

# 加工用トマト果実の物理的性質に関する研究

果実の形態的性質と貫入抵抗力について

伊藤 憲弘・寺田 俊郎・高橋 亮正

Norihiro ITO, Toshiro TERADA, and Akimasa TAKAHASHI :  
Studies on Some Physical Properties of Processing Tomato Fruit.  
The Morphological Characters and the Resisting  
Force of Fruit to Penetration.

## 緒 言

昨今の加工原料用トマト栽培にあつては、機械化の推進による生産性の向上が課題であり、なかでも収穫作業の機械化が最大の問題となっている。

筆者らは1972年以来、この収穫作業の機械化を手がけ、1978年には小型自走式自動収穫機を開発した<sup>1)</sup>。

収穫作業合理化の対策としては、このような収穫機の開発による収穫作業の改善のみならず、これに対応する特性を備えた品種の育成も必須の条件である。そこで、筆者らはこの機械収穫適応品種の育成を目的として、これらの諸特性について検討すべく試験をおこなった。

なお、従来より機械収穫適応品種の具備すべき条件として、つぎのような特性が指摘されている。すなわち、(1)成熟の集中性、(2)へた離れ性、(3)果実の物理的性質、(4)ほ場貯蔵性、(5)結実性、(6)早生性である<sup>2)</sup>。

本報告はこれらの諸特性から、まず果実の物理的性質をとりあげ、なかでも特に果実の硬さについて貫入抵抗力を中心にとりまとめたものである。従来、果実の硬さに関する研究は、収穫、輸送、貯蔵などの各段階における鮮度判定を目的としておこなわれたものが多い<sup>4) 5)</sup>。

なお、この果実の硬さは機械収穫適応品種育成上からも非常に重要である。すなわち果実のほ場貯蔵性(収穫しないで長期間ほ場に放置しても果実が軟化、崩壊しにくく、収量、品質低下の起りにくい性質)、収穫機の機械的衝撃に対する抵抗性、果実の取扱い、輸送性などを理解する上で大切な特性である。

しかしこの果実の硬さに関する評価法はむずかしく、既往の報告では必ずしも果実の硬さに関与する形質に

ついて十分な解析がなされたとは言えない。そして測定<sup>6)</sup>法、評価法についても種々の方法が検討されている。

本報では試料に一定の速度で連続荷重を与えて、果実を破壊するのに必要な荷重(応力)を測定した。なお、その方法としてはプランジャによる果実への貫入試験を実施し、その外力-変形関係を明らかにした。したがって本報における果実の硬さとは、プランジャの貫入抵抗力をもって表わすものとし、これをトマト果実の概略的強度として考察した。

## 材料および方法

試験は1977年7月から9月にかけて実施した。試料は島根大学農学部付属農場の加工トマト栽培ほ場から11品種を選び供試した。

供試個体(果実)は各品種とも50個体とし、熟度別に10個体ずつの5グループに区分した。

熟度については果皮の着色状態をもって判定した。なお、測定は直統デジタル測色色差計(日本電色工業製、ND-504DE)を用いた。

色調の表示は等色差表色系により、a/b値をもっておこなった。すなわちその値の大きいほど着色程度(赤色の割合)は高く、熟度の進んでいることを意味する<sup>7)</sup>。

第1図は供試個体の階級別a/b値を示したものである。なお、熟度階級I、II、IIIを未熟果、IV、Vを収穫対象となる熟果として取扱った。

測定項目は果実の形態的性質として形状、重量、体積、および比重、力学的性質としてプランジャ貫入試験による貫入応力、変形量を測定した。

果実の形状はノギスを用いて、果頂から果蒂部までの縦径と果腹部の横径(長径、短径の2ヶ所)を測定した。

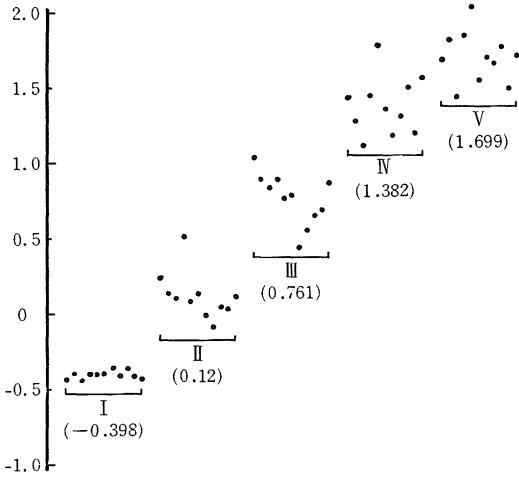


Fig. 1. Hunter a/b ratio as a degree of maturity. ( ) ..... mean

果実重、比重についてはクボタオーハウス秤を用いた。比重はトマト果実が水よりも軽いという前提のもとに第2図のような測定装置を用いた。<sup>8)</sup>

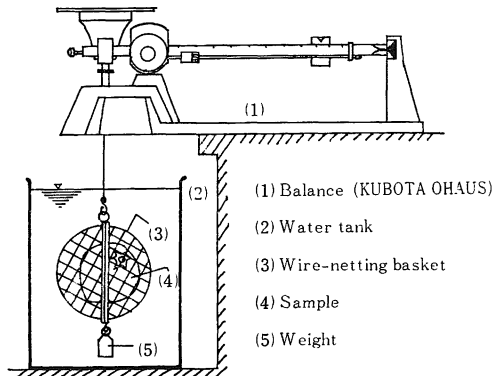


Fig. 2. Measurement apparatus for specific weight of tomato fruit.

- (1) 試料の空気中での重量... $W_1$
- (2) 水中に試料を沈める金網かごと重錘の重量... $W_2$
- (3) 試料を金網かごに入れて水中で測定した重量  $W_3$
- (4) 試料の体積  $V$

$$V = \frac{W_1 + (W_2 - W_3)}{\rho_w} \dots\dots\dots \textcircled{1}$$

$\rho_w$  : 水の比重 ( $g/cm^3$ )

- (5) 試料の比重  $\rho_s$  を①式から求める。

$$\rho_s = \frac{W_1}{V} \dots\dots\dots \textcircled{2}$$

果実の実質的な大きさは果実重と体積の積をもって表わされると仮定し、これを大きさ指数 (S. I) として表現した。

プランジャ貫入試験は写真1のごとく万能引張り試験機 (テンシロン, UTM-II-20東洋ボールドウィン製) を使用した。

プランジャは諸々の予備試験の結果, 鋼製とし, 6mm径の円柱状で先端部は平面とした。

圧縮速度は 40mm/min, 記録計紙送り速度は100mm/min である。

測定箇所は果実の果頂部, および果腹部とし, それぞれプランジャの圧縮によって果実に貫入させた。そしてその外力-変形曲線を取り, 貫入応力, 変形量, 貫入エネルギーを求めた。

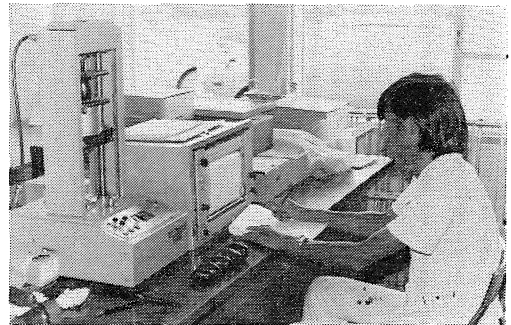


Photo. 1. General view of the Tensilon, universal testing machine.

貫入応力はプランジャが外果皮をつき破り, 貫通する (貫入点) 直前までにかかった外力 (最大圧縮力) をプランジャの断面積で除したものである。

変形量は貫入点までの圧縮距離であって, 記録紙上の横軸にあたる。なお, 本実験の紙送り設定速度から換算すれば, 横軸距離の  $\frac{1}{10}$  がプランジャの圧縮距離 (変形量) となる。<sup>4)</sup>

貫入エネルギーとはプランジャが貫入点に達するまでに要した圧縮エネルギーで, 貫入点までの曲線下の面積をプランジャ断面積で除したもの ( $kg-cm/cm^2$ ) で示される。しかし今回の場合, 第5図に示すごとく貫入点までの曲線下の面積を直角三角形と仮定して算出したことから “見かけの貫入エネルギー” として取扱った。

### 結果および考察

#### 1. 果実の形態的性質

試験に供したトマト果実の縦径, 横径, 重さ, 体積, および比重の測定結果を第1表に示した。

縦径, 横径の測定値から  $Dm/L$  値を算出し, これを果実の形状指数 (F. S) として検討すると, 供試品種は3つのグループに類別される。すなわち Chico, San Marzano, Super Roma V. F, AT 70/24 は F. S が

Table 1. Length, two portions diameter, weight, volume, and specific gravity of fruit in 12 varieties of processing tomato.

Variety	My	Length (mm)	Diameter (mm)			Weight (g)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Specific Weight (g/cm <sup>3</sup> )	F.S	S.I (×10 <sup>3</sup> )
			D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>m</sub>					
Chico	im	51.5	35.6	32.6	34.1	29.3	50.0	0.578	0.662	1.47
	ma	54.0	34.7	34.0	34.4	36.8	56.3	0.647	0.637	2.07
ES-58	im	45.9	59.2	55.9	57.6	86.9	106.6	0.803	1.255	9.26
	ma	48.3	64.2	61.4	62.8	113.4	131.2	0.858	1.3	14.88
Kurikoma	im	46.7	49.6	47.8	48.7	57.6	77.3	0.724	1.043	4.45
	ma	48.3	49.7	47.7	48.7	63.6	83.1	0.763	1.008	5.29
VF-145	im	46.0	55.4	51.1	53.3	63.7	93.0	0.677	1.159	5.92
	ma	48.7	59.3	55.1	57.2	82.2	112.0	0.761	1.175	9.21
TE-30	im	52.7	50.6	47.0	48.8	69.6	90.3	0.761	0.926	6.28
	ma	55.6	58.8	56.2	57.5	101.1	121.9	0.826	1.034	12.32
H-1409	im	45.2	56.2	51.8	54.0	74.8	97.7	0.762	1.195	7.31
	ma	50.8	63.3	58.4	60.9	110.0	128.0	0.852	1.199	14.08
San Marzano	im	65.3	41.2	34.2	37.7	44.1	73.8	0.594	0.577	3.25
	ma	63.3	39.7	33.9	36.8	43.5	67.3	0.638	0.581	2.93
Super Roma V.F	im	57.9	43.2	38.1	40.7	42.5	68.8	0.613	0.703	2.92
	ma	61.5	44.2	39.4	41.8	51.3	74.4	0.687	0.68	3.82
AT 70/24	im	77.8	39.5	36.4	38.0	52.3	76.0	0.683	0.488	3.97
	ma	78.5	41.7	39.5	40.6	64.3	85.5	0.751	0.517	5.5
KG-127	im	46.3	39.9	37.2	38.6	36.1	54.4	0.654	0.834	1.96
	ma	47.0	41.3	39.2	40.3	40.7	58.1	0.694	0.857	2.37
Kagome 70	im	42.9	53.9	50.7	52.3	62.5	84.6	0.732	1.219	5.29
	ma	46.3	59.9	56.6	58.4	88.4	107.5	0.819	1.259	9.5

My : Maturity im : immature fruits ma : mature fruits

D<sub>1</sub> : Long diameter D<sub>2</sub> : Short diameter D<sub>m</sub> : Mean of two portions diameter

F. S : Fruit shape =  $\frac{\text{Diameter (mean)}}{\text{Length}}$

S. I : Size index = Weight × Volume

0.5~0.7を示し、横径よりも縦径の長い形状を呈し、いわゆる洋なし型に属している。なかでも AT 70/24, San Marzano においては縦径が横径の2倍程度あり、洋なし型というよりもむしろ長型と言うべきかもしれない。

その他の品種は全体的に球状を呈しているが、ES-58, VF-145, H-1409, Kagome 70は F. S 値 1.2 前後を示し、偏円型のグループと言える。

さらに Kurikoma, TE-30 は F. S 1.0 前後と、縦径、横径間にほとんど差はなく、これらは明らかに丸型品種に属す。なお KG-127 は F. S 0.8 強を示し、やや腰高の形状を呈すものの、丸型種に類別してさしつかえないものと考えられる。

果実重量の調査結果から供試品種は、①50g 以下、②50~100g、③100g以上の3つのグループに分類される。

①に属す品種は Chico, San Marzano, Super Roma V. F, KG-127, ②は Kurikoma, VF-145, AT70/24, Kagome 70, TE-30, そして③には ES-58, H-1409 が属する。

体積の値をみると、果実重の結果と同様な傾向を示し、体積の大きい品種ほど果実重も大きい。両者間には第2表に示すごとく高い相関々係が認められた。したがって果実重、体積の測定値から果実の大きさ指数 (S. I) を算出してみても同様な結果を示した。比重は熟果において各品種とも 0.64~0.86g/cm<sup>3</sup> の値を示した。

この比重の結果を果実の大きさとの関係においてみると、まず果実重にあっては比重の小さい値を示した San Marzano, Chico, Super Roma V. F, KG-127 などがいずれも1果50g以下の小果の品種に属していた。また1果重100g以上というH-1409, ES-58は比重の値も大きい。すなわち果実重の大きい品種ほど比重も大きいという傾向

が認められた。

つぎに体積との関係においても果実重の傾向と同様に果実体積の大きい品種ほど比重も大きいという結果を示した。この比重と果実重、体積との間には第2表のごとく、高い相関々係が認められた。

Table 2. Correlations of each tow characters.

	Weight (W) .. Volume (V)	Weight (W) .. Spe. Weight (ρs)	Volume (V) .. Spe. Weight (ρs)	F.S (S) .. Spe. Weight (ρs)
Coefficient (r)	*** 0.992	*** 0.962	*** 0.935	** 0.826
Regression	V=22.21 +0.982W	ρs=0.537 +0.003W	ρs=0.457 +0.003V	ρs=0.543 +0.226S

\*\*\*, \*\*: Significant at 0.1% and 1% level, respectively.

Table 3. Correlations between Hunter a/b ratio and specific weight in each variety.

Variety	Coefficient	d.f	Regression
Chico	0.55 ***	50	$Y=0.574+0.041X$
ES-58	0.705 ***	50	$Y=0.788+0.049X$
Kurikoma	0.36 **	50	$Y=0.726+0.021X$
VF-145	0.684 ***	50	$Y=0.661+0.057X$
TE-30	0.625 ***	50	$Y=0.757+0.035X$
H-1409	0.436 **	50	$Y=0.769+0.043X$
San Marzano	0.338 *	50	$Y=0.59 +0.037X$
Super Roma V.F	0.476 ***	50	$Y=0.617+0.041X$
AT 70/24	0.808 ***	49	$Y=0.676+0.05 X$
KG-127	0.26 n.s	50	$Y=0.646+0.04 X$
Kagome 70	0.764 ***	50	$Y=0.724+0.056X$

Note :

\*, \*\*, \*\*\* : Significant at 5%, 1% and 0.1% level, respectively.

n. s : not significant.

果実の形状と比重の関係は第2表の相関係数からみても明らかのように、F. S値の小さい品種ほど比重も小さい。すなわち丸型、偏円型種に較べて洋なし型品種の比重が低いという結果を確認した。

以上のことから一般に洋なし型種は丸型、偏円型種に較べ、果実の大きさは小さく、比重も小さいものと言える。これはトマト果実の構造上から考え、果肉（中果皮）の厚さ、およびゼラチン様物質で充たされる子室組織の充実程度が影響しているものと考えられる。すなわち従来からトマトの生理障害である空洞果発生形態的要因として心室数の少ないことがあげられている。また、一般に洋なし型種は遺伝的に心室数の少ない品種が多く、果実に空洞が多い。したがって洋なし型種における子室組織の充実度は劣るものと推察される。

つぎに熟度と比重の関係を各品種別にみたのが第3表である。

供試品種中ではただ一つ KG-127 において、a/b 値、比重間に相関係が認められなかった。しかしその他の品種にあっては、5.0~0.1%水準において有意な相関係を認めた。

このことから、一部特殊な品種はあるものの、一般的には熟度の進行につれて比重も増加すると推察される。

## 2. 果実の力学的性質

プランジャをトマト果実内に低速で押し込み、その押し込み距離、および鋼製プランジャにかかる力を連続的に記録した。なお、その測定結果の記録例を第3図に示した。

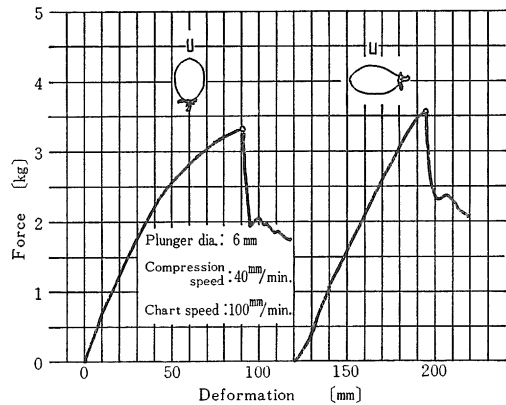


Fig. 3. Recording examples of penetration test on each portion of processing tomato fruits.

Table 4. Result of penetration test on Samples classified by Variety and Maturity.

Variety	My	Stress (kg/cm <sup>2</sup> )			Deformation (mm)		
		apex	belly	mean	apex	belly	mean
Chico	im	7.65	7.28	7.47	11.0	11.8	11.4
	ma	3.54	4.2	3.87	11.5	12.4	12.0
ES-58	im	9.54	8.33	8.94	5.7	7.4	6.6
	ma	4.21	4.83	4.52	5.6	8.1	6.9
Kurikoma	im	9.88	8.55	9.22	6.5	8.5	7.5
	ma	3.91	3.48	3.7	7.8	8.7	8.3
VF-145	im	11.07	9.23	10.15	7.2	9.6	8.4
	ma	5.13	4.67	4.9	8.5	9.5	9.0
TE-30	im	13.76	11.38	12.57	7.0	8.1	7.6
	ma	4.86	4.83	4.85	7.5	8.1	7.8
H-1409	im	8.36	7.65	8.01	5.4	7.3	6.4
	ma	3.55	3.84	3.7	6.1	8.3	7.2
San Marzano	im	8.71	6.87	7.79	8.7	11.0	9.9
	ma	3.87	3.47	3.67	12.7	12.1	12.4
Super Roma V.F	im	9.07	7.07	8.07	9.6	11.2	10.4
	ma	3.16	3.29	3.23	11.6	12.5	12.1
AT 70/24	im	12.38	10.63	11.51	7.6	8.2	7.9
	ma	4.48	5.59	5.04	8.3	8.2	8.3
KG-127	im	9.5	7.47	8.49	8.8	9.2	9.0
	ma	3.89	3.55	3.72	9.8	9.3	9.6
Kagome 70	im	10.7	10.1	10.4	7.5	9.5	8.5
	ma	5.28	5.02	5.15	7.9	10.2	9.1

L. S. D [Stress : Variety\*\*, Maturity\*\*  
Deformation : Variety\*\*, Maturity\*\*

Notes : My : Maturity im : immature fruits  
ma : mature fruits.

\*\* : Significant at 1% level.

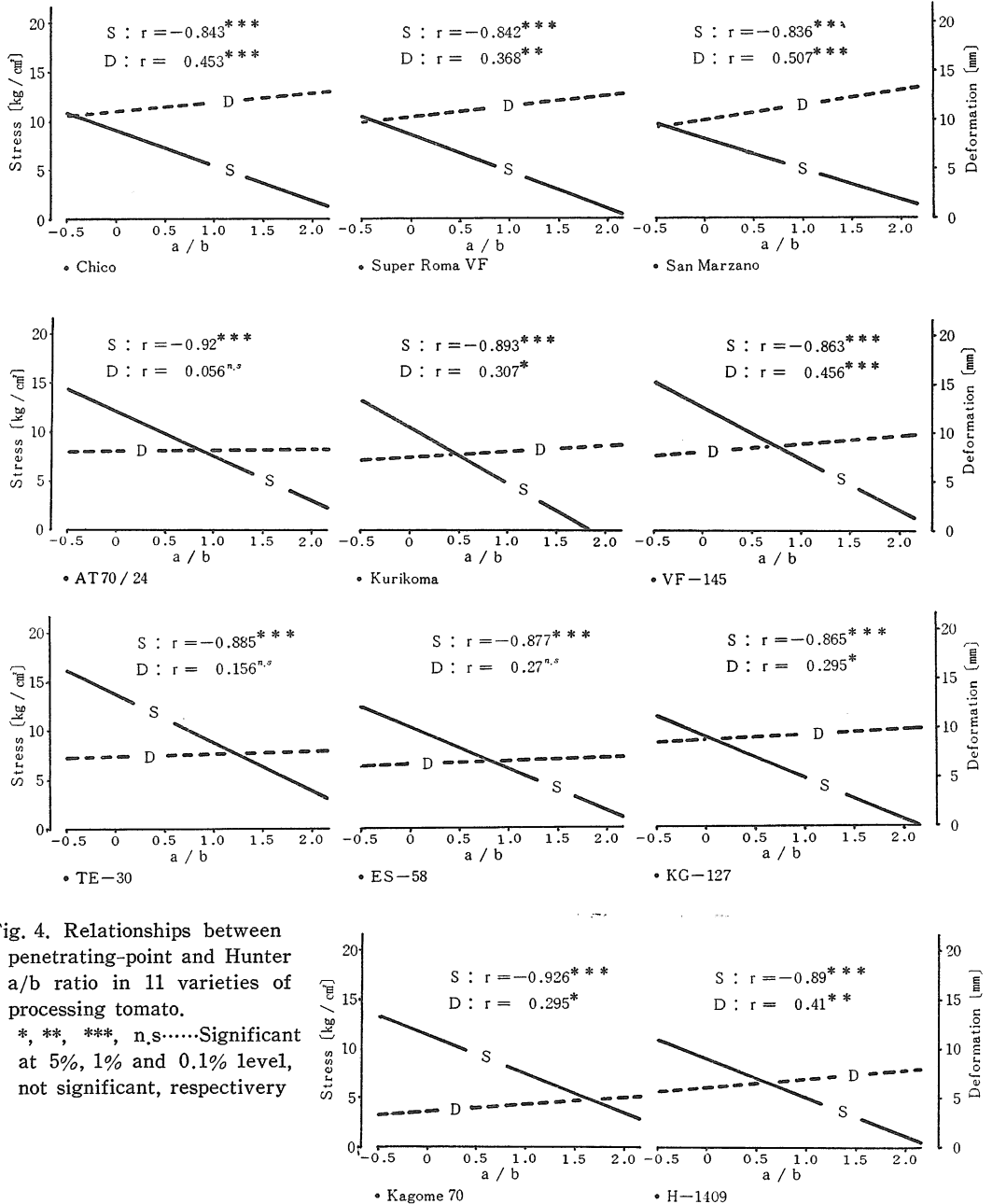


Fig. 4. Relationships between penetrating-point and Hunter a/b ratio in 11 varieties of processing tomato.

\*, \*\*, \*\*\*, n.s.....Significant at 5%, 1% and 0.1% level, not significant, respectively

図の外力-変形曲線上の○印点はプランジャが外果皮を破り、果肉に貫入を開始する点、すなわち貫入点である。なお、貫入点をすぎると急激な力の減少がみられる。この貫入点までプランジャにかかった外力から貫入応力を算出し、これを貫入抵抗力とみなした。

1) 貫入抵抗力

各品種別の貫入応力（以下、貫入抵抗力、抵抗力と言う）を第4表に示した。

供試品種間における熟果の平均貫入抵抗力をみると、Kagome 70, AT 70/24, VF 145, TE-30が5.0kg/cm<sup>2</sup>前後の値を示し、高い抵抗性が認められた。そして Super Roma V. F が 3.23kg/cm<sup>2</sup> と供試品種中では最

も低い抵抗力を示した。(1%水準で有意)

果実の形状からみると、一見、偏円型、丸型種の抵抗力が強いように感じられる。しかし長型のなかにも高い抵抗力を示す AT 70/24 のような品種も存在する。すなわちこの貫入抵抗力と果実の形状については第5表に示すごとく相関々係が認められず、果実の形状から抵抗力の高低は断定できない。

つぎに熟果の果実重と貫入抵抗性との関係を見ると、高い抵抗力を示した品種の果実重は、それぞれ Kagome 70, 88.4g, AT 70/24 64.3g, VF 145 82.2g, TE-30 101.1g であった。この結果から果実重が65~100g程度の品種は貫入抵抗性が高く、それより大きくても、小さくても抵抗力は低下するという傾向が得られた。しかしこの果実重に体積を加味した果実の大きさ指数 (S. I) との関係においてみると、第5表に示すごとく相関々係は認められなかった。

以上、品種間における貫入抵抗力の差は明らかであるが、果実の形状、大きさなどとの関係において一定の傾向は認められなかった。

熟度と貫入抵抗力との関係を第4表、第4図に示した。まず第4表の結果をみると、各供試品種とも熟果の貫入抵抗力は未熟果よりも低く、その値は未熟果の40~50%に低下した。なおこの熟度段階別貫入抵抗力の差は1%水準で有意であった。また第4図に示した各品種別

Table 5. Correlations of each two characters.

	Stress F.S	Stress S.I	Deformation F.S	Deformation S.I
Coefficient	0.358	0.459	-0.696	-0.805
d.f	11	11	11	11
Probability	0.3 (n.s)	0.2 (n.s)	0.02 (*)	0.01 (**)
Regression	F.S=0.296 +0.151S	S.I=-291.6 +154.5S	F.S=1.88 -1.015D	S.I=1230.97 -933D

Table 6. Relationships between penetrating point and specific weight in each variety.

Variety	Stress	Deformation	Variety	Stress	Deformation
Chico	-0.41**	0.057n.s	San Marzano	-0.444**	0.02n.s
ES-58	-0.832***	0.151n.s	Super Roma V.F	-0.304*	-0.025n.s
Kurikoma	-0.409**	0.04n.s	AT 70/24	-0.189n.s	0.03n.s
VF-145	-0.336*	0.118n.s	KG-127	-0.613***	0.202n.s
TE-30	-0.635***	-0.102n.s	Kagome 70	-0.654***	0.244n.s
H-1409	-0.427**	0.182n.s			

Notes : \*, \*\*, \*\*\* : Significant at 5%, 1% and 0.1% level, respectively.  
n. s : not significant.

相関々係の図から、熟度と貫入抵抗力との間には、各品種とも高い相関々係が存在していた。

以上、各品種とも a/b 値の増加、いわゆる熟度の進行につれて貫入抵抗力は漸次低下することが判明した。このことは生食トマト (品種：福寿2号) を用いて実験した石橋らも同様な結果を得ている<sup>5)</sup>。

熟度の進行につれて、比重が増加する傾向にあったことから、AT 70/24 など特殊な品種は存在するものの、第6表に示すごとく、比重の増加につれて貫入抵抗力は漸次低下するものと考えられる。

2) 圧縮変形量

貫入点までプランジャの果皮を押し込んだ距離、すなわち第1図における横軸が果実の圧縮変形量 (以下、変形量と言う) である。

供試品種別の変形量を第4表に示した。

熟果の平均変形量は San Marzano, Super Roma V. F, Chico が大きく、12mm 強の値を示し、ES-58 が 6.9mm と最も変形量の小さい品種であった。なお、この供試品種間には1%水準で有意差を認めた。

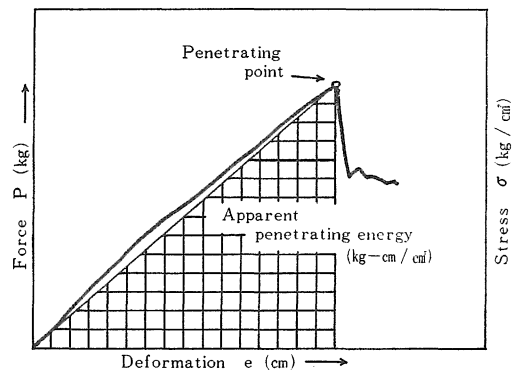


Fig. 5. Force (Stress)-Deformation curve and Apparent penetrating energy.

変形量 (熟果の変形量) の結果を果実の形状から検討してみると、San Marzano, Super Roma V. F, Chico など F. S 値の小さい長型、洋なし型種ほど変形量の大きいことが認められた。なお、両者間には負の相関々係が存在した。(第5表)

このことは先きに果実の形態的性質において考察されたごとく、洋なし型、長型の子室組織に空洞の多いことが影響しているものと考えられる。しかし AT 70/24 にあっては供試品種中で最も F. S 値の小さい長形を示しながら、F. S 値と変形量の関係はこの範疇に属さなかった。

Table 7. Apparent penetrating-energy of penetration test on samples classified by variety (kg-cm/cm<sup>2</sup>)

Variety		immature fruits				mature fruits		
		I	II	III	mean	IV	V	mean
Chico	$\bar{x}$	4.938	3.523	3.046	3.836	2.643	2.038	2.341
	s	0.643	0.609	0.871		0.351	0.38	
	c.v	13.03	17.29	28.6		13.28	18.64	
ES-58	$\bar{x}$	3.948	2.588	1.973	2.836	1.756	1.431	1.594
	s	0.723	0.474	0.554		0.33	0.332	
	c.v	18.31	18.33	28.07		18.81	23.22	
Kurikoma	$\bar{x}$	4.864	2.972	2.085	3.307	1.781	1.32	1.551
	s	0.704	0.741	0.536		0.422	0.337	
	c.v	14.48	24.92	25.71		23.71	25.52	
VF-145	$\bar{x}$	5.731	3.146	3.097	3.991	2.548	2.119	2.334
	s	0.743	1.218	0.664		0.686	0.606	
	c.v	12.97	38.7	21.43		26.94	28.61	
TE-30	$\bar{x}$	6.263	4.143	3.365	4.59	2.041	1.81	1.926
	s	1.566	1.044	0.614		0.575	0.528	
	c.v	25.0	25.2	18.24		28.16	29.16	
H-1409	$\bar{x}$	2.967	2.397	1.946	2.437	1.348	1.396	1.372
	s	0.515	0.568	0.817		0.598	0.27	
	c.v	17.35	23.68	41.97		44.39	19.34	
San Marzano	$\bar{x}$	4.047	4.461	2.502	3.67	2.855	1.601	2.228
	s	0.381	0.593	0.761		0.908	0.354	
	c.v	9.42	13.29	30.42		31.8	22.08	
Super Roma V. F	$\bar{x}$	4.959	4.348	2.711	4.006	2.312	1.62	1.966
	s	1.211	1.454	0.618		0.803	0.417	
	c.v	24.41	33.44	22.8		34.73	25.77	
AT 70/24	$\bar{x}$	5.973	4.582	3.174	4.576	2.461	1.673	2.067
	s	1.15	0.924	0.799		0.317	0.42	
	c.v	19.25	20.16	25.19		12.89	25.1	
KG-127	$\bar{x}$	4.763	4.138	2.334	3.745	1.748	1.838	1.793
	s	0.922	1.137	0.543		0.522	0.374	
	c.v	19.35	27.47	23.25		29.87	20.34	
Kagome 70	$\bar{x}$	4.327	4.394	3.904	4.208	2.271	2.471	2.371
	s	0.751	1.022	0.626		0.723	0.563	
	c.v	17.36	23.26	16.03		31.86	22.77	

$\bar{x}$  : mean s : standard deviation  
c. v : coefficient of variation (%)

つぎに果実の大きさとの関係においてみると、比較的小果のグループに属す品種ほど変形量が多いという傾向を示した。すなわち第5表に示すごとく、両者の間には高い相関関係が存在した。

熟度と変形量との関係を第4表、および第4図に示した。

1970年石橋らは生食トマト(福寿2号)を用いた実験から、成熟につれて破壊点(貫入点)までの変形量は増大しつづけるという結論を得た。

しかし今回の実験結果では、熟果の変形量が未熟果よりも大きい品種は多いものの、供試した全品種にはこの傾向を認めることができなかった。すなわち TE-30、

AT 70/24, ES-58 には有意差が認められず、全品種共通しての傾向とは言い難い。

また第6表にも示すごとく変形量と比重の間には、今回の実験で有意な関係を認め得なかった。

### 3) 貫入エネルギー

外力-変形曲線から トマトの概略的強度を考察するため、貫入点までに要する仕事量、すなわち貫入エネルギー(見かけの貫入エネルギー)を求めてみた。(第5図)

その結果は第7表に示すごとくである。

まず熟度の階級から検討してみると、各品種ともに熟度の進行につれて、その数値は小さくなる。すなわち熟果は未熟果の1/2程度の貫入エネルギーであった。

このことは第4図からも判断されるごとく、熟度の進むのにつれて変形量は幾分増加するが、貫入抵抗力は低下の傾向を示す。そしてこの抵抗力低下の度合は変形量増加(品種によっては、あまり増加傾向を示さない)に較べて非常に急激であり、外力-変形曲線の勾配が急激に低下することに起因するものと考えられる。

供試品種別に 熟果の平均貫入エネルギーをみると、Kagome 70, Chico, VF 145, San Marzano などが、2.2~2.4 と比較的高い数値を示した。そして AT 70/24, Super Roma V. F, TE-30, KG 127, ES-58, Kurikoma, H-1409の順に低下した。

この結果を果実の形状、大きさ、比重などとの関連において検討してみても一定の傾向は認められなかった。

貫入エネルギーが外力-変形曲線下の面積であることから考え、このエネルギーの大小には、貫入抵抗力のみならず、プランジャ圧縮による果実の変形量も影響していると考えるのが当然であろう。

今回の実験結果では、貫入エネルギー値の大きかった Kagome70は変形量よりもむしろ貫入抵抗力が大きく、Chico は逆に変形量の大きい場合であろう。

また、貫入抵抗力の大きかった AT 70/24, TE-30などは変形量が少ないため、貫入エネルギー値はあまり大きい数値を示さなかった。すなわち、この貫入エネルギーは果皮、果肉強度の差、および果実の弾性などによって大きく影響されるものと考えられる。

以上の試験結果から、単にプランジャによる貫入試験の測定値のみで、直ちにトマト果実の硬さに対する定義

づけをするのは非常に危険であろうと考えられる。

したがって本報では果実の硬さに関与する形質について十分な解析をすることができず、単に傾向を知るのみに止まった。

また、本試験における貫入抵抗性とは、果実そのものに直接プランジャを貫入して得た測定値（概略的強度）であり、果皮直下の果肉の抵抗を持ち込んだ見かけの果皮硬度、と考えられる。したがって、さらに真の果皮硬度、果肉硬度の測定が必要であろう。

しかし本試験で得られた貫入抵抗力、変形量、貫入エネルギーは、機械収穫適応品種育成上重要なトマト果実の硬さ、についての指標として、概略的強度を把握する上で非常に有用であろう。

### 摘 要

加工用トマトにおける機械収穫適応品種育成上の重要な形質としてあげられる果実の硬さ、について適切な表示法を検討するため試験をおこなった。試験方法は6mmφのプランジャによる果実貫入試験を実施した。

試験結果から得られた知見を要約すると、

- 1) 貫入抵抗力を供試品種間でみると、Kagome 70, AT 70/24, VF 145, TE-30の抵抗力が高く、Super Roma V. Fが最も低い値を示した。
- 2) 果実重量との関係から貫入抵抗力をみると、1果あたり65~100gの果実を有する品種の抵抗力が高い傾向を示した。しかしその他の形態的性質との間に一定の関係が認められなかった。
- 3) 同一品種内でも熟度によって貫入抵抗力は異り、熟度が進むにつれて抵抗力は低下した。

4) 貫入変形量は San Marzano, Super Roma V. F, Chico が大きく、ES-58 が最も小さい値を示した。

5) 変形量を果実の形状からみると、丸型種よりも洋なし型の変形量が大きい結果を示した。しかし AT 70/24 はこの範疇に属さず、品種の特殊性が感じられる。

果実の大きさからみると、小果種ほど変形量の大きい傾向が認められた。

6) 貫入エネルギーは Kagome 70, Chico, VF 145, San Marzano が比較的高い値を示し、H-1409 が最も小さかった。

貫入エネルギーは貫入抵抗力のみならず、変形量の大小によって影響される。

7) 同一品種にあっては熟度の進行につれて貫入エネルギーの低下がみられ、熟果は未熟果の1/2程度の数値を示した。

### 引用文献

- 1) 伊藤憲弘・寺田俊郎：農作業研究33：8-19, 1978
- 2) 上村昭二：加工トマト研究会会議資料：40-43, 1975
- 3) 田原虎次・藍房和・須藤允・石川文武：農機誌30-3：169-174, 1968
- 4) 石橋貞人・小島孝之：農機誌30-4：231-236, 1969
- 5) 石橋貞人・小島孝之：農機誌32-1：59-64, 1970
- 6) J. A. MILES, R. B. FRIDLEY, C. LORENZEN : Trans. ASAE : 627-630, 1969
- 7) 伊藤憲弘・寺田俊郎：島大農研報11：5-11, 1977
- 8) 小島孝之：農機誌36-4：549-554, 1975



### Summary

Penetration experiments with a plunger (6mm $\phi$ ) were carried out on processing tomato in order to search for appropriate indicators of fruit hardness which is an important character in the breeding of a variety adapted to mechanical harvesting. The observations were summarized as follows :

1) The resisting force of fruit to penetration was large in the varieties of Kagome 70, AT 70/24, VF 145, and TE-30, and the smallest in Super Roma VF among the varieties examined.

2) The resisting force tended to be large in such varieties whose average fruit weight was from 65 to 100g. However, no definite relation was found between the other morphological characters and the resisting force.

3) The resisting force of fruit decreased with the progress of maturity in each variety.

4) The degree of deformation accompanied by the penetration was high in San Marzano, Super Roma VF, and Chico, and the lowest in ES-58.

5) The degree of deformation tended to become higher in varieties bearing pear-shaped fruits than in those bearing round-shaped fruits. However, there was an exceptional variety, AT 70/24 in which the degree of deformation was not so high regardless of its the smallest F. S value. The degree of deformation in a variety tended to be reciprocal to its fruit size.

6) The penetrating energy was relatively high in Kagome 70, Chico, VF 145, and San Marzano and the lowest in H-1409. The penetrating energy was influenced not only by the resisting force but also by the degree of deformation.

7) The penetrating energy decreased with the progress of maturity in each variety.

The energy in a mature fruit was approximately half as compared to that in an immature fruit.