

リンゴ，ナシ，モモ果実のCO₂排出量，酸含量， エタノール含量に及ぼす傷の影響について

塚 本 正 秋*

Masaki TSUKAMOTO

Effect of Bruises on CO₂ Output, Acid Contents
and Ethanol Contents in Apple, Pear and Peach Fruits.

Abstract: Some physiological changes in mechanically injured apple, pear and peach fruits were studied. The bruised fleshes of the fruits showed remarkable wound responses which consist of an accelerated CO₂ output, an increased intensity of ethanol production and a decreased acid contents. The acceleration in CO₂ output was seen most remarkably within 24 hours after bruising and lasted for at least 2 days. When 'KOKKŌ' apple fruit was dropped onto a hard board from the height of 1 m, CO₂ output began to be accelerated 1.5–2.0 hours after bruising. Under such circumstances as the surfaces of bruised regions of 'KOKKŌ' apple and 'ŌKUBO' peach fruits were covered with 6x6 cm² adhesive tapes and the exchanges of gas through them were consequently cut off, the acceleration in CO₂ output couldn't be observed immediately after bruising at least. The decreased organic acids in bruised fleshes of fruits were malic acid and citric acid in 'OKUSANKITTI' pear and malic acid in 'KOKKŌ' apple. In 'KŌGYOKU' apple fruit, acids contents in the bruised fleshes of the fruits were decreased rapidly at 25°C and gradually at 5°C, which showed the dependence of the acids contents in bruised flesh of the fruit to temperature. Ethanol production in bruised flesh of the fruit was accelerated in an atmosphere of nitrogen. There was no correlation between ethanol accumulation and temperature. When it was assumed that the additional CO₂ produced as a result of bruising injury arises from oxidative decomposition of organic acids and alcoholic fermentation, the value of additional CO₂ calculated from the decreased acid contents and the accumulated ethanol contents in bruised flesh of the fruit approximately agreed with the experimental value. In an atmosphere of nitrogen, however, CO₂ output wasn't always accelerated in spite of constant decrease of acid contents and ethanol accumulation in bruised flesh of the fruit, which didn't show the correlation of accelerated CO₂ output with decreased acids or with accumulated ethanol.

緒 言

果実が衝撃，圧縮などなんらかの外力を加えられて受傷した場合，受傷に対する反応として様々な生理変化が生じることが報告されている。中でも最も古くから知られている現象は，CO₂排出量の増大（2，4，9）と酸含量の減少（4，10，11）であろう。また最近，注目すべき変化としてエタノールの蓄積が温州ミカンで報告されている⁽⁴⁾。これら3つの生理変化は互に独立した変化であるのかもしれないし，あるいは密接な関連を持っているのかもしれない。本報告は，リンゴ，ナシ，モモ果実を用いて上記3変化についての調査をし，基礎資料を提供しようとしたものである。

* 島根大学教育学部技術研究室

材料及び方法

1. CO₂排出量変化とその持続時間

1) モモ

1972年8月，福島県湯野産の白桃の中から大きさ，熟度の揃った果実10個体を選び，5個体に傷をつけ，受傷果と健全果のCO₂排出量を比較した。実験は20°Cの恒温室で行ない，購入当日より1週間，デシケーター法でCO₂排出量を毎日測定した。傷は3日目に50cmの高さよりコンクリート上に落下させて与え，1果実につき赤道部2か所を受傷させた。実験は2反復行ないその平均値をとった。なお，今後特に記述しない場合，CO₂排出量の測定法は全てデシケーター法である。

2) ナシ

1972年9月に茨城県経済連出荷の長十郎を用い, モモと同方法で調査をした。

3) リンゴ

1972年11月に購入後20°Cで1か月貯蔵した国光を用い, モモと同方法で調査した。

2. 衝撃エネルギーの大小によるCO₂排出量の上昇度

1971年12月, 購入後13日間室内に放置した国光を厚さ2.7cmの板上に落下させてCO₂排出量変化を測定した。処理区としては①50cmの高さから3か所, ②50cmの高さから2か所, ③50cmの高さから1か所, ④30cmの高さから2か所, ⑤10cmの高さから2か所に衝撃を与えたものと, 5区設け, 衝撃エネルギーの大小(受傷程度の大小)がCO₂排出量変化に及ぼす影響について調査した。測定は処理日の3日前から9日間行なった。1処理区供試果実数は5個であり, 2反復した平均値を, 処理当日を基準とした指数でそれぞれ表わした。

3. CO₂排出量増大までの誘導時間

1972年3月, 国光リンゴを1mの高さより厚さ2.7cmのまな板上に落下させ, 処理後のCO₂排出量変化を15分あるいは30分毎に測定し, 健全果と比較した。供試果実数は1区5個であり, 測定は梶浦らの方法⁽⁵⁾による比色法を用いた。

4. 受傷部被覆がCO₂排出量変化に及ぼす影響

1) リンゴ

1977年5月, 国光を30cmの高さより厚さ2.7cmの板上に落下させ赤道部を受傷させた後, ゴムチューブの4cm四角の切片を接着剤で受傷部に密着させ, その上ならびに周囲を粘着テープで被覆し(最終的には6cm四角の被覆とした), CO₂排出量変化を測定した。被覆は受傷部表皮のガス透過を遮るための処置である。処理区としては, ①受傷被覆, ②受傷のみ, ③被覆のみ, ④無処理の4区を設け, 各5個の果実を供試した。

2) モモ

1977年7月, 島根県江津産の大久保を高さ50cmよりコンクリート上に落下させ, リンゴと同様の調査を行なった。モモの場合は, ゴムチューブでなくガントープを用いた。モモをデシケーター内に密閉し, 中・高温下でCO₂排出量を長期にわたって測定すると, 殆んどの場合に灰星病あるいはカビ果の発生を見る。そして灰星病あるいはカビ果が発生するとCO₂排出量の著しい増大が見られ

る。本実験においても, 購入直後に3時間殺菌燈照射下に置いて果実とデシケーターを殺菌したにもかかわらず, 5日目に灰星病発生の徴候が見られたので, 実験は5日目で中止した。

5. 受傷部のpH, 滴定酸度, 可溶性固形分含量変化

1) モモ

1972年7月, 東京大学附属二宮果樹園で栽培されている白鳳20個を用い, 収穫翌日に縫合線を境として果実半分は傷をつけ, 室内に1日放置後受傷部と健全部を搾汁, pH, 滴定酸度, 可溶性固形分含量を測定した。pHはpHメーターで読み, 滴定酸度は果汁10mlを脱塩水で100mlに稀釈し, 0.1N水酸化ナトリウム溶液でpH8.1を終点として中和滴定して求め, 可溶性固形分含量は屈折糖度計で読んだ。

2) ナシ

1972年10月, 購入16日目の長十郎30個を用い, モモと同様の調査を行なった。

3) リンゴ

1971年にはCO₂排出量測定に用いた国光25個について, また1972年には20°C下で40日間貯蔵しておいた国光20個について同様の調査をした。

6. 貯蔵温度と受傷部の酸含量, エタノール含量の関係

1978年2月, 紅玉リンゴに鉄棒で反覆衝撃を加えて果実半分を受傷させた後, 25°C下, 5°C下に分けて貯蔵し, 毎日4個ずつ取り出して健全部と受傷部の滴定酸度, エタノール含量を測定した。滴定酸度はリンゴ酸含量に, 換算して表示した。なお, エタノール含量は, 本実験では全て蒸留法で測定した。

7. 受傷部の有機酸分析

1) ナシ

1977年12月, 本学部圃場で栽培している晩三吉6個を用い, 果実半分は傷をつけ, 3日間室内に放置後冷凍庫内で冷凍し, 翌年2月に健全部, 受傷部を搾汁, 吸引口過後20mlの果汁を分析用に供試し, Bulenら⁽¹⁾の方法に準じ, シリカゲルカラムクロマトグラフィーで有機酸を分析した。

2) リンゴ

1978年6~7月, 国光の受傷部(50cmの高さよりリノリウム床上に5回落下させ1日室内に放置した果実)及び健全果3個体ずつを搾汁, 吸引口過した後分析用試料

として15mlを採取し、同方法で分析した。

8. 受傷部のエタノール含量

1) モ モ

1977年8月、島根県江津産の白桃10個を選び、そのうちの5個の果実全体に鉄棒で反覆衝撃を与えて受傷させ、木綿を充填したダンボール箱に注意深く詰め、松江から東京まで列車で運び、東京大学農学部園芸第一研究室にてエタノール含量を測定し、健全果と比較した。処理後測定まで3日を要した。実験は2反覆行ないその平均をとった。

2) ナ シ

本学部圃場栽培の石井早生を1977年9月に収穫、1週間室内に放置した後、果実全体に鉄棒で反覆衝撃を与えて受傷させ、受傷部のエタノール含量を健全果と比較した。処理後果実をデシケーター内に密閉した区と室内に放置した区の2区を設け、密閉区については受傷1日後、2日後、3日後に、室内放置区は1日後、2日後にそれぞれ2個ずつ取り出して調査した。

9. CO₂排出量変化とエタノール含量、酸含量変化との関連性

本学部圃場栽培の晩三吉ナシを用いて果実の約半分に傷をつけ、受傷前、受傷後各々3930分間のCO₂排出量、受傷部の酸含量変化、エタノール含量変化を調査し、それらの関連性を吟味した。酸含量は1/10N NaOHにより、果汁10ml（果肉12.7gに相当した）を滴定し、果汁100mlあたりのリンゴ酸含量として算出した。晩三吉の収穫は11月21日で、実験は11月29～12月5日、12月7日～12月13日の2回行なった。室温は13°C前後であった。CO₂排出量の変化から、受傷により実際に増大したと考えられるCO₂量を算出するには次の2通りの計算方法を考えた。

①受傷すればクエン酸回路による正常な呼吸が受傷部のみ乱され、その代償呼吸系としてエタノール発酵と有機酸の酸化分解が進み、一方健全部では正常な呼吸が続行する、と考えると

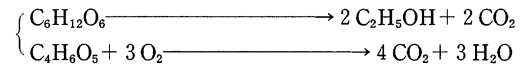
$$\text{増大CO}_2 \div (\text{受傷後のCO}_2\text{排出量} - (\text{受傷前のCO}_2\text{排出量}) \times (\text{果肉重量} - \text{受傷部重量}) / (\text{果肉重量}) \times (\text{健全果のCO}_2\text{排出量上昇率}))$$

②受傷部でも正常な呼吸は乱されず、それに加えて受傷部の有機酸分解、エタノール発酵が同時に進行すると考えれば、

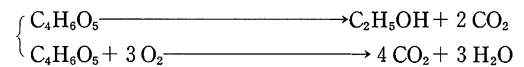
$$\text{増大CO}_2 \div (\text{受傷後のCO}_2\text{排出量} - (\text{受傷前のCO}_2\text{排出量}) \times (\text{健全果の上昇率}))$$

また、有機酸の減少量とエタノールの蓄積量から算出するCO₂発生量もその経路によって異なるので、一応次の2つの一般的な経路を考え、それぞれについて発生すべきCO₂量を計算した。

①糖の分解によるエタノール発酵と有機酸（リンゴ酸）の酸化分解が別々に起こり、CO₂を発生する場合



②糖は関係なく、有機酸（リンゴ酸）の分解のみが生じ、一部はピルビン酸を経てエタノールに、他は酸化分解される場合



それぞれ2組ずつの可能性から算出したCO₂量を組み合わせ、どの組み合わせが最も近似した値を示すか検討した。

10. N₂雰囲気中での生理変化

1) リンゴ

1978年4月、ふじを50cmの高さからリノリウム床上に5回落下させ、5か所に受傷させた後、N₂ガスで満たしたデシケーター内に入れ、N₂雰囲気中での生理変化を調査した。調査事項は、滴定酸度、エタノール含量、処理前、処理後3850分間のCO₂排出量である。処理区としては、受傷-N₂ガス中、受傷-空气中、健全-N₂ガス中、健全-空气中の4区を設け、各5個の果実を供試した。なお、処理前のCO₂排出量は全て空气中で測定した。

また、1978年6月には国光を同処理で受傷させ、処理前、処理後64時間のN₂ガス中でのCO₂排出量を健全果と比較した。供試果実とは各7個であり、処理前のCO₂排出量もN₂ガス中で測定した。

さらに1979年2月、むつ果実の約半分に鉄棒で反覆衝撃を与えて受傷させ、ふじと同じ調査をした。1処理区の果実数は5個であり、CO₂排出量の測定時間は処理前後各65時間であった。

2) ナ シ

1978年8月、八雲のやや未熟果を50cmの高さからリノリウム床上に3回落下させ、3か所に受傷させた後、処理前、処理後65時間のCO₂排出量、受傷部の滴定酸度を測定し、健全果と比較した。処理区はリンゴのふじと同じであり、処理前のCO₂排出量は空气中で測定した。

結果及び考察

モモ、ナシ、リンゴとも、受傷後24時間以内にCO₂排出量は急上昇し、2日目には減少し、モモの場合は3日目

でコントロール以下となった(第1図)。現在まで、傷害果実のCO₂排出量増加を認めた、筆者の知る限りの研究について、その材料と上昇持続時間を列記すると、POLLACKら⁽⁹⁾がチェリーを1フィートの高さから落下させた場合2時間以上、EAKS⁽²⁾がネーブルオレンジを18インチの高さからテーブルに落下させた場合と10~15ポンドの圧内を加えた場合とで9日以上、岩元ら⁽⁴⁾が温州ミカンに繰り返し落下衝撃を与えた場合で40時間以上、それからこれは振動のみの影響であるが、中村ら⁽⁸⁾がトマトに振動を与えた場合で50時間以上である。CO₂排出量への傷の影響程度あるいはその持続時間は、衝撃の程度によっても異なるし(第1表)、果実の熟度によっても異なるが、受傷直後にCO₂排出量は急上昇し、少なくとも2日は影響を受けるようである。そして国光リンゴでは上昇開始までに1.5~2時間の誘導期を持っていた(第2図)。

受傷部(赤道部)を被覆し、受傷部表皮のガス透過を遮断すると、モモ(大久保)の場合もリンゴ(国光)の場合も、著しいCO₂排出量の上昇は認められなかった。(処理後3日目にモモの受傷部被覆果のCO₂排出量が上

昇しているが、これは前述したように灰星病発生のためであろう。)(第2表)。リンゴでは萼部を通して顕著なガス交換が行なわれると言われており⁽¹²⁾、この結果は、果実表面の組織が損傷を受けることで物理的に果実のガス交換を容易にし、特にCO₂の排出量を多くする可能性⁽⁶⁾を支持するものである。

モモ、ナシ、リンゴいずれも受傷部の酸含量は減少する(第3表)。これは古くから知られていることである。紅玉リンゴで調査したところ、その減少のパターンは温度によって異なり(第3図)、25°C下では受傷後24時間以内に激減し、2日目以降は減少率が大きく低下した。これは20°C下でのCO₂排出量上昇のパターンに酷似している。一方、5°Cの低温下では受傷直後の酸含量減少はさほど小さくなく、徐々に減少する傾向にあった。有機酸含量を個別に分析した結果、晩三吉ナシではリンゴ酸とクエン酸、国光リンゴではリンゴ酸と、各々主要有機酸が大幅に減少していた(第4図、第5図)。リンゴ酸、クエン酸、及び硫酸の境界点があまりはっきりせず、正確な総滴定値を求めてはいないが、大幅に減少していることは確実である。それ以外で注目される現象としては、

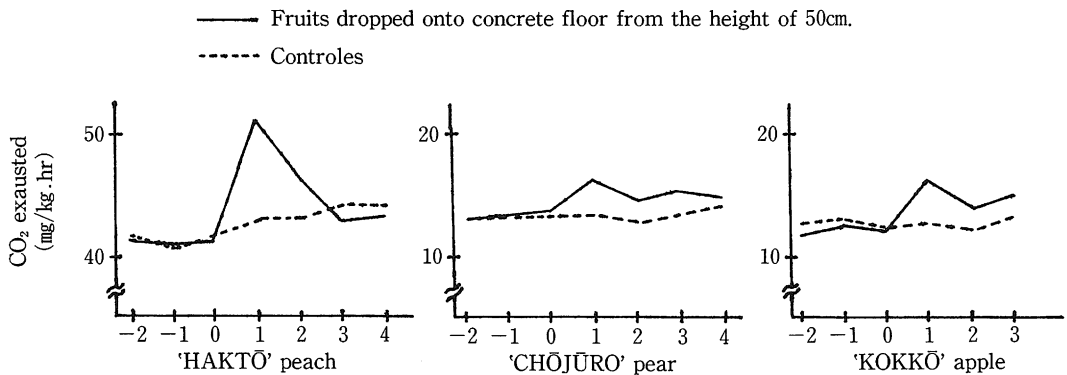


Fig. 1 Effect of impact bruises on CO₂ evolution rates at 20°C.

Table 1. Effect of dropping height and No. of impacted areas on the CO₂ evolution rates of 'KOKKŌ' apple fruits.

Dropping height (cm)	No. of impacted areas	Days after treatment					
		-2	-1	0	1	2	3
50	3	93	98	100	129	115	108
	2	98	99	100	122	106	104
	1	103	102	100	109	102	103
30	2	106	97	100	118	100	99
10	2	113	102	100	107	113	97

Each CO₂ evolution rate was expressed in the index number relative to that on the treating day.

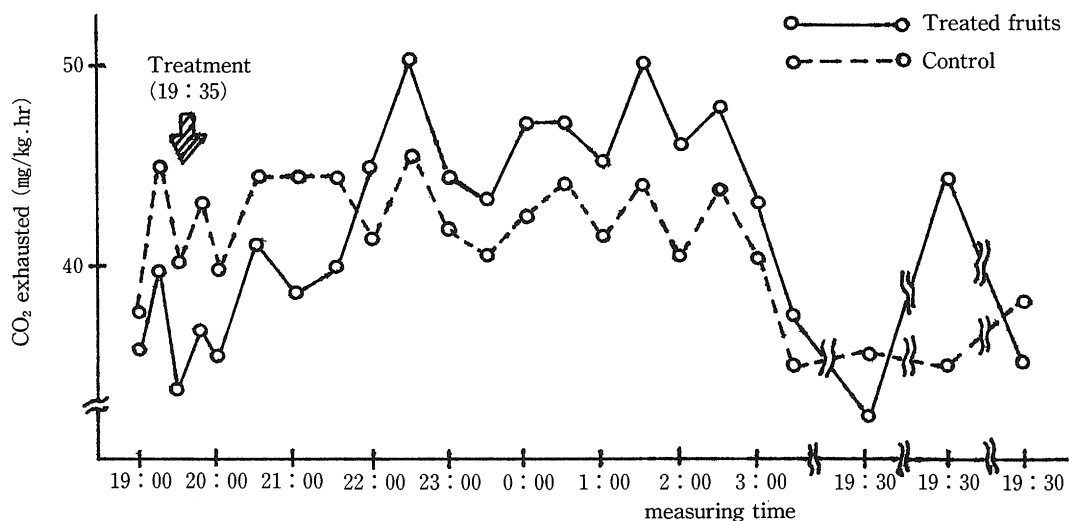


Fig. 2 Time course examination of CO_2 evolution rate of 'KOKKŌ' apple fruit dropped onto a hard board from the height of 1 m.

Table 2. CO_2 evolution rates of 'ŌKUBO' peach and 'KOKKŌ' apple when the surfaces of bruised regions were covered with $6 \times 6 \text{ cm}^2$ adhesive tapes.

Days after treatment		- 1	0	1	2	3	4	5
'ŌKUBO' peach	Bruised fruit with covering	96.0	99.6	99.0	94.4	101.8	/	/
	Unbruised fruit with covering	97.8	100.0	98.8	96.0	100.8	/	/
	Bruised fruit without covering	99.8	101.5	104.5	100.9	100.2	/	/
'KOKKŌ' apple	Bruised fruit with covering	101.7	107.2	110.9	103.8	107.9	104.1	104.9
	Unbruised fruit with covering	97.0	103.6	105.1	104.4	/	101.7	105.5
	Bruised fruit without covering	100.0	100.6	111.6	107.6	112.8	106.5	108.6

Fruits were bruised by dropping onto the concrete floor from the height of 50cm in 'ŌKUBO' peach and 30cm in 'KOKKŌ' apple. CO_2 evolution rate was expressed in the index number relative to that of unbruised fruit without covering.

Table 3. Effects of bruises on pH values, soluble solid contents and titratable acidities of 'HAKUHŌ' peach, 'CHŌJŪRŌ' pear and 'KOKKŌ' apple.

		pH value	Titratable acidity	Soluble solid contents
'HAKUHŌ' peach	Unbruised region	4.10	2.81	8.31
	Bruised region	5.10	1.76	8.00
'CHŌJŪRŌ' pear	Unbruised region	5.05	1.34	10.10
	Bruised region	5.18	1.04	10.50
'KOKKŌ' apple (1)	Unbruised region	3.60	/	13.50
	Bruised region	3.75	/	12.50
'KOKKŌ' apple (2)	Unbruised region	4.08	5.75	15.00
	Bruised region	4.48	3.62	16.20

Titratable acidity = ml. 0.1N NaOH/10ml. fruit juice. Soluble solids contents = hand refractometer index. pH value, soluble solids contents and titratable acidity were measured 24 hours after bruising.

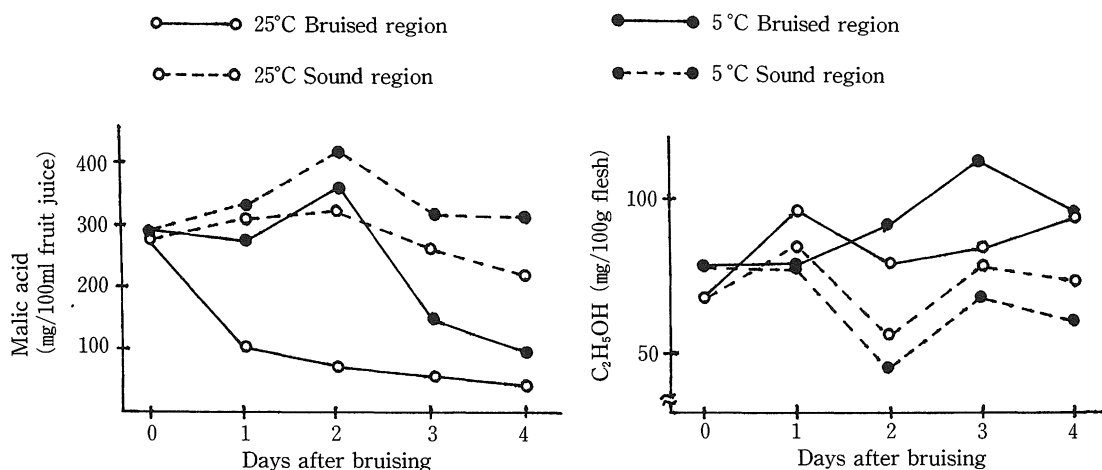


Fig. 3 Effects of storage temperature on malic acid contents and C₂H₅OH contents in bruised 'KÖGYOKU' apples.
 Malic acid contents (mg/100ml. fruit juice) = 67x titratable acidity (ml. 0.1 N NaOH/10 ml. fruit juice)

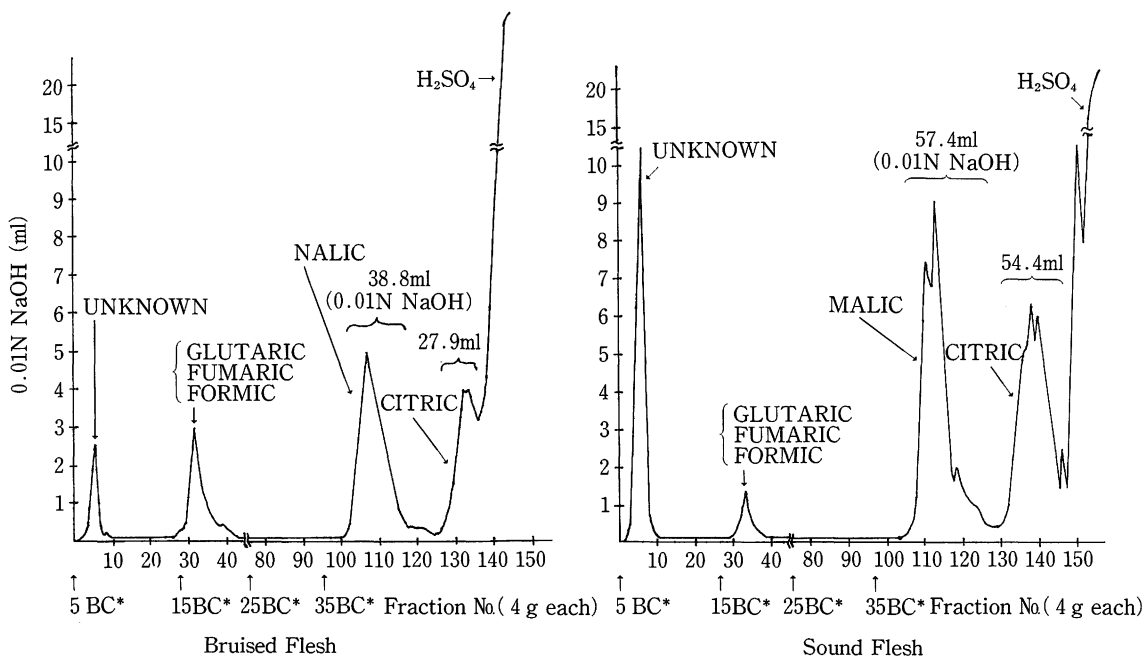


Fig. 4 Analysis of organic acids in 'OKUSANKITTI' pear fruit by silica gel column chromatography.
 * 5 (15, 25, 35)BC means solvent composition. 5BC = BuOH 5% + chloroform 95%; 15BC = BuOH 15% + chloroform 85%; 25BC = BuOH 25% + chloroform 75%; 35BC = BuOH 35% + chloroform 65%; Amount used is 100, 135, 100, 300ml respectively.

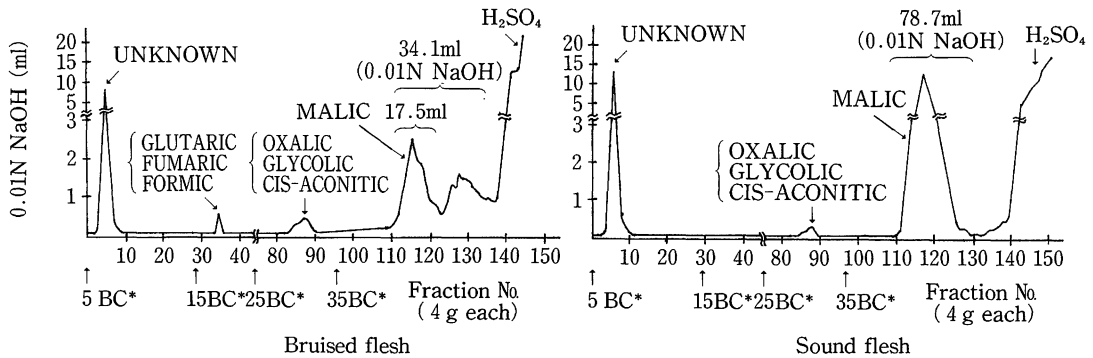


Fig. 5 Analysis organic acids in 'KOKKŌ' apple fruit by silicagel column chromatography.
*See in Fig. 4

Table 4 . Effects of bruises on ethanol contents (mg/100g flesh) in 'HAKUTŌ' peach and 'ISHIIWASE' pear.

Days after bruising		1	2	3
'HAKUTŌ' peach	Bruised flesh in closed vessel	/	/	196.3
	Sound flesh in closed vessel	/	/	48.8
'ISHIIWASE' pear	Bruised flesh in closed vessel	82.8	105.8	174.8
	Sound flesh in closed vessel	64.4	73.6	78.2
	Bruised flesh in a room	82.8	115.0	/
	Sound flesh in a room	68.4	78.2	/

Table 5 . Effects of bruises on exhausted CO₂, malic acid, ethanol soluble solid contents in 'OKUSANKITI' pear fruits.

	Fruits weight (g)	Peel weight (g)	Bruised flesh weight	Exhausted CO ₂ for 3930min. (mg)		Malic acid contents (mg/100ml. juice)	Ethanol contents (mg/100g flesh)	Soluble solids contents (%)	
				Before treatment	After treatment				
I	Bruised flesh in bruised fruit	1401	135	121	409.2	567.6	160.8	73.6	9.6
	Sound flesh in bruised fruit						261.3	59.8	10.1
	Sound flesh in sound fruit	1360	125	/	409.2	440.0	211.1	64.4	9.6
II	Bruised flesh in bruised fruit	1280	108	73	396.0	466.4	130.7	50.2	/
	Sound flesh in bruised fruit						207.7	41.1	/
	Sound flesh in sound fruit	1286	98	/	409.2	404.8	211.1	36.5	/

Experiment I was carried out from Nov.29 to Dec.5, 1977.

Experiment II was carried out from Dec.7 to Dec.13, 1977.

リンゴ、ナシいずれにおいても、グルタミン酸、フマル酸、蟻酸の分画が受傷部で増大している現象であるが、これに関しては今回は検討していない。

岩元ら⁽⁴⁾は、温州ミカンに落下衝撃を与えたところ、ワックス無処理果においてもエタノール含量は著しく増加し、O₂分圧のより低い状態にあるワックス処理果では一層著しいことを認めている。本実験で、モモ、ナシ、リンゴの受傷部のエタノール含量を数回にわたり調査したところ、ただ1つの例外(第6表、国光リンゴの空气中受傷部)を除いて全く同様の傾向を示した。しかしながら、その蓄積の程度は、著しい場合(第4表、モモ白桃、ナシ石井早生、第6表、リンゴふじのN₂ガス中、第9表、リンゴむつ)と、ほんの数%程度の場合(第5表、ナシ晩三吉)とがある。夏に室温で調査した場合に蓄積が最も著しかったので、温度との関係を調査してみたが、温度との関係はなさそうである(第3図)。

受傷後に起こるCO₂排出量の増大、いわゆる傷害呼吸の機構に関しては数多くの報告が見られるが、そのほとんどは、ジャガイモやサツマイモ、ニンジンといった貯蔵組織の切片を用いた研究であり、なまの果実が受傷した際これらと同じ機構が働いているかどうかは未だ不明である。なまの果実を用いた研究で、受傷による生理変化の機構を推察した例としてはMARKSら⁽⁷⁾がある。彼らは、チェリーに¹⁴C₂をとり込ませたところその大半が体内でリンゴ酸として蓄積され、受傷果では速やかに消

失してゆき、排出される¹⁴C₂はコントロールの1.5倍となったことから、傷害によって生産される過剰のCO₂はリンゴ酸の脱炭酸及びそれに続くピルビン酸の脱炭酸に由来するものであろうと推論している。また、岩元ら⁽⁴⁾は温州ミカンでの実験より、受傷後、果実のTACサイクルが活性化し、クエン酸が消費された結果、ピルビン酸を経てエタノールが生成されるのであろうと推論している。

ほとんど全ての植物組織がいかなる形状にしる傷害を受けた時に見られる最も普遍的な現象⁽³⁾と言われる呼吸量増加と、果実のみで顕著に認められる酸含量減少やエタノールの蓄積が互いに関連性を持っているという保証は何もないが、互いに独立した生理変化であるという確証もない。本実験でこれらの3つの生理変化の関連性について大まかな調査をした結果、受傷部でもクエン酸回路による正常な呼吸は続行し(ミトコンドリアには異常がなく)、液胞から流出した有格酸の酸化分解と解糖系を経るエタノール発酵が同時に進行しCO₂排出量が増大すると考えると実測値と計算値は比較的一致した値を示した(第5表、第6図、②-①の組合わせ)が、これとても仮定した機構はわずか4つであり、また果実内CO₂濃度も測定していないので非常に大まかな比較である。しかし、それにしても他の3つの可能性については理論値と実測値の差が大きすぎるのではないと思われる。また、減少した有機酸全てがエタノール生成に用いられる

Table 6 . CO₂ output, titratable acidity and ethanol contents of bruised 'FUJI' apple fruit in N₂ atmosphere.

	Fruits weight (g)	Exhausted CO ₂ for 3850min. (mg)		% of increased CO ₂ output	Titratable acidity (0.1N NaOH/10ml. juice)	Ethanol contents (mg/100 g flesh)
		Before treatment	After treatment			
Bruised flesh in bruised fruit in N ₂ gas	1082	695.2**	688.6*	-1.0	1.0	197.7
Sound flesh in bruised fruit in N ₂ gas					2.9	113.2
Bruised flesh in bruised fruit in air	1074	730.4**	748.4**	+2.5	0.9	113.2
Sound flesh in bruised fruit in air					2.9	124.4
Sound flesh in sound fruit in N ₂ gas	1080	699.6**	701.8*	+0.3	3.0	158.2
Sound flesh in sound fruit in air	1076	721.8**	690.8**	-4.3	2.9	113.2

* in N₂ gas

** in air

Fruits were bruised by dropping onto linoleum floor five times from the height of 50cm.

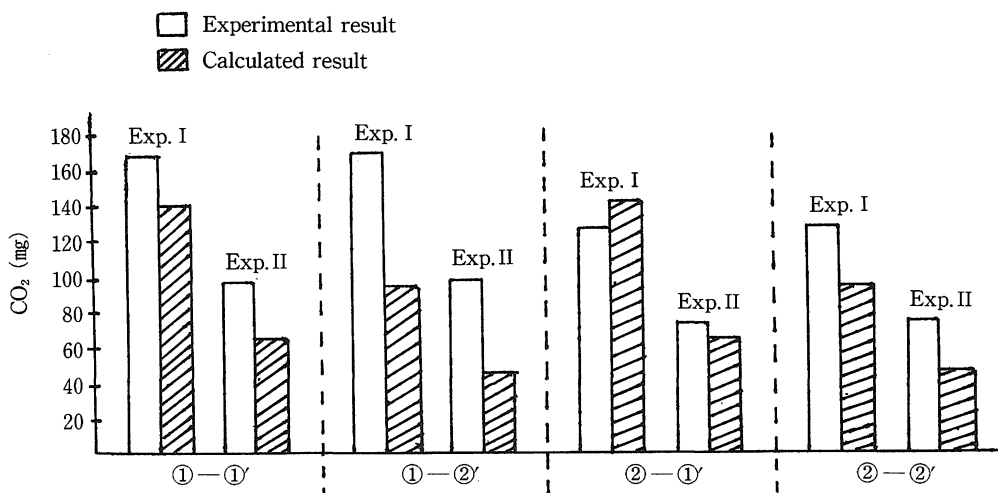


Fig. 6 Comparison of the experimentally increased CO₂ output with CO₂ output calculated from the values of decreased 'OKUSANKITI' pear fruit.

① : $A^* - B^{**} \times \frac{\text{Flesh weight} - \text{Bruised flesh weight}}{\text{flesh weight}} \times C^{***}$

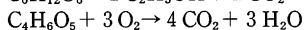
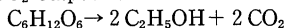
② : $A^* - B^{**} \times C^{***}$

A* : CO₂ output for 3930min. after bruising.

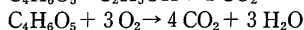
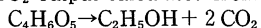
B** : CO₂ output for 3930min. before bruising.

C*** : Ratio of CO₂ output after treatment to that before treatment in sound fruit.

①' : CO₂ output calculated from following equations.



②' : CO₂ output calculated from following equations.



Experiment I was carried out from Nov.29 to Dec. 5, 1977.

Experiment II was carried out from Dec. 7 to Dec.13, 1977.

と考えるには、余りにもエタノールの蓄積量が少なすぎる。

もしも現実に上記②-①'を組み合わせた生理変化が果実内で起こっているのならば、受傷部の酸が減少し、エタノールが蓄積すれば必ずCO₂排出量の増大が認められる筈である。ところがN₂雰囲気中に果実を密封した場合、受傷部の酸含量は空気中と全く同様に減少し、エタノールは蓄積するにもかかわらず、CO₂排出量は必ずしも増大しているとは言いきれず(第6~9表)、また、例え増大しているとしても酸の減少量やエタノールの蓄積量に見合うだけのものではない。このことはCO₂排出量の増大と酸含量減少あるいはエタノールの蓄積との間に関連は無いという可能性も残すものであ

Table 7. CO₂ output of bruised 'KOKKŌ' apple fruit in N₂ atmosphere.

	Fruits weight (g)	Exhausted CO ₂ for 64 hours (mg)		% of increased CO ₂ output
		Before treatment	After treatment	
Bruised fruit in N ₂ gas	1152	994.4*	1298.0*	+30.5
Sound fruit in N ₂ gas	1153	994.4*	1262.8*	+27.0

* in N₂ gas

Fruits were bruised by dropping onto linoleum floor five times from the height of 50cm.

り、今後さらに検討していきたく思う。

Table 8. CO₂ output and titratable acidity of bruised 'YAKUMO' pear fruit in N₂ atmosphere.

	Fruits weight (g)	Exhausted CO ₂ for 65 hours (mg)		% of increased CO ₂ output	Titratable acidity (0.1N NaOH/10ml. juice)
		Before treatment	After treatment		
Bruised fruit in N ₂ gas	1143	743.6**	739.2*	- 0.6	1.20
Sound fruit in N ₂ gas	1142	761.2**	646.8*	-15.0	3.05
Bruised fruit in air	1142	734.8**	761.2**	+ 3.6	1.35
Sound fruit in air	1142	770.0**	708.4**	- 8.0	3.45

* in N₂ gas

** in air

Fruits were bruised by dropping onto linoleum floor three times from the height of 50cm.

Table 9. CO₂ output, titratable acidity and ethanol contents of bruised 'MUTSU' apple fruit in N₂ atmosphere.

	Fruits weight (g)	Exhausted CO ₂ for 65 hours (mg)		% of increased CO ₂ output	Titratable acidity (0.1N NaOH/10ml. juice)	Ethanol contents (mg/100 g flesh)
		Before treatment	After treatment			
Bruised flesh in bruised fruit in N ₂ gas	1374	756.8**	796.4*	+5.2	1.25	216.8
Sound flesh in bruised fruit in N ₂ gas					4.90	135.6
Bruised flesh in bruised fruit in air	1375	717.2**	765.6**	+6.7	2.32	144.6
Sound flesh in bruised fruit in air					5.90	90.5
Sound flesh in sound fruit in N ₂ gas	1374	748.0**	774.4*	+3.5	5.60	140.1
Sound flesh in sound fruit in air	1375	717.2**	712.8*	-0.6	6.18	95.0

* in N₂ gas

** in air

About half parts of each fruit was bruised by small iron bar.

摘 要

リンゴ, ナシ, モモ果実のCO₂排出量, 酸含量, エタノール含量に及ぼす傷の影響を調査した。

1. リンゴ, ナシ, モモともに受傷後24時間以内にCO₂排出量は急上昇し, 2日目には減少した。影響の程度は衝撃の程度によって異なるが, 少なくとも2日は影響を

受けていた。国光リンゴの場合, CO₂排出量上昇までの誘導期は1.5~2時間であった。受傷部を被覆するとCO₂排出量の上昇は認められなかった。

2. リンゴ, モモ, ナシとも受傷部の酸含量は減少した。国光リンゴではリンゴ酸, 晩三吉ナシではリンゴ酸及びクエン酸と, 各々主要有機酸が減少していた。紅玉リンゴで調査したところ, 減少のパターンは温度に左右され, 25°C下では24時間以内に激減し, 5°C下では徐々

に減少した。

3. リンゴ, モモ, ナシいずれも受傷部にエタノールの蓄積が見られた。そしてそれはO₂分圧の低い条件下では一層著しいものとなった。

4. 受傷部では有機酸の酸加分解とエタノール発酵が進み, CO₂排出量の増大をもたらすと仮定すれば, 実測値と計算値は比較的良好一致した。しかしながらN₂雰囲気中では, 酸の減少とエタノールの蓄積が認められるにもかかわらず, CO₂排出量が増大しているとは言いきれなかった。

12. 苔名孝, 1970, 果実の生理—生産と利用の基礎—
P205 養賢堂

引用文献

1. BULEN, W.A., J.E. VARNER and R.C. BURRELL. 1952. Separation of organic acids from plant tissues. *Anal. Chem.* 24 : 187-190
2. EAKS, I.L. 1961. Techniques to evaluate injury to citrus fruit from handling practices. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 78 : 190-196
3. 今関英雄, 1970, 傷害植物の物質代謝, 科学, 40(5) : 226-232
4. 岩元睦夫, 中馬豊, 志賀徹, 1976, 選果行程中における落下衝撃とワックス処理の温州ミカン品質に及ぼす影響, 園学雑, 40(3) : 203-209
5. 梶浦一郎, 岩田正利, 1971, 果実に及ぼすガス濃度の影響 (第一報) リンゴ紅玉果実に及ぼす酸素濃度の影響, 園学雑, 40(3) : 272-279
6. 小林章, 1968, 果樹の良品生産技術, P278, 誠文堂, 新光社
7. MARKS, J.D. and VARNER, J.E. 1957. The effect of bruising injury on the metabolism of fruit. *Plant physiol.* 32suppl xiv.
8. 中村悦之輔, 伊藤卓爾, 稲葉昭次, 1977, 振動が果実の呼吸生理に及ぼす影響II トマト果実の追熟に対する振動の影響, 園学雑, 46(3) : 349-360
9. POLLACK, R.T., WITTENBERGER, R.T. and HILLS, C.H. 1958. Studies on cherry scald II Relationship between bruising and respiration in air. *Food Technol.* 12 : 106-108
10. STERLING, C. 1958. Effect of temperature and bruising on sugar and acid content in freestone peaches. *Food Rec.* 23(4) : 380-383
11. STERLING, C., CHICHESTER, C.O. and HUGHER, R.E., Jr. 1958. Bruising and the quality of freestone peaches. *Food Technol.* 12(4) : 196