

# 柑橘果実及びカキ果実のWound エチレン生成

## Wound-induced Ethylene Production by Citrus Fruits and Japanese Persimmon Fruits

高田 峰雄、中村 宏、細川 雅章

Mineo TAKATA, Hiroshi NAKAMURA and Masaaki HOSOKAWA

### 緒 言

果実はその成熟特性に基づいて、クライマクテリック型果実、ノンクライマクテリック型果実、カキ型果実の三型に大別されるが、その成熟特性の一つにエチレン生成の差異が含まれる (1, 3, 7, 9, 11, 12, 13, 20)。

エチレンは植物ホルモンの一種であるが、果実の成熟と密接な関係があり、一名成熟ホルモンとも呼ばれている (1, 7, 9, 11, 12, 13, 15, 20)。

エチレンはクライマクテリック型果実とカキ型果実では成熟にともなって生成されるが、ノンクライマクテリック型果実は成熟に際してほとんどエチレンを生成しない特徴がある。しかし、ノンクライマクテリック型果実でも、ストレスが与えられるとエチレンを生成することが知られ、この時生成されるエチレンをストレスエチレンと呼んでいる (1, 7, 11, 20)。

ストレスには種々あるが、その一つに受傷 (wounding) があり、その時生成されるエチレンがwoundエチレンと呼ばれている。このwoundエチレンは果実の成熟型には関係なく全ての果実で生成されるが、その生成のされかたには差異があることが予想される。

前報 (14) ではクライマクテリック型のキウイ果実について報告したが、本報ではノンクライマクテリック型の柑橘果実と、カキ型のカキ果実について調べた結果を報告する。

また、カキ果実については、果実を縦に切断した場合と横に切断した場合とでは、そのwoundエチレン生成に差異を生ずる可能性が考えられたので、両方の切断方法で切断した果実についてwoundエチレン生成量を測定し、比較検討を行った。

### 材料及び方法

供試材料のうち、柑橘果実は市販のものを適宜購入して使用し、カキ果実は千葉大学教育学部附属農場産のカキ・富有果実を適宜採取して使用した。カキ果実は開花時 (5月末) に人工授粉を行なった。他の点はすべて前報 (14) に準じた。

使用したガスクロマトグラフはガスクロ工業KK製、充てん剤はポラパクQ : メッシュ80-100, 使用カラムは3 mm×2 mステンレススチール製, または, 島津製作所製GC-14A, 充てん剤はポラパクQ : メッシュ50-80, 使用カラム3 mm×2.1mガラスカラムである。両者とも, カラム温度は100°C, キャリアーガスはN<sub>2</sub>で流速は毎分20ml, 検出器はFIDであった。

本実験では、柑橘果実の場合には果実の中央部を果軸に直角に横に切断した。またカキ果実の場合には、果実の中央部を果軸に沿って縦に切断した場合 (以後縦切りと呼ぶ) と、果軸に

直角に横に切断した場合（以後横切りと呼ぶ）の二通りの方法で切断し、両者の wound エチレン生成量を測定した。なお、実験は1987年-1992年にわたって行なったが、いずれもよく似た結果を示したので、ここには主として1991年に得られた結果を示す。

## 結 果

### I. 柑橘果実の wound エチレン生成

種々の柑橘果実の中央部を横切りした後の wound エチレン生成量の変化を経時的に調べた。そのうちの数種類のものの結果を示すと図 I のとおりである。

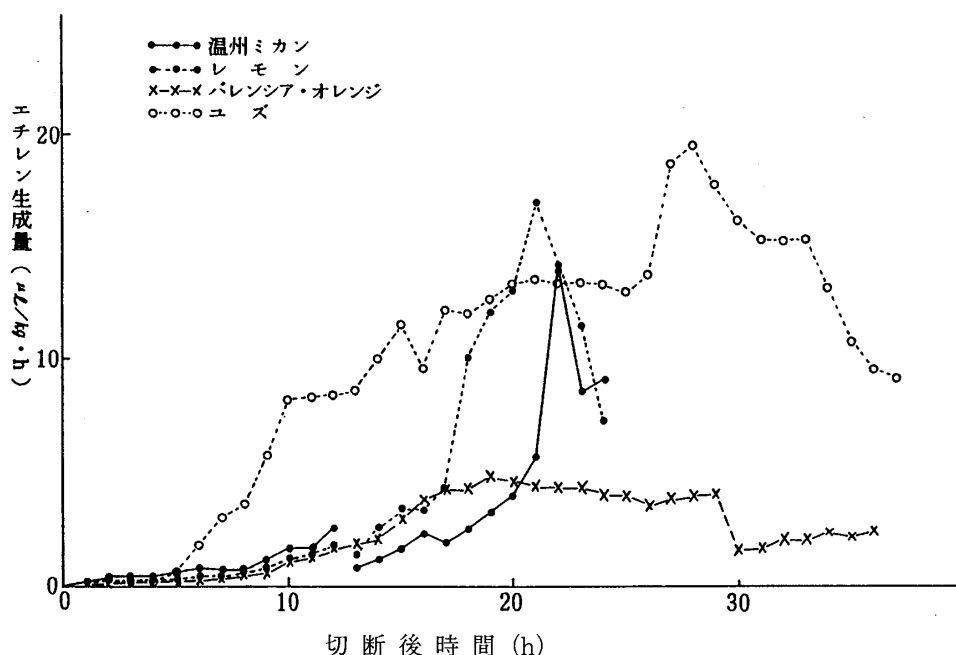


図 I 柑橘果実の切断（横切り）後の wound エチレン生成量の経時変化

#### 1. 普通温州ミカン

1990年12月20日、市販の普通温州ミカン果実（1果平均重=91g）を購入して調べた。図に見るように、エチレン生成は切断1時間後から見られ、その後は時間の経過とともに増大し、切断22時間後にピークに達した。ピーク値は約 $14 \mu\text{l}/\text{kg}\cdot\text{h}$ であった。なお、本実験では果実を6個用意し、うち3個を切断し、その果実について切断直後から12時間にわたってエチレン生成量を測定した。次に、残りの3個を前者の切断12時間後に切断し、この果実を一夜放置して切断12時間後から12時間にわたってエチレン生成量を測定した（合計24時間測定）。従って、図において前半（切断12時間後まで）の果実と、後半（切断12時間後以降）の果実は異なった果実であった。そのため、図において両者の結果を結ぶには無理が生じたため、図上では両者を切り離して図示した。結果は3果の平均で示した。なお、測定終了時の果実は、切断面がやや乾燥気味であったが、カビの発生はなく、外観上の変化も認められなかった。

#### 2. レモン

1991年8月7日、市販のレモン果実（1果平均重=149g）を購入して調べた。結果は図 I に

示すとおりであった。本実験も前述の温州ミカンと同じ方法で行なった。

図に見るように、温州ミカンの場合とよく似た結果を示し、ピークが切断21時間後に出現した。ピーク値は約 $17 \mu\text{l}/\text{kg}\cdot\text{h}$ で、温州ミカンよりも少し高い値を示した。結果は3果の平均値で示した。また、測定終了時の果実は切断面がやや乾燥気味であったが、カビの発生はなく、外観上の変化もなかった。

### 3. バレンシアオレンジ

1991年9月20日、市販のバレンシアオレンジ果実（1果平均重=226g）を購入して調べた。

結果は図Iに示すとおりであった。なお、本実験においては、測定は切断から36時間後まで連続して行なった。

図に見るように、エチレン生成は切断1時間後からわずかに見られ、切断6時間後から増加に転じ、切断19時間後にピークに達した後ゆっくり減少した。ピーク値は約 $5 \mu\text{l}/\text{kg}\cdot\text{h}$ であり、前述の二者に比してかなり小さかった。なお、結果は3果の平均値で示した。また、測定終了時の果実は切断面がやや乾燥気味であったが、カビの発生はなく、外観上の変化もなかった。

### 4. ユズ

1991年10月24日、市販のユズ果実（1果平均重=85g）を購入して調べた。

結果は図Iに示すとおりであった。なお、本実験は切断から切断38時間後まで連続して測定を行なった。

図に見るように、エチレン生成は切断3時間後から認められ、切断5時間後から増加に転じ、切断28時間後にピークに達した後減少した。ピーク値は約 $20 \mu\text{l}/\text{kg}\cdot\text{h}$ であり、前述の三者のどれよりも高かった。なお、結果は3果の平均値で示した。また、測定終了時の果実は切断面がやや乾燥気味であったが、カビの発生はなく、外観上の変化もなかった。

これらのほかにも、早生温州ミカン、中生温州ミカン、甘夏ミカンについても調べた。その結果、早生温州ミカンは切断29時間後に、中生温州ミカンは切断31時間後にそれぞれピークに達した。甘夏ミカンの場合には切断24時間後までピークが出現しなかった。

## II. カキ果実のwound エチレン生成

1989年10月18日採取のカキ（富有）果実（ほぼ収穫適期の果実）を縦切りした場合のwoundエチレン生成量の変化は、図IIに示すとおりであった。

図に見るように、エチレン生成は切断1時間後から認められ、時間の経過とともにほぼ直線的に増加し、切断18時間後にピークに達した後ゆるやかに減少した。ピーク値は約 $5 \mu\text{l}/\text{kg}\cdot\text{h}$ であった。なお、測定終了時の果実は硬く、カビの発生はなく、外観上の異常も認められなかった。

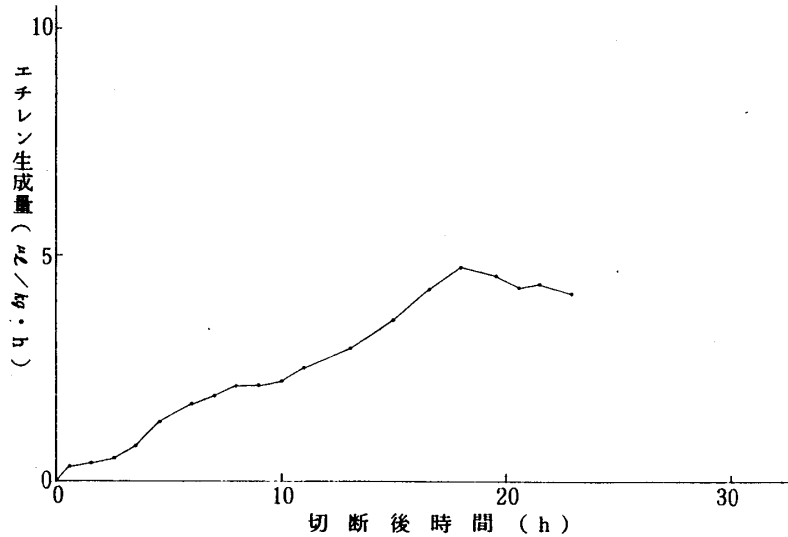
## III. 発育ステージの異なるカキ（富有）果実のwound エチレン生成

### 1. ステージI（6月～7月）の果実

#### (a). ステージI中期の果実

1991年7月8日採取の果実（1果平均重=23g）について得られた結果は、図III-1-(a)に示すとおりであった。

菓に見るように、エチレン生成は切断1時間後から見られ、切断2時間後以降に急増し、切



図II カキ(富有) 果実の切断(縦切り)後のwoundエチレン生成量の経時的変化

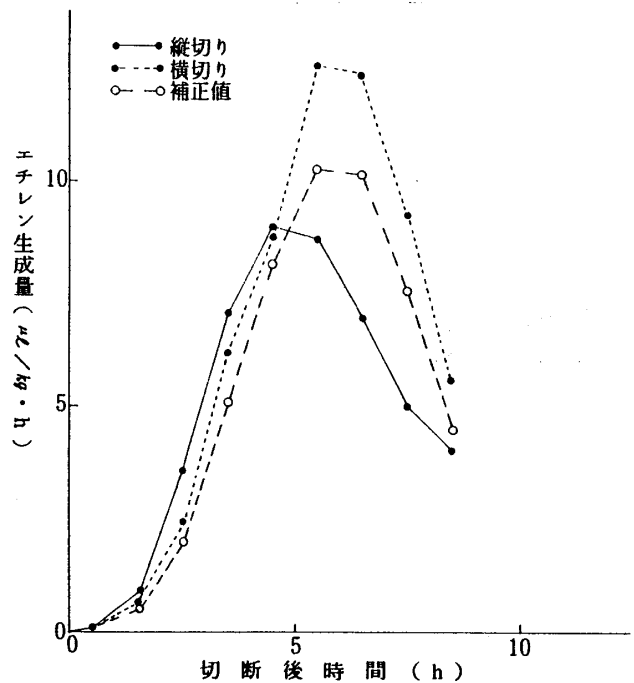
断5～6時間後にピークに達した後急速に減少した。

本実験では果実の切断方法を縦切りと横切りの二通りの方法で行なったが、図に見るように、ピークの出現は縦切り果の方が横切り果よりも1時間早かった。またピーク値は横切り果の方がはるかに大きかった。なお、縦切り果と横切り果とでは切断面の面積の大きさが異なるので(横切り果の切断面積の方が大きい)、切断面積を同じとして補正を行なった時(縦切り果の切断面積を基準とした)の値(以後補正值と呼ぶ)でも、横切り果の方がピーク値は高かった。果実は測定終了時には硬く、カビの発生など外観上の異常は認められなかった。

(b). ステージI後期の果実

7月22日採取の果実(1果平均重=41g)についての結果は図III-1-(b)に示すとおりであった。

図に見るように、得られた結果は図III-1-(a)の場合とよく似ていた。しかし、ピークの出現が少し遅くなったことと、横切り果のピーク値が低くなり、縦切り果のそれとほぼ等しくなった点で相違があった。従って、補正值では縦切り果のピーク値の方が横切り果のピーク値よりも大きくなり、7月8日採取の果実とは異なっていた。なお、測定終了時の果実は硬く、外観上の異常は認められなかった。

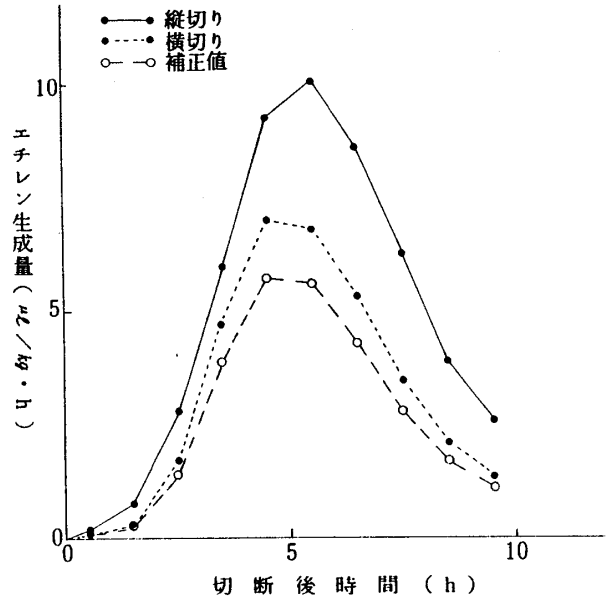
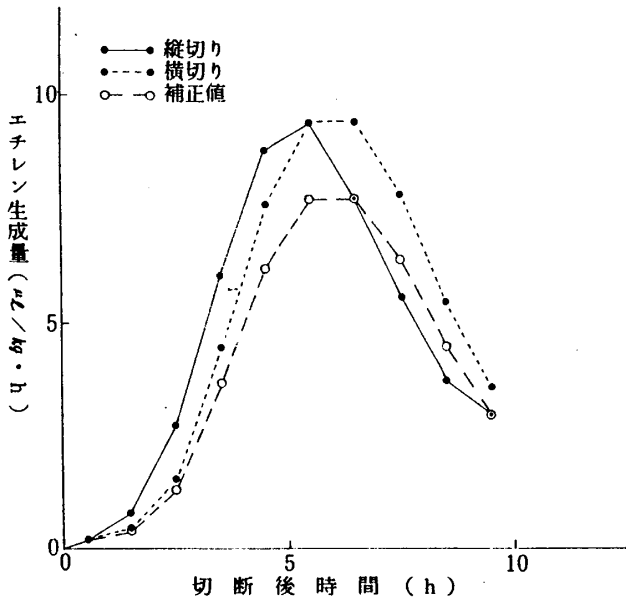


図III-1-(a) ステージI中期のカキ果実(7月8日採取)による切断後のwoundエチレン生成量の変化

2. ステージII(8月上旬～9月上旬)の果実

8月21日採取の果実(1果平均重=60g)についての結果は図III-2に示すとおりであった。

図に見るように、傾向はステージIの果実の場合とよく似ていた。しかし、横切り果のピークの方が縦切り果のそれより早く出現したと、ピーク値が縦切り果の方が大きくなり、ス



図III-1-(b) ステージI後期のカキ果実(7月22日採取)による切断後のwound エチレン生成量の変化

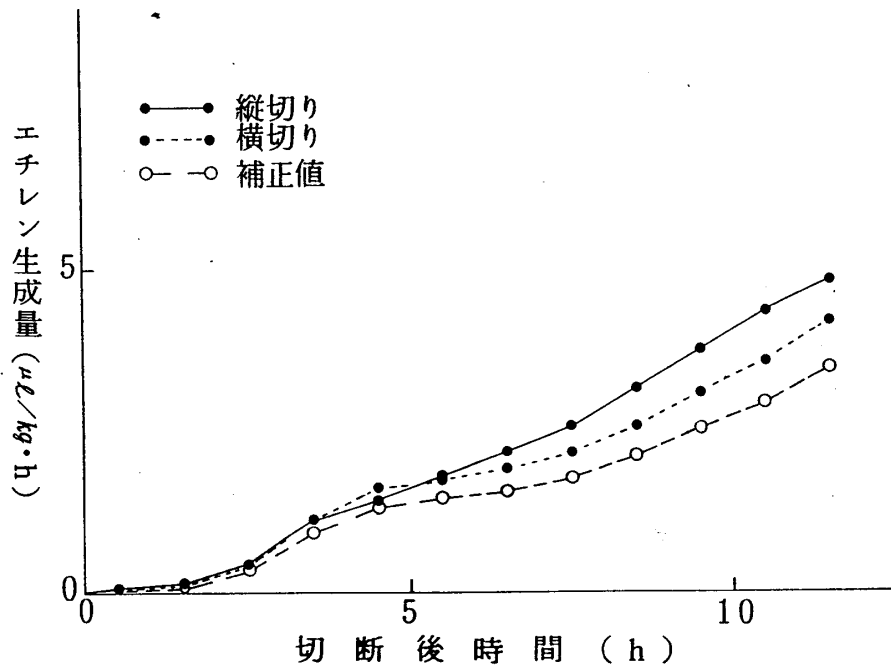
図III-2 ステージIIのカキ果実(8月21日採取)による切断後のwound エチレン生成量の変化

ステージIの果実の場合と逆になった点で大きく異なった。なお、測定終了時の果実は硬く、外観上の異常は認められなかった。

### 3. ステージIII (9月中旬~11月) の果実

#### (a). ステージIII前期の果実

10月4日採取の果実(1果平均重=101g)についての結果は図III-3-(a)に示すとおりであった。なお、この果実はかなり着色が進んでいたが、蒂部にはまだ緑色が残っていて、収穫には少し早い段階にあった。



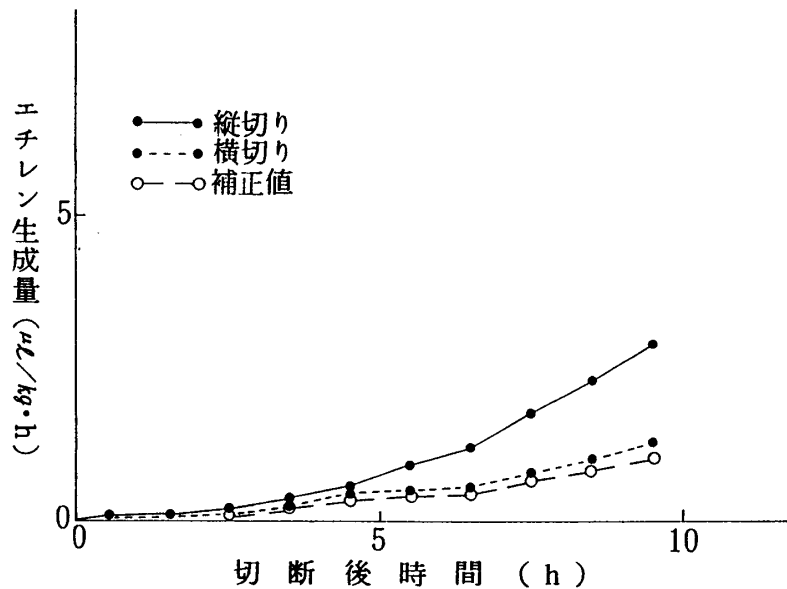
図III-3-(a) ステージIII前期のカキ果実(10月4日採取)による切断後のwound エチレン生成量の変化

図に見るように、エチレン生成は切断2時間後まではわずかであったが、その後は直線的に

増加した。切断6時間後頃までは、縦切り果と横切り果との間にエチレン生成量の差はなかったが、それ以後は差が拡大した。切断5時間後頃までのエチレン生成量は、ステージⅠ、ステージⅡの果実よりもかなり少なかった。また、この果実では切断12時間後までピークは出現せず、ステージⅠ、ステージⅡの果実とは傾向が大きく相違した。なお、測定終了時の果実は硬く、外観上の異常は認められなかった。

(b). ステージⅢ中期の果実

10月31日採取の果実（1果平均重=119 g）についての結果は図Ⅲ-3-(b)に示すとおりであった。なお、この果実は収穫適期のものではなかった。



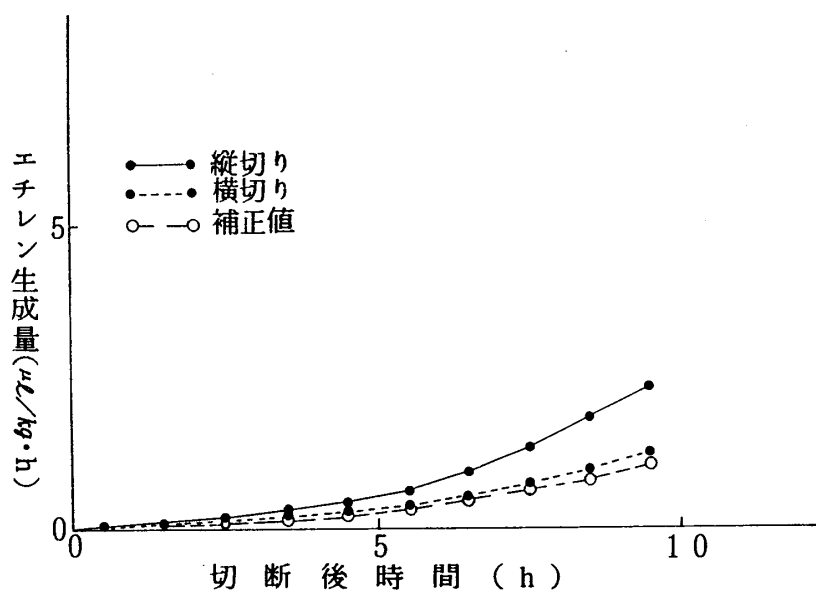
図Ⅲ-3-(b) ステージⅢ中期のカキ果実(10月31日採取)による切断後のwoundエチレン生成量の変化

図に見るように、エチレン生成量は時間の経過とともに増加したが、その速度はゆるやかであり、特に横切り果で顕著であった。また生成量それ自体も図Ⅲ-3-(a)の果実に比べて少なかった。縦切り果のエチレン生成量は切断直後から横切り果のそれよりも大きく、時間の経過とともにその差が拡大した。この両者間の差は図Ⅲ-3-(a)の果実のものよりも大きかった。この果実でも切断10時間後までエチレン生成量のピークは出現しなかった。測定終了時の果実は硬く、外観上の異常は認められなかった。

(c). ステージⅢ後期の果実

11月17日採取の果実（1果平均重=123 g）についての結果は図Ⅲ-3-(c)に示すとおりであった。なお、この果実は収穫適期を約3週間過ぎていて、やや過熱と考えられるものではあったが果実は硬かった。

図に見るように、すべての点で図Ⅲ-3-(b)の果実とよく似た結果を示したが、ただ縦切り果のエチレン生成量が少し減少した。測定終了時の果実は硬く、外観上の異常は認められなかった。



図III-3-(c) ステージⅢ後期のカキ果実(11月17日採取)による切断後のwoundエチレン生成量の変化

### 考 察

ノンクライマクテリック型果実の代表である柑橘類には多くの種類があるが、本実験ではそのうちの7種類の果実について調べた。果実は中央部を横切りにしたが、woundエチレンはwounding(受傷)の程度(強弱)によってその生成量が異なるので(未発表)、本実験では果実を完全に両断することにより、できる限りwoundingの程度を等しくするように配慮した。

実験の結果、すべての場合に数時間のラグタイムの後にエチレン生成が始まり、甘夏ミカン以外はピークに達した後減少した。ピークはほとんどの場合切断20~30時間後に出現した。ピーク値は果実の種類によってかなりの差異があった。

ノンクライマクテリック型果実のwoundエチレン生成についての報告は少ないが、カボチャ果肉ディスク(8)とオレンジ果皮ディスク(22)についてのものがある。それによると、カボチャは切断30時間後以降にピークが出現したが、オレンジでは64時間後までピークが出現しなかった。しかし、これらの場合はwoundingの方法が本実験とは異なるので、必ずしもそのまま参考にはならないかも知れない。

また、本実験で使用した果実はすべて市販のものを購入したものであり、収穫後から入手するまでにかなりの時間を経過し、またその間にどのような取り扱いを受けたかも不明である。従って、今後は収穫直後の新鮮な果実について再実験を行なうことが望ましい。

次にカキについて触れると、カキ(富有)果実について得られた結果は、柑橘果実の場合とよく似ていた。図Ⅱに示したように、woundエチレン生成量のピークは切断18時間後に出現したが、別の実験ではこれよりも少し遅れた場合があった(未発表)。なお、図Ⅱの結果は果実を中央部から縦切りにした場合のものであり、切断の方法が違くと差異を生ずる可能性が考えられる。

ところで、クライマクテリック型果実のキウイ果実の場合、収穫適期の果実では切断18時間後前後にwoundエチレン生成量のピークが出現した(未発表)。

このような点から、woundエチレン生成量のピークはすべての型の果実で存在し、収穫適期の果実では切断20時間後前後あるいはそれ以降に出現するのではないかと考えられる。しかし、

この点についてはさらに多数の果実について調べる必要があるだろう。

また、カキ果実については、果実の発育段階の違い及び切断方法の違いと wound エチレン生成の関係についても調べた。その結果、縦切り果の場合にはステージⅠとステージⅡの果実で、切断5～6時間後に wound エチレン生成量のピークが出現し、ピーク値はどちらの場合も約10  $\mu\text{l}/\text{kg}\cdot\text{h}$ と等しかった。これに対しステージⅢの果実では切断10時間後までピークは出現しなかった。しかし、図Ⅱに見るように、この場合にも切断20時間後付近でピークが出現するものと考えられる。

果実の発育段階と wound エチレン生成の関係については、クライマクテリック型果実のキウイ果実で調べられている(14)。キウイ果実の場合には、ステージⅠとステージⅡの果実で切断10時間以内に wound エチレン生成量のピークが見られたが、ピークの出現はステージⅡの果実の方が遅かった。また、ステージⅢの果実では切断12時間後までピークは出現しなかった。しかし、別の実験では切断18時間後付近でピークが見られている(未発表)。また、キウイ果実の場合ピーク値はステージⅠの果実に比してステージⅡの果実はかなり小さかった。このように、カキ果実とキウイ果実との間には、wound エチレン生成のパターンにおいて差異のあることがわかる。しかし、カキ果実の場合、横切り果ではステージⅠからステージⅡに進むにつれてピーク値は低下していて、キウイ果実の場合と一致している。このようなことから、これらの差異が果実の成熟型の相違によるものなのか、あるいは切断方法の違いによるものなのかは必ずしも明らかではなく、今後さらに検討する必要があると考えられる。

カキ果実については、切断の方法(縦切りと横切り)によって wound エチレン生成に差異があるかどうかについても調べた。カキ果実はその基部に蒂(へた)という特殊な器管を有し、ステージⅠの果実ではエチレン生成量のピーク前に蒂が脱落するなど、他の果実にはない特徴的な変化を示す(18, 19)。これらの点から、蒂部を切断した場合とそうでない場合とでは差異を生じることが考えられる。

実験結果から、wound エチレン生成量のピークの出現が、ステージⅠ中期の果実(7月8日採取)では縦切り果の方が横切り果のそれよりも1時間早く、ステージⅠ後期の果実(7月22日採取)ではその差が縮小し、さらにステージⅡの果実(8月21日採取)ではその関係が逆転し、横切り果のピークの方が縦切り果のピークよりも1時間早く出現した。またピーク値についても同様なことが見られた。すなわち、ステージⅠ中期の果実では横切り果のピーク値は縦切り果のそれよりもかなり大きかったが、ステージⅠ後期の果実では両者間の差はなくなり、ステージⅡの果実では逆転して、横切り果のピーク値の方が縦切り果のそれよりも小さくなった。

これらのことは、カキ果実ではステージⅠとステージⅡの間に、果実内で wound エチレン生成能力に関わる大きな変化が生じたことを示唆するものであり、かつて呼吸量の変化等の点から提起した、ステージⅠとステージⅡの境界で果実内に大きな生理的変化が生じるのではないかという考え(17, 18, 19)を支持するものであり、今後の追究すべき課題である。

また、wound エチレン生成量がピークに達する以前の縦切り果と横切り果のエチレン生成量を比較すると、すべてのステージを通して縦切り果の方が横切り果のそれを上まわった。しかし、両者間の差はステージⅠとステージⅡの果実では大きくなかったが、ステージⅢ中期と後期の果実では大きくなった。このことは、ステージⅡとステージⅢとの間にも、wound エチレン生成能力に関わる何らかの変化が果実内に生じたことを示唆するものと考えられる。

このように、カキ果実をその生育面からステージⅠ、Ⅱ、Ⅲと分類することは、wound エチレン生成の点からも合理的であると言えよう。なお、種々の果実について、生育ステージをさ



らに細分化する意見もあるが (5), これは複雑化させることにもなるので, カキ果実に関してはステージ I, II, III, の三分法が妥当であると考ええる。

なお, ステージ III の果実については, wound エチレン生成量のピークが出現するまで測定を続けなかったが, 縦切り果と横切り果のピークの出現後まで測定を続け, 両者を比較検討することが望ましく, 今後の課題として残された。

wound エチレン生成成のメカニズムは, クライマクテリック型果実の成熟の際のそれと同じであることが明らかにされている (4, 8, 10, 16, 22)。また, その時のエチレン生成に決定的な役割を果すと考えられるものが ACC 合成酵素であると言われている (2, 21)。しかし, 果実の種類によってはこの他にエチレン生成酵素も決定的な役割を果すことが明らかにされた (6)。

従って, 本実験において使用した果実の場合はどうなのか, 特にカキ果実の場合, 発育段階や切断方法の違いによる差異はどのようにして生じたのか, などの課題も, 今後両酵素の活性の変化や, 果実内での ACC 量の変化を追究することによって解明が期待される。

## 摘 要

ノンクライマクテリック型果実の柑橘果実と, カキ型果実のカキ果実を切断して, その後の wound エチレン生成量の変化をヘッドスペース法によって経時的に調べた。

柑橘果実については, 収穫適期に採取された 7 種類の市販の果実 (早生温州ミカン, 中生温州ミカン, 晩生温州ミカン, レモン, バレンシアオレンジ, ユズ, 甘夏ミカン) を使用し, 果実の中央部を果軸と直角に横に切断した後, 1 時間毎にエチレン生成量を測定した。その結果, すべての果実で切断後数時間のラグタイムの後エチレン生成が始まり, 甘夏ミカンを除くすべての果実でピークに達した後減少した。ピークは切断後約 20~30 時間の間に出現した。ピーク値は約 5~20  $\mu\text{l}/\text{kg}\cdot\text{h}$  の範囲で, 果実の種類によってまちまちであった。

収穫適期に採取したカキ (富有) 果実を中央部で縦に切断した場合, wound エチレン生成量のピークは切断 18 時間後に現われ, ピーク値は約 5  $\mu\text{l}/\text{kg}\cdot\text{h}$  であった。

カキ (富有) 果実については, 生育ステージ及び切断方法の違いと wound エチレン生成との関係についても調べた。

生育ステージの異なるカキ果実の場合, ステージ I とステージ II の果実では切断 5~6 時間後にピークが出現した。ピーク値は縦切り果では両ステージの果実とも約 10  $\mu\text{l}/\text{kg}\cdot\text{h}$  と等しかったが, 横切り果ではステージ I 中期の果実で約 13  $\mu\text{l}/\text{kg}\cdot\text{h}$  と高く, ステージの進行とともに低下し, ステージ II の果実では約 7  $\mu\text{l}/\text{kg}\cdot\text{h}$  と半減した。

切断方法の違い (縦切りと横切り) と wound エチレン生成量との関係では, ステージ I 中期の果実の場合横切り果の方が縦切り果よりもピーク値がかなり高かったが, ステージ I 後期になると両者は等しくなり, ステージ II では逆に横切り果の方がかなり低くなった。ステージ III の果実の場合, 切断 10 時間後まででは, 縦切り果のエチレン生成量の方が横切り果のそれよりも大きかった。またその差はステージが進むと拡大した。

## 文 献

1. Abeles, F. B. 1972. Biosynthesis and mechanism of action of ethylene. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 23:259-292.

2. Acaster, M. A. and H. Kende. 1983. properties and partial purification of 1-aminocyclopropane-1-carboxylate synthase. *Plant Physiol.* 72:139-145.
3. Biale, J. B. 1960. Respiration of fruits. *Handbuch der pflanzen physiologie* 12:536-592. Springer Verlag. Berlin.
4. Boller, T. and H. Kende. 1980. Regulation of woundethylene synthesis in plants. *Nature* 286:259-260.
5. Coombe, B. G. 1976. The development of fleshy fruits. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 27:207-228.
6. Hoffman, N. E. and S. F. Yang. 1982. Enhancement of wound-induced ethylene synthesis by ethylene in preclimacteric cantaloupe. *Plant Physiol.* 69:317-322.
7. 兵藤宏. 1984. エチレン合成の調整. *化学と生物*22:339-344
8. Hyodo, H., K. Tanaka, and K. Watanabe. 1983. Wound-induced ethylene production and 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid synthase in mesocarp tissue of winter squash fruit. *Plant and Cell Physiol.*24.963-969.
9. 伊庭慶明, 福田博之, 垣内典夫, 荒木忠治. 1985. 果実の成熟と貯蔵. 養賢堂.
10. Kende, H. and T. Boller. 1981. Wound ethylene and 1-aminocyclopropane-1-carboxylate synthase in ripening tomato fruit. *Planta* 151:476-481.
11. Lieberman, M. 1979. Biosynthesis and action of ethylene. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 30:533-591.
12. Pratt, H. K. and J. D. Goeschl. 1969. Physiological roles of ethylene in plants. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 20:541-584.
13. Sacher, J. A. 1973. Biosynthesis and mechanism of action of ethylene. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 24:197-224.
14. 清水有子. 高田峰雄. 1990. 種々の発育段階で採取したキウイ果実の wound エチレン生成. *千葉大学教育学部研究紀要* 38(2):123-132.
15. 下川敬之. 1991. エチレン. 東京大学出版会.
16. Su, L. Y., T. Mckeon, D. Grierson, M. Cantwell and S. F. Yang. 1984. Development of 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid synthase and polygalacturonase activities during the maturation and ripening of tomato fruits. *Hortscience* 19:576-578.
17. 高田峰雄. 1967. カキ及びトマト果実の生育ならびに成熟に伴う呼吸量の変化. *園学雑.* 36:358-362.
18. 高田峰雄. 1982. 発育ステージの異なるカキ果実の呼吸, エチレン生育及び成熟に対するエチレン処理の影響. *園学雑.* 51:203-206.
19. 高田峰雄. 1983. 種々の発育段階で採取したカキ果実の呼吸, エチレン生成及び成熟. *園学雑.* 52:78-84.
20. Yang, S. F. and N. E. Hoffman. 1984. Ethylene biosynthesis and its regulation in higher plants. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 35:155-189.
21. Yu, Y., D. O. Adams and S. F. Yang. 1979. 1-aminocyclopropanecarboxylate synthase, a key enzyme in ethylene biosynthesis. *Arch. Biochem. Biophys.* 198:280-286.
22. Yu, Y. and S. F. Yang. 1980. Biosynthesis of wound ethylene. *Plant Physiol.* 66:281-285.