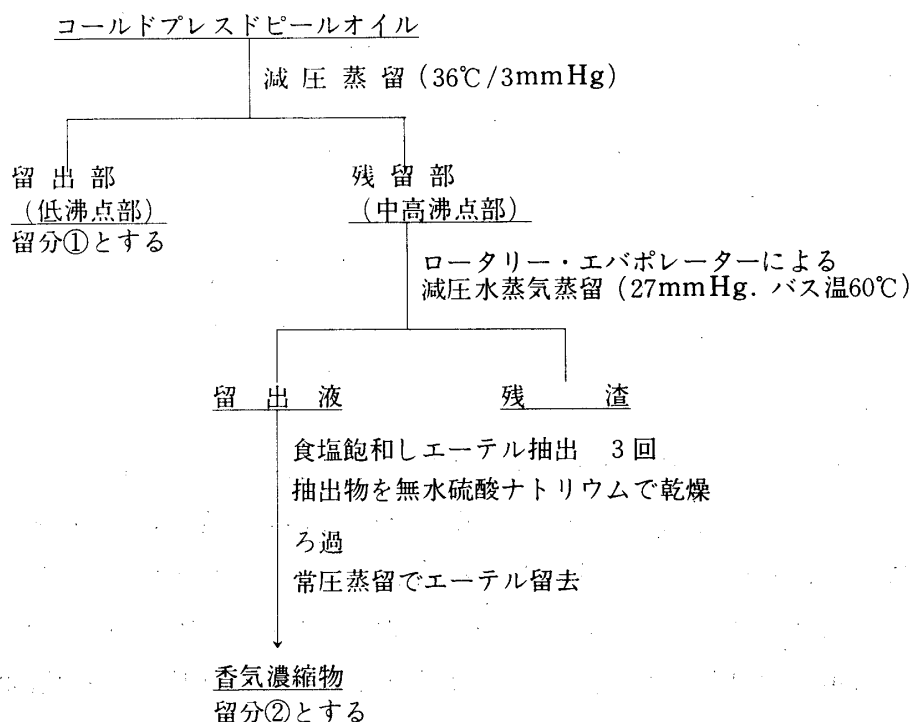
② 温州みかんコールドプレスドピールオイルの炭化水素部及び含酸素部とヴァレンシアオレンジコールドプレスドピールオイルの炭化水素部及び含酸素部の香りについて。

精油をそれぞれ、ケイ酸カラムクロマトグラフィーによって、n-ヘキサンで溶離したものを炭化水素部とし、更にエーテル、メタノールで溶離したものを含酸素部とし、官能テストの試料とした。<sup>(3)</sup>これら炭化水素部同士および含酸素部同士について、香りの違いの程度及び好みについて、テストした。

#### 3) 精 油 の 分 析

温州みかんコールドプレスドピールオイル、及びヴァレンシア オレンジコールドプレスドピールオイルをそれぞれ31.80 g 精秤し、減圧蒸留（条件：36° C / 3 mmHg）を行ない、留出液（留分①とする）を得た。残留部については、更に、次の操作を行ない、揮発性成分部（留分②とする）と残渣に分けた。まず残留部精油を全て、1000mlナスフラスコに洗し入れ、これに蒸留水100mlを加え、ロータリーエバポレーターを用いて減圧蒸留を行ない、(27mmHg、バス温：60° C) 留出して来る液をトラップ1（氷冷）およびトラップ2（ドライアイスアセトン冷）に捕集した<sup>(5)</sup>。留出液が出なくなり、しかもナスフラスコ内に水がなくなったら、再びそのナスフラスコへ蒸留水 100ml 入れ、上記同様の操作を行なった。3度目はナスフラスコへ蒸留水50 ml 入れ、完全にナスフラスコ内に水がなくなるまで減圧蒸留を続けた。後、トラップ1とトラップ2の留出液を合わせ、常法により、食塩飽和し、製製エーテルで3回抽出を行ない、エーテル抽出物を得た。それに無水硫酸ナトリウムを入れ、1夜放置後、濾過して無水硫酸ナトリウムを除き、濾液を常圧蒸留によってエーテル留去を行ない、香気濃縮物（留分②）を得た。以上の試料調製操作の概略を図1に示した。

図1 試料調製操作



次に、温州みかんについては、その留分①はそのままガスクロマトグラフィー（GLC）し、留分②はカラムクロマトグラフィーにより炭化水素部と含酸素部に分別し検討した。留分②のカラムクロマトグラフィーは、ケイ酸カラム（ケイ酸は120° Cで3時間加熱したもの、カラム大きさ：2.0cm×28cm）を用い、この上に、留分②の精油を全て置き、展開溶媒として、精製n-ヘキサン400ml及び1%エーテル含n-ヘキサン200mlを流し、これら溶離液を合わせて、炭化水素部とした。更に、精製エーテル400ml、メタノール 50ml を流し、これら溶離液を合わせ、

含酸素部とした。その各溶離液は減圧蒸留によって、溶媒留去を行ない、香氣濃縮物を得た。この炭化水素部及び、含酸素部を G L C し、各成分の全精油中に占める割合を求めた。<sup>(2)</sup>一方、ヴァレンシアオレンジの香氣成分については、留分①はそのまま G L C によって、各成分を捕集し、G L C の保持時間 (rT) 及び赤外線吸収スペクトル (I R) で物質の確認をした。留分②はカラムクロマトグラフィー (充填剤：ケイ酸、大きさ：2.0cm×28cm) によって、表 2 のように、精油を 9 分画 (フラクション①～フラクション⑨) した。

表1 ヴァレンシアオレンジ留分②のケイ酸カラムクロマトグラフィーによる分画

展 開 溶 媒	展開溶媒の液量 (ml)	フラクション番号
エーテル : n-ヘキサン		
0 : 100	400	①
1 : 99	200	
2 : 98	200	②
3 : 97	150	
4 : 96	150	③
6 : 94	150	
8 : 92	150	④
10 : 90	100	⑤
12 : 88	100	⑥
		⑦
20 : 80	100	⑧
100 : 0	100	⑧
メ タ ノ ー ル	120	⑨

この各フラクションを G L C し、各成分を捕集して、G L C の rT、I R、マススペクトル (M S) によって同定確認をした。そして留分①及び留分②の分析結果より、各成分の組成を求めた。分析に用いた機器及び試料測定条件は次の通りである。ガスクロマトグラフィーは日立 063 型のもので、カラムは 3 mm×3 m のステンレス製で充填剤として 23%Ucon 50HB 270 X on 60~80mesh Shimalite W を用いた。カラム温度は 165° C で 80 分間等温保持後 190° C とした。検出器は熱伝導度型で、温度は 200° C に保った。又注入口温度も 200° C に保ち、ヘリウムガスの流速は 30ml/min とした。赤外分光器は日立 G P E 3 型で、液体マイクロセルを用い、溶媒として、四塩化炭素を使用した。ガスクロマトグラフィー直結マススペクトロメトリーは日立 K53 型 G L C と R M S 4 型 M S の連結装置のものである。

### III 実験結果及び考察

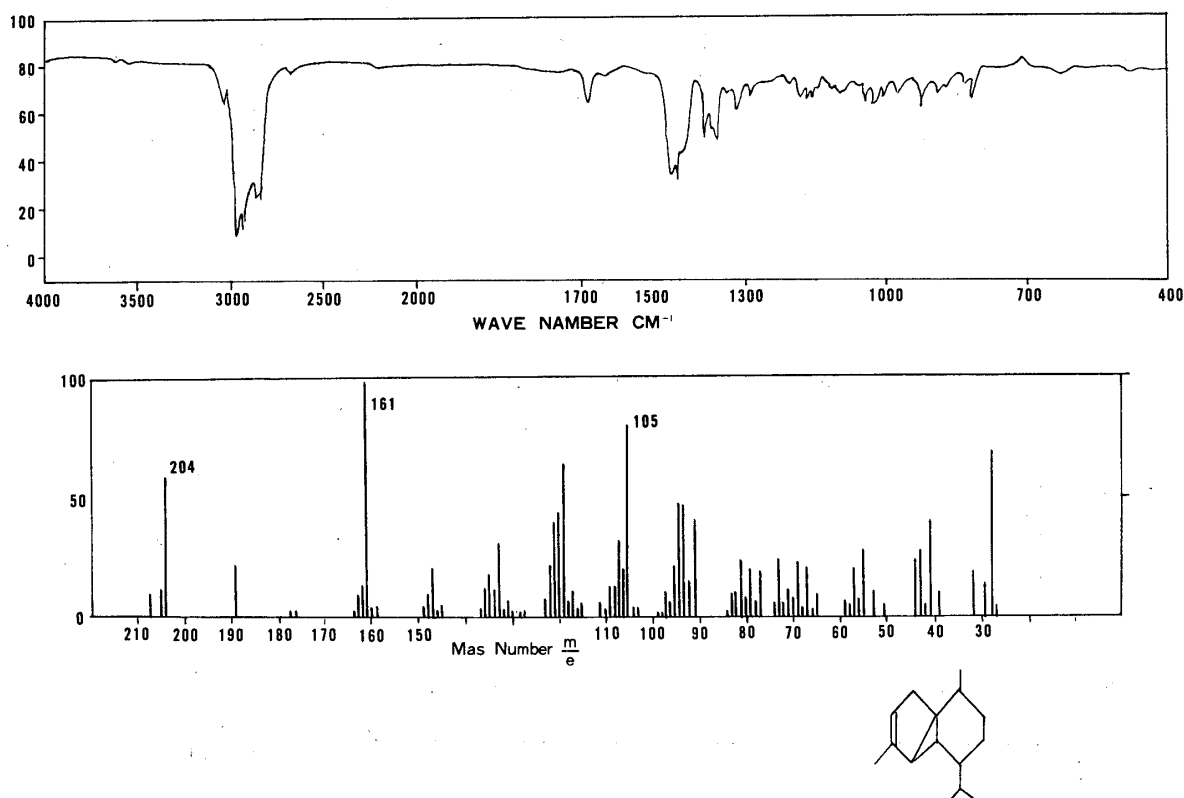
まず、ヴァレンシアオレンジの精油分析結果について述べ、次にこれと温州みかんとを官能

的な面からの比較、並びに含有成分の比較をし、検討を加えた。

i) ヴァレンシアオレンジの精油成分について

留分①においては、モノテルペン炭化水素化合物の $\alpha$ -pinene, myrcene, d-limonene. などと鎖状脂肪族アルデヒド類のn-octanal, n-nonanal が含まれていた。留分②では、カラムクロマトグラフィーによって、n-ヘキサンで溶離してくる炭化水素部にはd-limonene の他は、全てセスキテルペン炭化水素化合物であった。ピーク12は図2のIR、MSチャートより炭化水素化合物である。しかもMSより、親ピーク $\frac{m}{e}$ 204 であるので、このものは  $C_{15}H_{24}$  の分子式を持つセスキテルペン炭化水素化合物の  $\alpha$ -cubebene と確認した<sup>(6)</sup>。

図2 ピーク12の IR スペクトルおよび MS スペクトル



ピーク33のIR及びMSチャートは図3に示した。これは、上記同様、親ピーク $\frac{m}{e}$ 204であり、セスキテルペン炭化水素化合物のvalenceneと確認した。<sup>(7)</sup>セスキテルペン炭化水素化合物としては $\alpha$ -cubebene, valenceneの他、 $\alpha$ -copaene,  $\beta$ -elemene, caryophyllene,  $\beta$ -farnesene,  $\alpha,\beta$ -humulene,  $\delta$ -cadineneなどが含まれていた。<sup>(8)(9)(10)(11)(12)</sup> 留分②の含酸素部には、カルボニル化合物として、n-decanal, citronellal, n-undecanal, neral, geranial, perillaldehyde, n-dodecanalが含まれていた。ただ最近見いだされたセスキテルペンアルデヒドの $\alpha$ -sinesal,<sup>(13)</sup>  $\beta$ -sinesal<sup>(13)</sup>及びケトン類のnootkatone, carvone, 6-methyl-5-hepten-2-one,<sup>(14)</sup> piperitenone<sup>(14)</sup>などは確認することができなかった。エステル化合物としては, octyl acetate, decyl acetate, 1,8-p-menthadien-9yl acetate、アルコール化合物としては、linalool, n-octanol,  $\alpha$ -terpineol, citronellol, trans-

図3 ピーク33の IR スペクトルおよび MS スペクトル

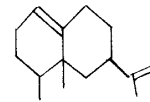
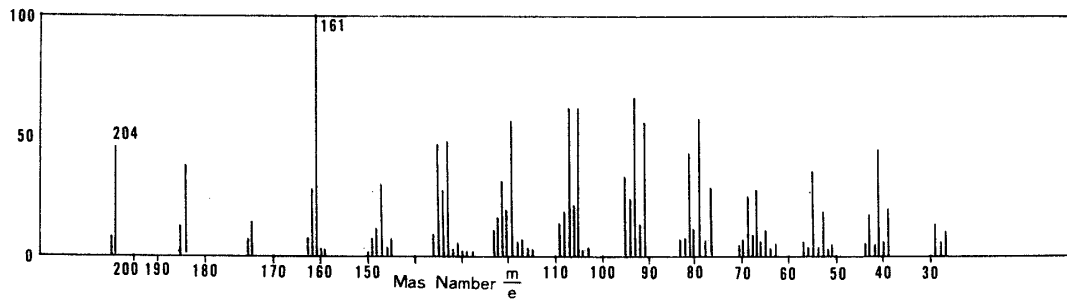
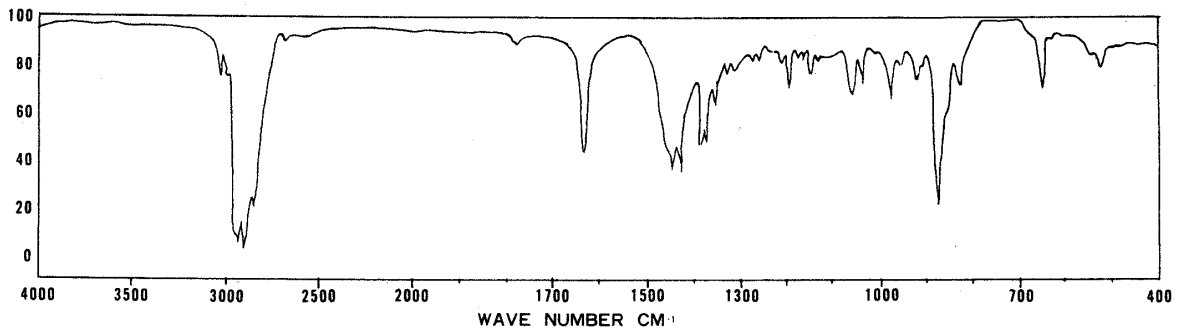
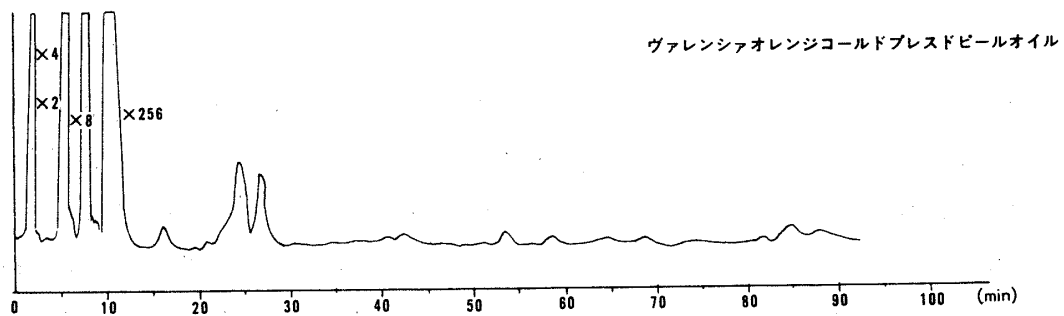
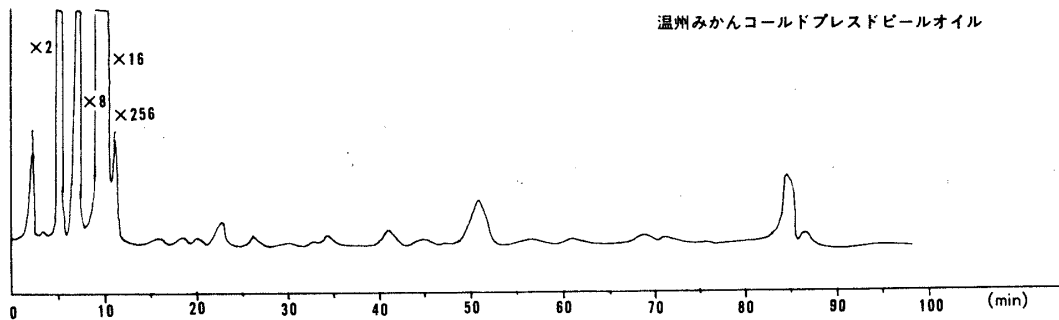


図4 温州みかんコールドアレスドピールオイルおよびヴァレンシアオレンジコールドプレストピールオイルのガスクロマトグラム



Hitachi Gas Chromatography 063

Column: 23% Ucon 50HB 270 X on 60~80mesh Shmalite W

Column temp: 80min at 165°C, then programmed to 190°C

Detector temp: 200°C

Injection temp: 200°C

He flow rate: 30ml/min

cavreol, cis-carveolが含まれていた。これらの他、neoisoplegol,<sup>(15)</sup> terpinen-4-ol,<sup>(15)</sup> nonanolなどの報告がある。以上、含酸素化合物として、比較的含有量の多い物質については、GLCのrT, IR, MS及びオレンジについての諸報文<sup>(15)(16)(17)(18)(19)</sup>により、確認することができた。

ii) 温州みかん果皮油とヴァレンシアオレンジ果皮油の比較

温州みかんコールドプレスドピールオイルとヴァレンシアオレンジコールドプレスドピールオイルのGLCした結果、そのパターンは、いずれもGLCの保持時間(rT)が15分以内の部分の成分、いわゆる低沸点化合物が非常に多いという点では酷似しているが、保持時間がそれ以後の部分では、かなり異なっていることがわかる。(図4参照)

そこで、それらの果皮油の香りを官能的に識別できるかどうか、又嗜好的にはどのようなものであるかについて調べた結果を表2に示した。

表2 官能テスト結果

i) 温州みかんコールドプレスドピールオイルとヴァレンシアオレンジとコールドプレスドピールオイルについて

○識別テスト

パネル数	45
識別できたパネル数	37 ***

○嗜好テスト

パネル数	37
温州みかんを好むパネル数	6
ヴァレンシアオレンジを好むパネル数	31 ***

ii) 温州みかんコールドプレスドピールオイルの炭化水素部とヴァレンシアオレンジコールドプレスドピールオイルの炭化水素部について

○識別テスト

パネル数 (n) 45

香りの異なる程度	本当は同じ	少	し	かなり	非常に
パネル数 (f.)	12	22	8	3	
			33 **		
評点 (x)	-1	0	1	2	

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} \text{ より } \bar{x} = -0.04$$

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \left\{ \sum x_i^2 - \frac{1}{n} (\sum x_i)^2 \right\}} \text{ より } s = 0.85$$

○嗜好テスト

パネル数	33
温州みかん炭化水素部を好むパネル数	16
ヴァレンシアオレンジ炭化水素部を好むパネル数	17

iii) 温州みかんコールドプレスドピールオイル含酸素部とヴァレンシアオレンジコールドプレスドピールオイル含酸素部について

## ○識 別 テ ス ト

パ ネ ル 数 (n) 45

香りの異なる程度	本当は同じ	少 し	か な り	非 常 に
パ ネ ル 数 (f)	1	23	17	4
			44***	
評 点 (x)	-1	0	1	2

$$\bar{x}=0.53 \quad s=0.69$$

## ○嗜 好 テ ス ト

パ ネ ル 数	44
温州みかん含酸素部を好むパネル数	16
ヴァレンシアオレンジ含酸素部を好むパネル数	28 *

(注) \*\*\*は危険率 0.1%で, \*\*は危険率 1%で, \*は危険率 5%で有意差のあることを示す。

これによると、温州みかんとヴァレンシアオレンジの香気の識別は0.1%の危険率で有意差をもっていた。そこで、それぞれの精油を炭化水素部と含酸素部に分け、それら炭化水素部の間での、および含酸素部の間での香気の差異が、どの程度、全精油の香気の差異に関与しているのかを知るために、炭化水素部間と含酸素部間における香気の違いの程度について調べた。そして、表2に示したごとく評点を取り、炭化水素部間および含酸素部間の香気の差異について、平均値 ( $\bar{x}$ ) と標準偏差 ( $s$ ) を求めた。その結果、炭化水素部間では  $\bar{x}$  の値は -0.04、 $s$  の値は 0.85 であり、含酸素部間では  $\bar{x}$  は 0.53、 $s$  は 0.69 であった。これより、炭化水素部間よりも含酸素部間の方が香りの差異が大であることがわかる。すなわち、全精油香気の差異に炭化水素部よりも含酸素部の方がより関与していると考えられる。次に、嗜好について検討すると、(嗜好テストのデーターは、前の識別テストで試料間の識別をすることができた者についてのもののみを取りあげた。) 温州みかんよりもヴァレンシアオレンジの方が好まれ、それもその含酸素部によるところが大きいという結果を得た。この官能テスト結果をふまえ、温州みかんとヴァレンシアオレンジの精油成分について比較を試みた。表3の全精油分留後の各部の収量についてみると、温州みかんに比べヴァレンシアオレンジの方が留分①の量が多い。すなわち精油中で低沸点化合物の占める割合が多い。

留分①に含まれる成分(表4のピーク番号1~5)をみると、温州みかん、ヴァレンシアオレンジのいずれにも、 $\alpha$ -pinene, myrcene, d-limoneneなどのモノテルペン炭化水素化合物がみかん精油中の95%位含まれており、そのうちd-limoneneが最も多く、精油中の85%位をも占めている。d-limonene自体、柑橘を連想させる匂いを持っており、しかも、精油中に占める量と閾値から求められたその物質の精油中における重要度<sup>(3)</sup>からも、d-limoneneは他成分に抜きん出て重要であり、これが、いずれのみかんにも同じ位含まれていることは注目すべき事である。しかしながら、温州みかんとヴァレンシアオレンジの留分①の部分すなわち低沸点部の成分は、

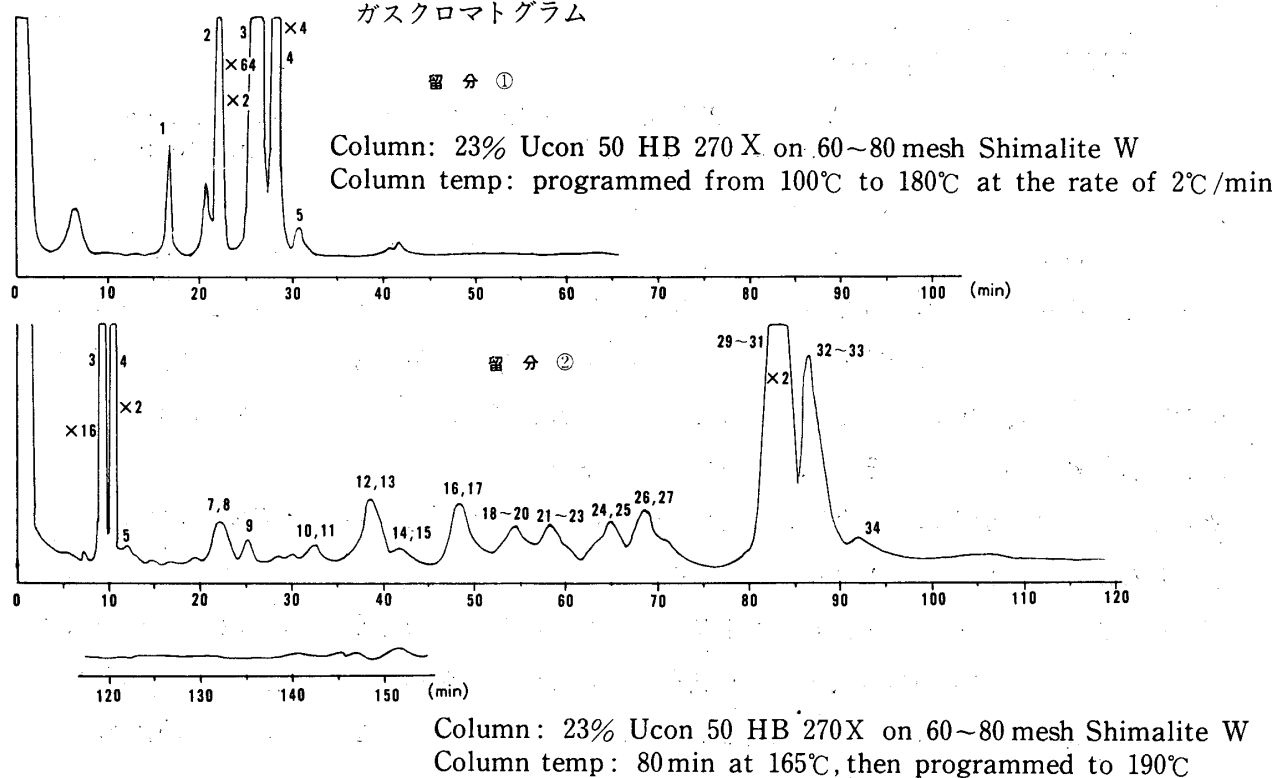
温州みかん果皮油の香気成分に関する研究

表3 コールドプレスドピールオイルの蒸留による各留分の収量

		温 州 み か ん	ヴァレンシアオレンジ
採 取 精 油 量 (g)		31.80	31.80
留 分 ①	重 量 (g)	28.94	30.82
	含 有 量 (%)	91.0	96.9
残 留 部	重 量 (g)	2.86	0.98
	含 有 量 (%)	9.0	3.1
留 分 ②	重 量 (g)	1.10	0.32
	含 有 量 (%)	3.5	1.1
残 渣	重 量 (g)	1.76	0.66
	含 有 量 (%)	5.5	2.0

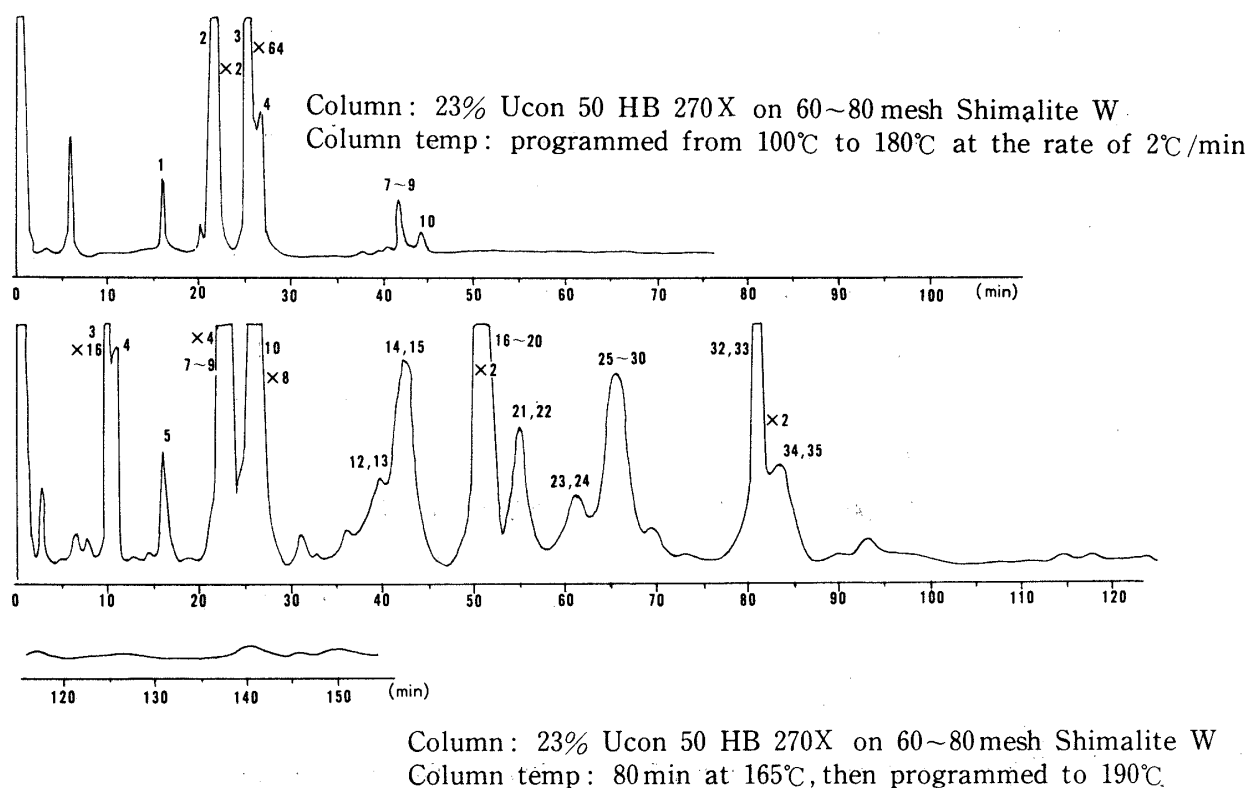
但し、含有量は、採取精油量に対するそのものの重量百分率をあらわす。

図5 温州みかんコールドプレスドピールオイルの留分①と留分②のガスクロマトグラム



温州みかんでは、全てモノテルペン炭化水素化合物であるのに対し、ヴァレンシアオレンジでは、モノテルペン炭化水素化合物の他に、これとは全く異なる香りの含酸素化合物のn-octanal, n-nonalなどを含む点が異なっており、この成分組成の差異及び前に述べた低沸点部の量の差異が、両者の香気成分の差異に大いに関与していると考えられる。次に留分②についてみると、当然留分①とは逆に、温州みかんの方がこの部分の量が多い。留分②に含まれる成分は、表4のピ

図6 ヴァレンシアオレンジコールドプレスドピールオイルの留分①と留分②のガスクロマトグラム



ーク番号7以下のものであるが、温州みかんとヴァレンシアオレンジとを比べてみると、その精油成分組成が非常に異なっているので、簡単に比較することができない。そこで、10年程前ビーフは匂いの特性を官能基の種類に分子の形を加味した、いわゆる“りんかく官能基”と関連づけた説<sup>(20)</sup>を提唱したが、それに従って両者の比較を試みた。表5に、両者の各成分を“りんかく官能基”別に分け、その各グループの含有量を示した。

留分②に含まれる炭化水素化合物としては、d-limonene以外は全てセスキテルペン類であった。しかしながら、それらセスキテルペン化合物の、それぞれのみかんに含まれる種類および量共にかなり異なっていることが、表4および表5よりわかる。このように、両みかん中のセスキテルペン炭化水素化合物の組成がかなり異なっているにもかかわらず、官能テストで示されたように、炭化水素部間の差異が含酸素部間に比べ小さかったのは、1つは炭化水素化合物の大部分を占めるモノテルペン炭化水素化合物において、あまり差異がみられなかったことと、それからもう1つは、セスキテルペン化合物のそれぞれの匂いが似ている<sup>(20)</sup>為、香りの差異にあまり影響しなかったものと考えられる。含酸素化合物については、アルコール類には、あまりちがいがみられず、いずれのみかんに、みかんの香りに必要と考えられる<sup>(3)</sup> linaloolが同じ位含まれていた。しかし、エステル類やアルデヒド類においてかなりの差異がみられ、温州みかんでは、citronellyl acetate, nerylacetate, geranyl acetateなどのエステル類が多いのに対し、ヴァレンシアオレンジではn-decanal, n-undecanal, n-dodecanalなどの鎖状脂肪

温州みかん果皮油の香気成分に関する研究

表4 温州みかんコールドプレスドピールオイルとヴァレンとアオレンジコールドプレスドピールオイルの精油成分組成

温州みかん			ヴァレンシアオレンジ		
ピーク番号	成分名	含有量(%)	ピーク番号	成分名	含有量(%)
1	$\alpha$ -pinene	0.36	1	$\alpha$ -pinene	1.47
2	myrcene	1.99	2	myrcene	5.60
3	d-limonene	87.47	3	d-limonene	88.21
4	p-cymene	4.89	4	n-octanal	1.81
5	terpinolene	1.15	5	n-nonanal	0.09
6	unidentified	0.40	6	unidentified	1.49
7	linalool	0.31	7	linalool	0.48
8	octyl acetate	0.14	8	octyl acetate	0.09
9	n-decanal	0.04	9	n-octanol	0.05
10	$\delta$ -elemene	0.10	10	n-decanal	0.35
11	isoplegol	0.01	11	unidentified	0.01
12	$\alpha$ -copaene	0.13	12	$\alpha$ -cubebene	0.00
13	acetate	0.06	13	citronellal	0.01
14	$\alpha$ -terpineol	0.05	14	$\alpha$ -copaene	0.08
15	aldehyde	0.04	15	$\alpha$ -terpineol	0.01
16	$\beta$ -elemene	0.71	16	$\beta$ -cubebene ?	0.04
17	citronellyl acetate	0.10	17	aldehyde	0.01
18	caryophyllene	0.10	18	n-undecanal	0.02
19	citronellol	0.02	19	$\beta$ -elemene	0.03
20	acetate	0.01	20	neral	0.02
21	neryl acetate	0.08	21	caryophyllene	0.02
22	alcohol	0.01	22	citronellol	0.00
23	ketone	0.01	23	$\beta$ -farnesene	0.01
24	$\alpha, \beta$ -humulene	0.12	24	geranial	0.00
25	perillaldehyde	0.01	25	$\alpha, \beta$ -humulene	0.00
26	trans-carveol	0.03	26	perillaldehyde	0.00
27	geranyl acetate	0.11	27	decyl acetate	0.00
28	unidentified	0.13	28	trans-carveol	0.00
29	cis-carveol	0.07	29	geraniol	0.00
30	$\beta$ -sesquiphellandrene	1.16	30	n-dodecanal	0.03
31	1-p-menthen-9yl acetate	0.00	31	unidentified	0.01
32	$\delta$ -cadinene	0.18	32	cis-carveol	0.00
33	1,8-p-menthadien-9yl acetate	0.00	33	valencene	0.04
34	perillyl acetate	0.01	34	$\delta$ -cadinene	0.01
			35	1,8-p-menthadien-9yl acetate	0.01

族アルデヒド類を多く含むことが特徴である。エステル類とアルデヒド類は異なる系統の香りであり、又官能テスト結果と合わせ考えるとこれらが、両みかんの香りの差異に多いに関与しているものと考えられる。

表5 温州みかんとヴァレンシアオレンジの比較

化 学 物 名	“りんかく官能基”別化合物名	温州みかん	ヴァレンシア オ レ ン ジ
炭 化 水 素 化 合 物	モノテルペン炭化水素化合物	95.86%	95.28 %
	セスキテルペン炭化水素化合物	2.50	0.23
エ ス テ ル 化 合 物	モノテルペンアルコールの酢酸エステル化合物	0.31	0.01
	鎖状脂肪族アルコールの酢酸エステル化合物	0.20	0.09
ケ ト ン 化 合 物	モノテルペンケトン化合物	0.01	0.00
	鎖状脂肪族ケトン化合物	0.00	0.00
アルデヒド化合物	モノテルペンアルデヒド化合物	0.05	0.03
	鎖状脂肪族アルデヒド化合物	0.04	2.31
アルコール化合物	モノテルペンアルコール化合物	0.50	0.49
	鎖状脂肪族アルコール化合物	0.00	0.05

## IV 要 約

温州みかん果皮油とヴァレンシアオレンジ果皮油を官能テスト、並びにその精油組成によって比較検討した。その結果、いずれのみかんも、みかんの香りに重要と考えられるd- limoneneおよびlinaloolを含んでおり、しかもその含有量も同じ位であった。しかし官能テストで示されたように、両みかんには明らかに香りの差異がみられ、特に、それは炭化水素部間よりも含酸素部間で著しかった。その含酸素部を成分上比べると、温州みかんではテルペンアルコールのエステル類が多く、ヴァレンシアオレンジでは、飽和直鎖状脂肪族アルデヒド類が多く含まれていた。その他、温州みかんに比べ、ヴァレンシアオレンジは低沸点化合物を多く含み、しかも温州みかんでは、それはほとんど全て炭化水素化合物で占められているのに対し、ヴァレンシアオレンジでは、炭化水素化合物の他に、鎖状脂肪族アルデヒド化合物を含むことが異なっていた。これらのことが両みかんの香気成分の差異に多いに関与していると考えられ、それ故に、それぞれのみかんを特徴づける重要なファクターとなっているものと考えられる。

終りに、本研究の官能テストで終始協力して下さいました藤井美津枝嬢（福井県立高校）に感謝致します。又、GC-MS測定の便宜を与えて下さいましたお茶の水女子大学の山西貞教授に、サンプルを提供していただきました高砂香料総合研究所の小松昭氏、渡辺進氏に厚くお礼を申し上げます。

参 考 文 献

- (1) Agr. Biol. Chem., **32**, 593 (1968)  
Tei Yamanishi, Akio Kobayashi, Yasuko Mikumo, Yoko Nakasone, Masae Kita and Satohiko Hattori
- (2) Agr. Biol. Chem., **33**, 1559 (1969)  
Yukie Kita, Yoichi Nakatani, Akio Kobayashi and Tei Yamanishi
- (3) 加藤征江：家政誌, **25**, 436 (1974)
- (4) 吉川誠次, 佐藤 信：食品の品質測定, 光琳書林
- (5) Agr. Biol. Chem., **34**, 599 (1970)  
Tei Yamanishi, Michiko Nose and Yoichi Nakatani
- (6) Agr. Biol. Chem., **35**, 261 (1971)  
Michiko Nose, Yoichi Nakatani and Tei Yamanishi
- (7) J. Food Sci., **30**, 876 (1965)  
G.L.K. Hunter and W.B. Brogden, JR.
- (8) J.A.O.A.C., **50**, 1313 (1967)  
J.A. Wenniger, R.L. Yates and M. Colinsky
- (9) J. Food Sci., **27**, 593 (1962a)  
Robert M. Ikeda, William L. Stanley
- (10) J. Food Sci., **28**, 541 (1963)  
Roy Teranishi, Thomas H. Schultz W.H.
- (11) J. Food Sci., **29**, 25 (1964)  
G.L.K. Hunter and G.L. Parks
- (12) J. Food Sci., **30**, 1 (1965)  
G.L.K. Hunter and W.B. Brogden, JR.
- (13) J. Org. Chem., **30**, 1690 (1965)  
K.L. Stevens, R.E. Lundin and R. Teranishi
- (14) J. Food Sci., **32**, 206 (1967)  
M.G. Moshonas
- (15) J. Agr. Food chem., **14**, 447 (1966)  
Roy Teranishi, R.E. Lundin, W.H. McFADDEN, T.R. mon, T.H. shultz, K.L.stevens, and Jan Wasserman
- (16) J. Food Sci., **26**, 401 (1961)  
Richard A. Bernhard
- (17) J. Food Sci., **26**, 43 (1961)  
William L. Stanley, Robert M. Ikeda, Sadie H. Vannier and Laurence A. Rolle
- (18) Anal. chem., **37**, 378 (1965)  
G.L.K. Hunter and M.G. Moshonas
- (19) J. Agr. Food chem., **19**, 520 (1971)  
Richard L. Coleman and Philip E. Shaw
- (20) 菊池俊英：匂いの世界, みすず書房

本研究は福井大学教育学部在職時、昭和47年10月21日、日本農芸化学会中部支部、関西支部合同大会で口答発表したものに、更に検討を加えた。