

# 果径測定によるハウスメロンの果実肥大生長予測

## Prediction of the Classes of Melon Harvested by the Measurement of Fruits Size after 30th Day from Pollination.

田中修作・石田豊明

Shusaku TANAKA and Toyoaki ISHIDA

### 要 約

ハウスメロン‘アンデス’の果実肥大は、交配後20日まで急速に進むが、交配後30日前後から収穫まで果実の肥大量は直線的に推移する。この肥大特性は、温度・着果数等の影響を受けないため、交配後30日で収穫時の果形と相似の果実の形状を示す。交配後28～32日（ $x$ ）と収穫時（ $y$ ）の果径値を比較した場合、その肥大率は $1.04x \leq y \leq 1.12x$ を示し、 $y = 1.07x$ が中心となる。この式を利用して、交配後30日経過（出荷20～25日前）時点で収穫時の果実階級を予測することが可能である。県内において、20果の果径測定により実証を行った結果、出荷主要階級が予測可能と判断される。

キーワード： アンデス、果実肥大、予測

### I 緒 言

本県の半促成作型のハウスメロンの生産は、無加温栽培で天候に左右されやすく、産地により作期の早晚もあることから、生育・品質がやや不安定という問題を抱えている。また、近年の消費低迷の影響から単価の維持が難しい状況にあり、品質に優れたメロン生産すると同時に、「作ったものを如何に高く販売していくか」という販売戦略が重視されつつある。このため、市場側からは出荷時のメロンの等階級に関する事前の情報提供を望む声が高まっており、メロンの生育や収穫に関する「予測技術」の確立が望まれている。

しかし、「予測技術」といっても、野菜部門においては比較的馴染みが薄く、ともすれば、「生育予測」も「生長予測」も同一視されがちである。すなわち、生育が開花期・出穂期といった「相」を指すのに対し、生長は長さ・重さといった「量」を対象にしている<sup>1)</sup>。前者に関しては、普通作物部門や果樹部門で「DVR関数」による予測手法が知られているが、ハウスで栽培を行うメロンでは、指針となる管理温度等は規定されているものの、収穫時の品質や収量予測は未確立である。これには、作期による成熟日数や産地による管理技術の違いなど、メロンの栽培環境条件が多様であるためと考えられる。また、予測を行う以上、どのような理論であれ、一定の精度を有する必要があるとともに普及の観点からは

簡易で迅速な手法であることが重要となる。

本試験は、ハウスメロンの交配日（＝開花日）を起点とした収穫までの果実肥大生長をモデル化し、収穫時の果実の中心階級を予測する手法を開発することを目的として、2000年より4カ年実施した。

### II 材料及び方法

試験は、全て農産園芸研究所（厚層多腐植質黒ボク土）圃場で実施した。

本県の主力品種であるハウスメロン‘アンデス’（サカタのタネ）を供試し、初年度に果実肥大のモデル化、次いで2カ年間果実肥大に対する環境要因の影響、最終年に成熟期間の影響について検討を行い、考案した予測手法の現地栽培での実証を試みた。

具体的な調査方法としては、確実な果実肥大モデルを作成するため、摘果完了した時点で、無作為に30果をサンプリング（交配日は統一）し、果実の果高・果径の最大部にマーキングを行い、測定位置を決定した。以後、収穫まで、3～5日間隔で果高・果径の測定を行った。測定値は目視で0.5mm単位まで読みとり、集計値の表示は小数点以下第2位で統一した。なお、‘アンデス’の栽培は本県の栽培指針に準じて行ったが、交配は全期間、人工交配とした。年度毎の耕種概要を別表に示す。

耕種概要

栽培年次	作 期		施 設 装 備		
	播 種 日	定 植 日	栽培施設	被 覆 装 備	備
2000	1月24日	2月25日	ガラス温室	内張カーテン+トンネル1層+透明マルチ	
2001	1月9日	2月15日	ファイロン温室	内張カーテン+トンネル1層+透明マルチ	
	1月26日	2月27日	ファイロン温室	内張カーテン+トンネル1層+透明マルチ	
2002	1月16日	2月19日	ファイロン温室	内張カーテン+トンネル1層+透明マルチ	
	1月30日	3月5日	ファイロン温室	内張カーテン+トンネル1層+透明マルチ	
2002	12月16日	1月20日	ビニルハウス	内張カーテン+トンネル1層+透明マルチ	

栽培年次	仕 立 法	栽植密度(株/a)				施肥量(kg/a)	
		畦幅	株間	条数	株数	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> : K <sub>2</sub> O
2000	子蔓2本仕立3果穫り	3.0m	40cm	1	83株	0.7	0.7 : 0.7
2001	子蔓2本仕立3果穫り	3.0m	40cm	1	83株	0.4	0.4 : 0.4
	子蔓2本仕立3果穫り	3.0m	40cm	1	83株	0.4	0.4 : 0.4
2002	子蔓2本仕立3果穫り	3.0m	40cm	1	83株	1.0	1.0 : 1.0
	子蔓2本仕立3果穫り	3.0m	40cm	1	83株	1.0	1.0 : 1.0
2002	子蔓2本仕立4果穫り	3.0m	40cm	1	83株	1.0	1.0 : 1.0

注) 施肥量は各年次とも作付前の土壌のEC測定値に応じて適宜調整した。

Ⅲ 結 果

1 果実肥大特性

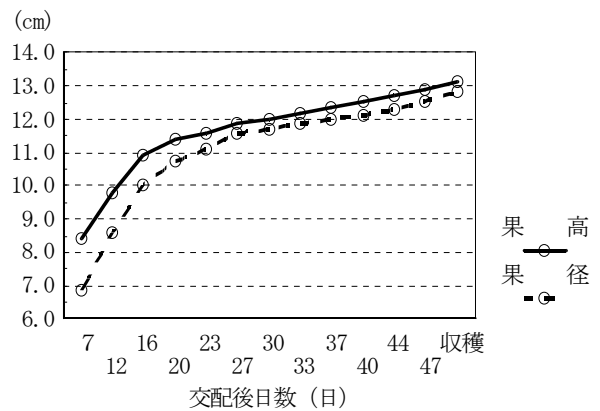
まず、果実肥大生長のモデルを作成するため、2000年4月12日摘果完了直後の果実を30果を無作為に抽出した。これら30果の平均交配日は4月5日、交配は全て人工交配で行った。確実な肥大モデルを作成するため、30果全てにナンバリングを行い、その時点の果高・果径の最大部にマーキングし、以後収穫まで3～4日間隔で同一個体の同一部の測定を13回継続実施した。

調査結果から果高・果径の肥大推移を第1図、第1表に示した。果高・果径とも交配後23日までは急激な肥大を示すが、27日を過ぎると、共に一定の傾きをもつ直線で表される。また、肥大が緩やかな推移を示す交配後20日頃から個体間の標準偏差値も小さくなり、果実の揃いが向上していることが認められた。

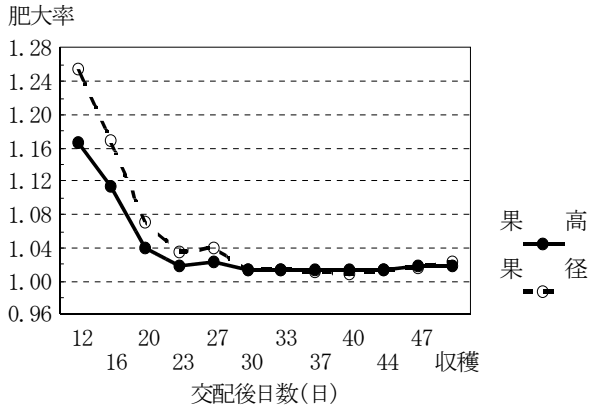
この特性をより客観的に評価するため、n+1回調査値とn回調査値(n≥1)の比を算出した。この値を「肥大率」とした。この値を比較することで、実測値の差つまり調査果実の大小にとられることなく、肥大の優劣やバラつきを判断することが出来る。第2図に示す様に、果高では交配後23日以降、果径では30日以降ほぼ一定の直線状の肥大が生じていることが示された。果高実測値は、交配後51日(5月26日)に当たる収穫時に13.15cmに対し、交配後30日(5月5日)では12.01cm、同様に

果径値は収穫時12.81cmに対し交配後30日11.73cmを示した。従って、果高・果径とも収穫時測定値(y)と交配後30日の測定値(x)の間には、 $y = 1.09x$  が成り立ち(厳密には、果高： $y = 1.095x$ 、果径： $y = 1.092x$ )、 $y = ax$ の一次式で表すことが可能であった。また、果高・果径の測定に伴い、果高値/果径値により算出した果形比も、交配後30日ではほぼ収穫時の果形(果高値/果径値)を表現されていることが明らかになった(第3図)。

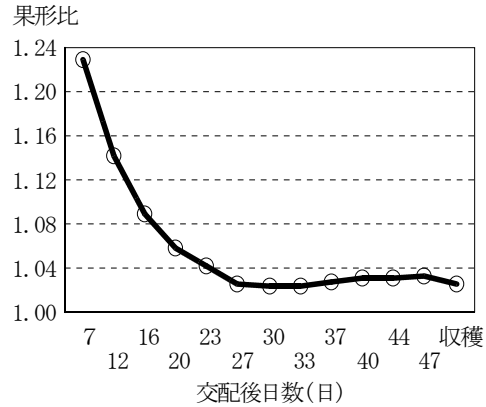
なお、本調査では果実と併せ結果枝の葉長・葉幅及び葉色の測定を行ったが、予測に結びつく傾向は得られなかった(第1表)。



第1図 果高・果径の肥大推移(2000年)



第2図 果高・果径の肥大率推移 (2000年)



第3図 果高・果径の肥大推移 (2000年)

第1表 測定結果 (20001年)

(30果調査、単位 ; cm)

回	日数	果高値	肥大率	果径値	肥大率	果形比	葉長	葉幅	葉色
①	7	8.41±1.15	—	6.84±1.32	—	1.23	15.00±0.74	15.89±0.83	42.75±2.97
②	12	9.81±0.70	1.17	8.58±1.06	1.25	1.14	15.24±0.90	16.37±1.06	46.24±3.38
③	16	10.93±0.38	1.11	10.02±0.56	1.17	1.09	—	—	—
④	20	11.38±0.20	1.04	10.74±0.33	1.07	1.06	15.44±1.69	16.86±1.33	53.60±3.43
⑤	23	11.60±0.21	1.02	11.12±0.27	1.04	1.04	15.32±1.57	16.91±1.34	53.70±4.00
⑥	27	11.86±0.20	1.02	11.56±0.17	1.04	1.03	14.93±1.58	16.66±1.49	61.34±8.60
⑦	30	12.01±0.21	1.01	11.73±0.17	1.01	1.02	15.15±1.50	16.01±1.49	62.38±4.71
⑧	33	12.18±0.21	1.01	11.88±0.17	1.01	1.03	—	—	—
⑨	37	12.35±0.21	1.01	12.02±0.18	1.01	1.03	14.76±1.18	15.11±1.87	63.75±3.17
⑩	40	12.53±0.20	1.01	12.14±0.18	1.01	1.03	15.57±1.66	15.33±1.81	62.58±5.03
⑪	44	12.69±0.31	1.01	12.30±0.29	1.01	1.03	15.22±1.57	15.28±1.93	60.69±5.06
⑫	47	12.92±0.25	1.02	12.51±0.24	1.02	1.03	15.19±1.36	14.51±1.33	49.81±8.50
⑬	51	13.15±0.26	1.02	12.81±0.26	1.02	1.03	14.29±1.78	14.49±2.20	41.81±9.68

注) 1 日数 : 交配後日数  
 2 葉色 : MINOLTA SPAD502で測定  
 3 果高値・果径値・葉長・葉幅・葉色 : 「平均値±標準偏差」を表示

2 果実肥大に対する環境条件の影響

果実肥大特性及び関係式  $y = 1.09x$  の検証と果実肥大に対する気温等環境条件の影響を明らかにするため、さらに2カ年それぞれ2作期に分けて栽培を行い、果実測定を実施した。

2001年は、交配日3月28日と4月4日(各9果平均値)で比較を行い、2作期とも交配後49日で収穫を行った結果、交配後25日の果高・果径値  $x$ 、収穫日の果高・果径値  $y$  との間に、

$$\begin{aligned} \text{果高} &: 1.08x \leq y \leq 1.11x \\ \text{果径} &: y = 1.08x \end{aligned}$$

の関係式が得られた。収穫時の果高・果径値は、1作期が果高12.70cm、果径12.98cm、2作期が12.57cmと13.18cmであり、前年度の結果  $y = 1.09x$  と大きな差異はみられない。

2002年には3月30日交配(以下、「作期I」と表記)

と4月12日交配(同「作期II」)の2作期において、再度果実調査を実施した。本試験では、作期間の比較と果実肥大モデルの精度を高めるため、両作期とも成熟期間50日と設定し、摘果完了後、各作期同一交配日の果実5果選定し、交配後15日目から5日間隔で計8回果実測定を実施した。調査結果は第2表に示した。

実際の流通においては、果実等級は収穫時の果径値で規定されている。これによると、作期Iの収穫時の果径値が12.36cmであったのに対し、作期IIでは13.30cmと差がみられた。両作期における肥大経過を比較すると、作期Iでは交配後15~20日の肥大が不良であったが、交配後50日の測定値に対する肥大率は、果高については交配後15日で1.20と1.23、交配後45日で1.02と1.01、一方、果径については交配後15日で1.36と1.37、交配後45日で1.02と1.01と2作期ともほぼ同じ値が得られた。また、果高は交配後25日、果径は交配後30日から肥大率1.05を

下回り肥大が緩やかになる傾向が認められ、それぞれその日数を境に実測値は2作期ともほぼ同様の直線状のグラフを示した(第2表、第4~7図)。果形比も果高・果径値の肥大率の低下に伴って緩やかに変化し、2作期とも交配後35日で収穫時の果形を呈した(第8図)。

成熟期間中の気象条件を第3表と第9図に示したが、この試験においては、作期Ⅱにおける交配後30日までの期間が多雨・寡日照傾向で推移し、天候不良が顕著であった。しかし、収穫時の果実の大きさは明らかに作期Ⅱが作期Ⅰを上回ったことから、果実肥大促進には交配後

の温度、特に最低気温の影響が大きいと考えられた。

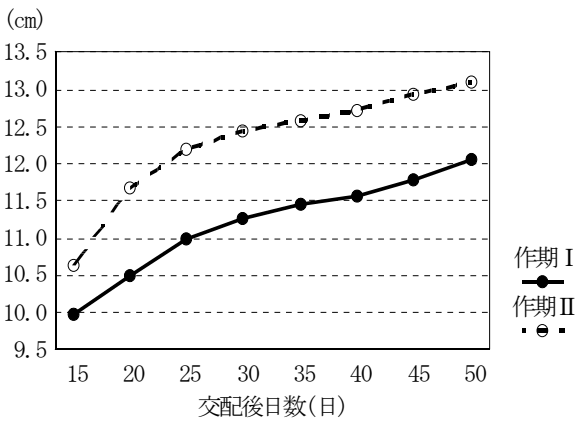
また、収穫後の調査において、マーキング部と収穫時最大部の実測値誤差は約0.2cm(作期Ⅰ果径値)に止まっていることから(第4表)、果実肥大測定法にも大きな問題がないと判断された。

以上の結果から、果径の肥大より果高の肥大が早く緩やかになる傾向が認められ、これまでの経験的な観測と一致するが、何れの作期でも交配後30日で確実に肥大は直線状を示すことが明らかになり、出荷階級は交配後25日までの肥大で規定されると推察される。

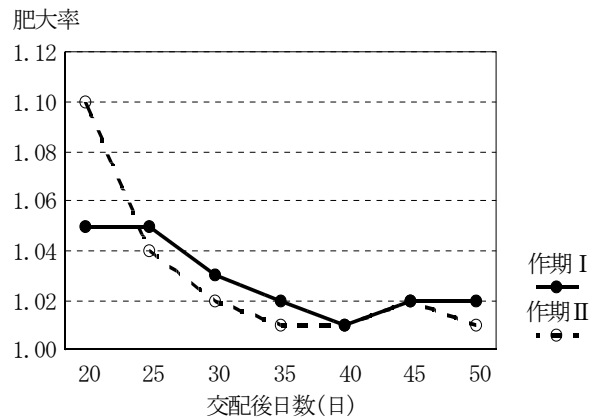
第2表 果実の肥大経過及び肥大率

(2002年、単位: cm)

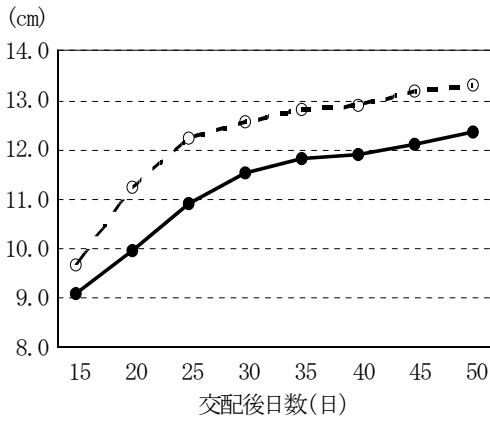
調査回数	日数	作期Ⅰ (3月30日交配)				作期Ⅱ (4月12日交配)					
		果高値	肥大率	果径値	肥大率	果形比	果高値	肥大率	果径値	肥大率	果形比
①	15	9.98	—	9.11	—	1.10	10.65	—	9.68	—	1.10
②	20	10.50	1.05	9.97	1.09	1.05	11.69	1.10	11.24	1.16	1.04
③	25	10.99	1.05	10.90	1.09	1.01	12.20	1.04	12.23	1.09	1.00
④	30	11.28	1.03	11.55	1.06	0.98	12.44	1.02	12.59	1.03	0.99
⑤	35	11.47	1.02	11.82	1.02	0.97	12.58	1.01	12.83	1.02	0.98
⑥	40	11.57	1.01	11.92	1.01	0.97	12.73	1.01	12.91	1.01	0.99
⑦	45	11.79	1.02	12.10	1.02	0.97	12.94	1.02	13.18	1.02	0.98
⑧	50	12.05	1.02	12.36	1.02	0.97	13.11	1.01	13.30	1.01	0.99
⑧/①		—	1.20	—	1.36	—	—	1.23	—	1.37	—
⑧/②		—	1.15	—	1.24	—	—	1.12	—	1.18	—
⑧/③		—	1.10	—	1.13	—	—	1.07	—	1.08	—
⑧/④		—	1.07	—	1.07	—	—	1.05	—	1.06	—
⑧/⑤		—	1.05	—	1.05	—	—	1.04	—	1.04	—
⑧/⑥		—	1.04	—	1.04	—	—	1.03	—	1.03	—
⑧/⑦		—	1.02	—	1.02	—	—	1.01	—	1.01	—



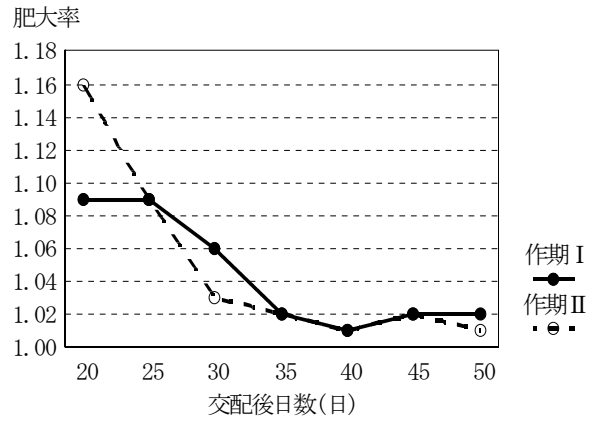
第4図 果高肥大の比較 (2002年)



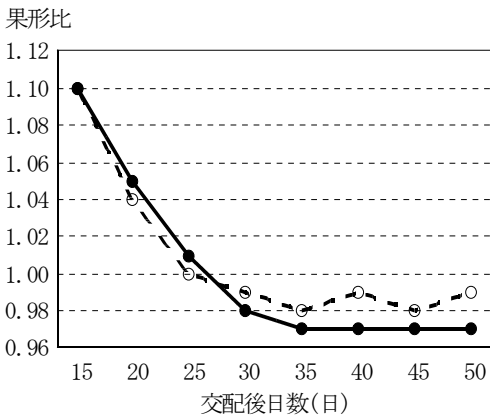
第5図 果高肥大率の比較 (2002年)



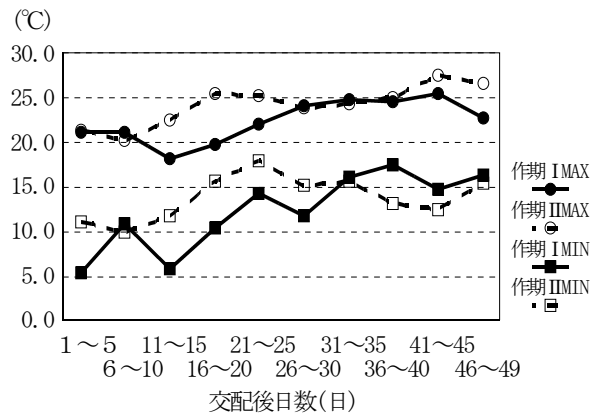
第6図 果径肥大の比較 (2002年)



第7図 果径肥大率の比較 (2002年)



第8図 果形比の比較 (2002年)



第9図 肥大期間の気温推移 (半旬別、2002年)

第3表 半旬別気象概要 (2002年、単位 ; °C・mm・hr・MJ/m<sup>2</sup>)

項目	作 期 I					作 期 II					
	気 温		降 水	日 照	日 射	気 温		降 水	日 照	日 射	
	最 高	最 低	量	時 間	量	最 高	最 低	量	時 間	量	
日数											
1 ~ 5	21.2	5.3	4.5	41.7	80.3	21.4	11.1	18.0	18.0	49.5	
6 ~ 10	21.1	10.8	18.5	26.3	61.7	20.3	9.9	45.5	15.4	53.5	
11 ~ 15	18.2	5.8	10.5	25.6	66.2	22.6	11.7	17.0	25.5	64.1	
16 ~ 20	19.8	10.5	18.0	13.3	43.4	25.5	15.8	35.0	18.0	61.8	
21 ~ 25	22.2	14.2	62.5	6.0	37.1	25.3	17.9	30.0	9.6	44.8	
26 ~ 30	24.1	11.7	0.0	38.1	88.5	24.0	15.2	32.5	18.4	63.7	
31 ~ 35	24.8	16.1	62.0	6.3	38.6	24.3	15.6	106.5	13.4	53.9	
36 ~ 40	24.7	17.5	3.0	11.8	54.4	25.0	13.2	1.5	29.3	78.4	
41 ~ 45	25.5	14.7	34.0	22.5	70.2	27.6	12.4	0.5	49.6	103.3	
46 ~ 49	22.7	16.3	106.5	5.7	35.2	26.6	15.4	2.0	26.6	64.4	
合 計	~30	21.1	9.7	114.0	151.0	377.3	23.2	13.6	178.0	104.9	337.4
	31~	24.5	16.2	205.5	46.3	198.5	25.8	14.1	110.5	118.8	300.0
	期間	22.4	12.2	319.5	197.3	575.7	24.2	13.8	288.5	223.7	637.4

注) 1 農業研究センター気象観測データ (日別値) を編集  
 2 気温は (外気温) 平均値、その他は累計値

第4表 収穫時生育

(2002年、単位：g・cm・%)

項目	収穫日	外 観						糖 度(Brix)		
		果 重	果 高	果 径	果形比	花落径	ネット	果梗部	中央部	花落部
作期 I (誤差)	5/13	1006	12.08 (+0.03)	12.58 (+0.22)	0.96	1.96	3.27	14.2	14.8	14.2
作期 II (誤差)	6/1	1226	13.11 ( - )	13.33 (+0.02)	0.97	2.21	3.63	13.2	14.4	13.4

注) 1 果高・果径：収穫後測定 of 最大値  
 2 誤差：マーキング位置に対する差 (以下同じ)

3 作型 (成熟期間) の違いが及ぼす影響

本県における早い作型では、生育期間の温度が低温で経過するため、成熟期間がこれまで検討してきた50日程度より長い。そのため、生育期間の温度が厳しい条件下での果実肥大生長について検討を行った。すなわち、12月16日播種、1月20日定植で、成熟日数を55日と設定した。交配後10日に摘果と調査個体のサンプリングを行い直ちに測定開始、収穫まで合計10回の測定を行った。調査方法は前年度同様とした。

試験結果を第5表に示す。

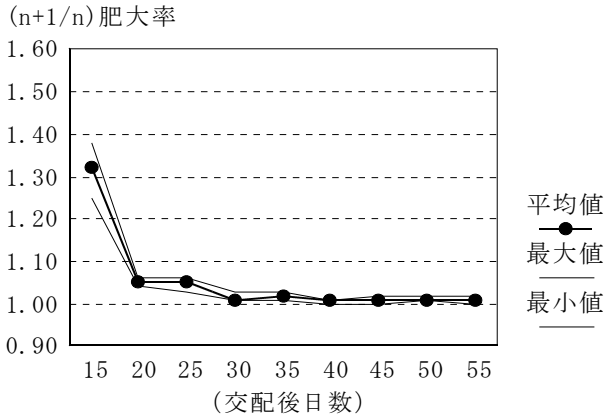
果高・果径ともに肥大率は交配後20日を過ぎた時期から緩やかになり、交配後25日を経過するとほぼ直線状の伸びを示した。交配後25日及び30日を起点として、各日と収穫日までの期間において、 $y = ax + b$  の近似式を引いた場合、何れを起点としても平均値・最大値・最小値に関して高い相関係数が得られ、成熟期間後半の果実肥大はほぼ一定した割合で推移すると判断された (第6表)。従って、成熟日数を要する作期においても基本的な果実肥大生長に変化はなく、過去の試験結果と矛盾する事項は認められなかった。

第5表 果高の肥大経過及び肥大率

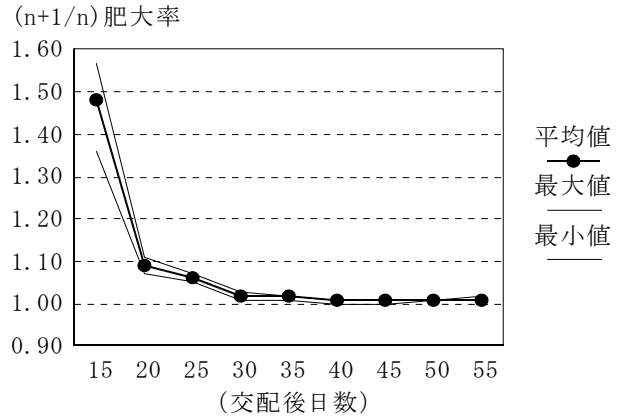
(2003年、単位：cm)

	調査回数	日 実測値	肥大率 (調査時対比)				肥大率 (収穫時対比)				
			平均値	最大値	最小値	偏差	平均値	最大値	最小値	偏差	
果 高	①	10	7.15	—	—	—	—	1.55	1.64	1.45	0.071
	②	15	9.44	1.32	1.38	1.25	0.049	1.17	1.20	1.15	0.021
	③	20	9.91	1.05	1.06	1.04	0.009	1.12	1.15	1.08	0.026
	④	25	10.37	1.05	1.06	1.03	0.008	1.07	1.09	1.04	0.018
	⑤	30	10.52	1.01	1.03	1.01	0.008	1.05	1.07	1.03	0.014
	⑥	35	10.68	1.02	1.03	1.01	0.007	1.04	1.06	1.02	0.014
	⑦	40	10.75	1.01	1.01	1.00	0.004	1.03	1.05	1.02	0.014
	⑧	45	10.81	1.01	1.02	1.00	0.008	1.02	1.04	1.01	0.010
	⑨	50	10.95	1.01	1.02	1.01	0.002	1.01	1.02	1.00	0.008
	⑩	55	11.08	1.01	1.02	1.00	0.008	—	—	—	—
果 径	①	10	5.96	—	—	—	—	1.85	1.96	1.77	0.087
	②	15	8.83	1.48	1.57	1.36	0.085	1.25	1.30	1.22	0.032
	③	20	9.62	1.09	1.11	1.07	0.018	1.14	1.17	1.11	0.021
	④	25	10.21	1.06	1.07	1.05	0.006	1.08	1.10	1.06	0.015
	⑤	30	10.41	1.02	1.03	1.01	0.007	1.06	1.07	1.04	0.013
	⑥	35	10.57	1.02	1.02	1.01	0.006	1.04	1.05	1.03	0.009
	⑦	40	10.68	1.01	1.01	1.00	0.002	1.03	1.04	1.02	0.008
	⑧	45	10.75	1.01	1.01	1.00	0.004	1.03	1.03	1.02	0.004
	⑨	50	10.88	1.01	1.01	1.01	0.002	1.01	1.02	1.01	0.004
	⑩	55	11.03	1.01	1.02	1.01	0.004	—	—	—	—

注) 1 肥大率 (調査時対比) =  $(n+1)$  回調査値 /  $n$  回調査値 (  $1 \leq n \leq 9$  )  
 2 肥大率 (収穫時対比) = 10回調査値 /  $n$  回調査値 (  $1 \leq n \leq 9$  )



第10図 果高肥大率の推移 (2003年、調査時対比)



第11図 果径肥大率の推移 (2003年、調査時対比)

第6表 果実肥大率の回帰式・相関

(2003年)

項目\期間		交配後25日～収穫時	交配後30日～収穫時
果高	平均値	$y = -0.0111x + 1.0757 (R^2 = 0.9846)$	$y = -0.0100x + 1.060 (R^2 = 1.0000)$
	最大値	$y = -0.0139x + 1.1029 (R^2 = 0.9800)$	$y = -0.0137x + 1.088 (R^2 = 0.9846)$
	最小値	$y = -0.0068x + 1.0443 (R^2 = 0.9601)$	$y = -0.0063x + 1.0353 (R^2 = 0.9429)$
果径	平均値	$y = -0.0125x + 1.0857 (R^2 = 0.9570)$	$y = -0.0111x + 1.0673 (R^2 = 0.9516)$
	最大値	$y = -0.0150x + 1.1043 (R^2 = 0.9587)$	$y = -0.0129x + 1.0800 (R^2 = 0.9806)$
	最小値	$y = -0.0089x + 1.0614 (R^2 = 0.9413)$	$y = -0.0074x + 1.0460 (R^2 = 0.9657)$

4 予測手法のマニュアル化

(1) アンデスメロンの果実肥大特性

果実肥大に関する4カ年の試験結果の概要を第7表にまとめた。

さらに、第8表に各年次得られた果実肥大率をまとめて表示した。整枝法や栽培時期、その間の気象の推移など異なるところがあるものの、これらの諸条件を含めても、交配後に肥大が緩やかになる時点を起算日とし、収穫時と果実測定値を比較してみると、果高・果径ともに肥大率は一定の範囲内に収まった。予測式を決定するため、果実肥大モデル全体を対数関数とみなすか、その特長から交配後25～30日を境に曲線と直線に分類して捉えるか最終的に検討を行ったが、‘アンデス’の場合、果実肥大は僅かながらも収穫まで継続することと、2003年に得られた近似式の相関が高かったことから後者を選択した。従って、実測値・肥大率とも予測の起算日が交配後25日・30日であっても同様の直線が得られる(2003年)ことから、収穫時の果実サイズの予測は、

$$y = a x \quad (x : \text{起算日の測定値})$$

の一次式で算出できると考えられた。第8表に示した全期間の肥大率から、果高は $1.03 \leq a \leq 1.12$ 、果径は $1.04 \leq a \leq 1.12$ と規定される。

(2) 予測手法の構築

① 判定基準の設定

決定した予測式が簡単であろうと複雑であろうと、実践の場で一定の精度を保ち、調査時点で収穫・出荷時の状況を表現できなければ予測技術として意味をなさない。単に  $y = a x$  に測定値を代入して予測を行い、収穫時の実測値との差の大きさを比較するのみでは予測法として位置付けることはできないし、収穫時の予測値と実測値が数mm以内なら正しいという漠然とした基準では主観的判断に過ぎず現実的意味合いに欠ける。そのため、本試験で実施した一連の果実測定方法を予測に結びつける場合、予測を行う対象が必要となる。前項で示したように、直線の傾きつまり肥大率の値は一定の範囲があるため、最大値から最小値の間には差が生じるが、この数値の範囲は果高・果径ともに所詮1cm前後に止まる。従って、仮に遠視で予測を行っても(=測定値に1cmを加えても)数値的に大きな逸脱はない。それでは、何を対象にすれば予測方法として成立するかを考えた場合、収穫・出荷時の階級、具体的にはL・M・S…といった規格の割合を明示することができれば、生産者サイドや市場にとっても有効な情報になり得るという結論に辿り着いた。試験結果を基にした予測の考え方を具体的に第12図

に示す。

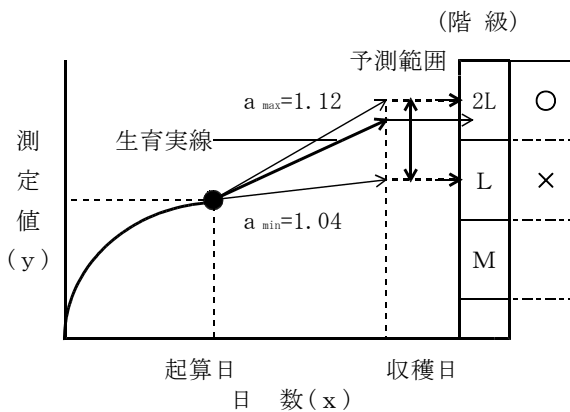
第7表 肥大予測に関して得られた知見と栽培条件等

年次	生育及び栽培管理上の成果	気象概況
2000	個体間のバラつきが少なく、果高・果径とも均等な肥大を示す。	晴天日多く、好適条件
2001	作期が異なっても、肥大推移は同様の傾向を示す。	寒暖の日較差大
2002		曇雨天日多く、寡日照
2003	果実サイズは交配後20日までの肥大で規定され、肥大期に及ぼす要因は最低温度の影響が最も大きい。	交配前の低温日多
	成熟日数が長くても、果実肥大生長推移は不変。また、交配後25・30日と収穫時の測定値で結ばれる直線は同等の相関がある。	

第8表 年次別予測起点と肥大率総括

試験年度	整枝法	交配日	成熟日数	予測起算日	試験結果		個体数 × 作期数
					果高肥大範囲	果径肥大範囲	
2000	2本3果	4月5日	51	30	← ● →	← ● →	30 × 1
2001	2本3果	3月26日	49	25	← →	← ● →	9 × 2
	2本3果	4月4日	49	25	← →	← ● →	
2002	2本3果	3月28日	50	30~35	← →	← ● →	5 × 2
	2本3果	4月4日	50	35	← →	← ● →	
2003	2本4果	3月18日	55	25	← ● →	← ● →	5 × 1
				30	← ● →	← ● →	
(期間総括)					← ● →	← ● →	
肥大率					1.02 1.07 1.12	1.02 1.07 1.12	

- 注) 1 予測起算：予測を行った交配後日数  
 2 整枝法：蔓数と収穫果数を表示  
 3 交配日：1999・2000年度は全調査個体の平均値（小数点以下四捨五入）  
 4 個体数：測定調査果実数



第12図 予測手法の模式図（果径の場合）

②予測起算日の決定

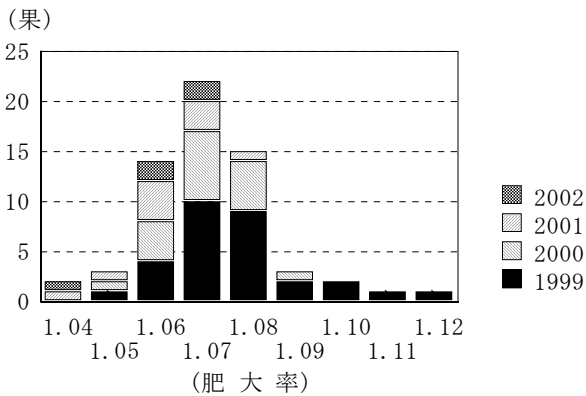
2002年度の試験結果から、交配後25日と同30日の測定値と収穫時の測定値の相関は、0.95以上の高い水準にあるためどちらを起算日としても同等の予測値が期待され、また予測のための調査は1回でよいと判断できる。但し、生育上交配後30日を起算日とし、収穫日に近づけた方が肥大率のブレは小さくなり、予測範囲は狭められ確度を増す。また、起算日を1～2日前進させた場合を想定すると、交配後25日が起算日では果実測定が肥大率のピークに近い交配後23日まで前進するため、交配後



30日に規定した方が安定すると考えられる。この日数で、収穫前20～25日の予測となる。

③階級判定のための係数の決定

果径に関しては  $y = ax$  における  $a_{max} = 1.12$ 、 $a_{min} = 1.04$  と設定されるが、 $a_{max}$  値と  $a_{min}$  値は予測範囲の極値となるため、2つの値の階級が異なることは十分に予想される。仮に  $a_{max}$  で「2L」、 $a_{min}$  で「L」であった場合、予測は二分され、どちらの階級の信憑性が高いかも問題になる。従って、階級の動きを明確にするため、中間的な値を設定しておく必要があると考えられる。第13図に試験期間における全調査個体の果径肥大率分布を示したが、最頻値  $a_{mode} = 1.07$  は明確である。さらに、全63個体の平均値  $a_{avg} = 1.072$ 、中間値  $a_{med} = 1.07$  であり、信頼度95%でこの母平均を推定した場合でも  $a_{max} = 1.075$ 、 $a_{min} = 1.067$  となるため、 $a = 1.07$  が信頼性の高い値として設定できる。



第13図 果径肥大率の分布 (1999～2002年度)

④階級分布予測法の構築

次に、本研究の主目的である果実個体の予測を圃場全体の予測へ発展させる具体的手法を検討する。果実肥大生長の予測の考え方は第12図に示したとおりであるが、個々の予測を圃場全体に反映させるためのシステムの作成が必要である。即ち、圃場での果実測定後直ちにその値を用いて迅速且つ円滑な出荷予測を行うための手法を具現化しなければならない。

この点に関しては熊本県経済農業協同組合連合会（以下、「県経済連」）と検討を行い、生産現場における果実調査は、人的労力と所要時間から標準的な地這いメロンハウス（間口6×長さ50m）1棟当たり最大20果の測定を実施していること、また実際の収穫果実現物の階級判定は果実が選別機を通過した際の断面積で判定されるが、この時果実断面は正円と捉えられるため、円の面積計算式  $S = \pi r^2$  から逆算し、 $4L \sim 2S$  までの最大8段階の果径（＝直径）値が規定されている。従って、階級判

定に影響するのは果径値のみということになるが、各階級の数値は集出荷所や選別機によって微妙に異なっている。この現状を考慮し、汎用性の高い予測法及び集計を行うため、表計算ソフト「Excel」のVBA (Visual Basic for Application) を活用したシートを第15図のとおり作成した。実務としては圃場で測定した果高・果径値を果高・果径の「実測値」欄のセルへ入力するのみでよい。VBAでプログラミングすることで、エディタの数値を書き換えれば、各集出荷所の数値に応じた階級表示が可能であり、セル毎に理論式を書き換える手間が省ける利点もある。また、必要に応じてフォームボタン等で作業を一括できる利点がある。

予測数値の判定方法としては、第12図に示した考え方を基に、測定時の果実果径が収穫までにどの階級範囲に属するかが重要となるので、果径肥大率  $a_{min} = 1.04$ 、 $a_{avg} = 1.07$ 、 $a_{max} = 1.12$  の各値を算出し階級を明記する。実際に規定されている階級毎の数値の幅を考えると、最小値・最頻（平均）値・最大値間での階級の分布を考えると、2階級に分かれるもの、3階級に分かれるパターンが想定される（具体例は事項に明示）。そのため、上記の最小値と最大値の的中率の低下とある程度の生育のバラつきを含むことを想定し予測の表示を行う必要がある。予測の目標は中心階級の把握であり、この予測は的中率の高い最頻（平均）値の階級を主としながら予測範囲の中で極値がどの階級へ動くかという風に考えれば理解し易い。また、最小値階級＝最頻値階級＝最大値階級或いは最小値階級≠最頻値階級≠最大値階級はあっても、最頻値階級≠最小値階級＝最大値階級はあり得ないため、最頻値階級の信憑性は高まる。従って、最頻値20例の予測階級に最大値と最小値を加えた全60例の予測階級を比率で表示することで、ある程度中心階級の予測が可能ではないかと推察した。

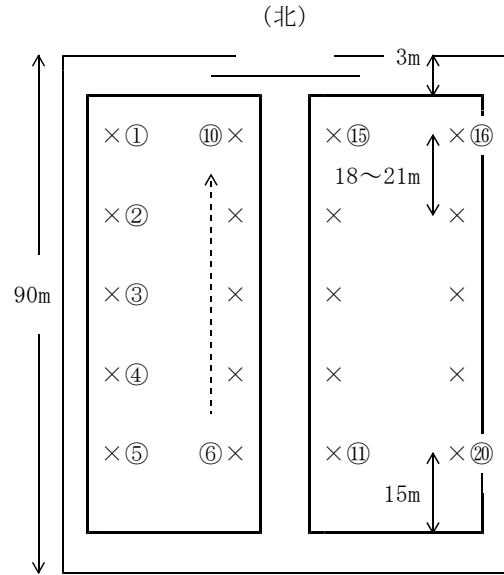
⑤生産現場における実証

予測精度を検証するため、2004年4月熊本県下益城郡下郷において実証を行った。耕種概要として、栽培面積  $1440\text{m}^2$  ( $480\text{m}^2 \times 3$  棟)、交配日は4月1～5日、子蔓2本仕立4果穫り・振り分け法、栽植様式は畦幅2.5m、株間45cm、1条植（＝89株/a）を記載する。果径測定は交配後22～27日（収穫前15～16日）に当たる4月28日に行った。ハウス3棟の果実肥大は同等と判断したため、中央1棟のハウス中央及びサイド側の4列から各5株合計20果を無作為に選定し（第14図）、果径最大部を測定した。翌29日に測定値から熊本宇城農業協同組合（以下、「JA宇城」）の出荷規格に基づき主要出荷階級を予測した。なお、調査個体には測定時にナンバリングし収穫前

日の5月12日に予測精度を確認するため、追跡調査として調査個体の果径測定を再度実施した。なお、5月13・14日に全果実を収穫・出荷した。

測定を実施した4月28日の値から果径予測値を算出し、階級を判定した。調査結果は第9表にまとめたが、予測法の作業は第15図の通りである。階級分布一覧を作成、出荷階級はL～LA中心であると判定した。また5月12日の測定果実の追跡調査では果径平均値11.66cm、肥大率1.05であったが、実測値の階級Lは最小値～最大値の階級範囲に全て収まった。調査時の果径値と各階級値から $1.04x \leq y \leq 1.12x$ の範囲では予測階級は最大3階級に及ぶため、最小値・平均値・最大値の各階級の変化を含めた階級予測比率は、L40%・LA38%とほぼ2分化される形となった(第10表)。ハウス全体の4085果の出荷実績ではLA42%・L37%となり中心出荷階級は異なったものの、予測値と大幅に異なる範囲であった(第16図)。この結果から、主要階級は異なったものの果実測定調査から‘アンデス’の出荷階級の予測が期待できる。圃場の選定は関係機関に一任したため、今回は成熟日数が予想以上に短かく肥大率も小さかったが、測定果実の階級の動きを予測することで、ある程度生産圃場における果実肥大のバラつきを網羅し出荷階級実績に近い

割合を示したと考えられる。また、予測精度に関しては、調査果数に対し出荷果数が100倍以上となるため、改めて「出荷主要階級の予測」と規定することが予測精度を保つと判断される。



第14図 調査個体のサンプリング

第9表 現地における果径測定値及び予測値・階級

(単位；cm)

果 調 査 No.	実 測定値 (a)	予 測			追 跡 調 査 (※5月12日) 果径値-階級
		最小値-階級 (a × 1.04)	平均値-階級 (a × 1.07)	最大値-階級 (a × 1.12)	
①	11.50	11.96 - LA	12.31 - LA	12.88 - 2L	12.20 - LA
②	11.80	12.27 - LA	12.63 - 2L	13.22 - 2L	12.50 - 2L
③	11.10	11.54 - L	11.88 - LA	12.43 - 2L	11.80 - LA
④	10.80	11.23 - L	11.56 - L	12.10 - LA	11.40 - L
⑤	10.90	11.34 - L	11.66 - L	12.21 - LA	11.30 - L
⑥	10.60	11.02 - L	11.34 - L	11.87 - LA	11.20 - L
⑦	10.60	11.02 - L	11.34 - L	11.87 - LA	11.10 - L
⑧	11.00	11.44 - L	11.77 - LA	12.32 - LA	11.55 - L
⑨	12.05	12.53 - 2L	12.89 - 2L	13.50 - 3L	12.60 - 2L
⑩	11.80	12.27 - LA	12.63 - 2L	13.22 - 2L	12.45 - 2L
⑪	10.90	11.34 - L	11.66 - L	12.21 - LA	11.50 - L
⑫	10.90	11.34 - L	11.66 - L	12.21 - LA	11.30 - L
⑬	11.00	11.44 - L	11.77 - LA	12.32 - LA	11.75 - LA
⑭	11.70	12.17 - LA	12.52 - 2L	13.10 - 2L	12.30 - LA
⑮	11.40	11.86 - LA	12.20 - LA	12.77 - 2L	11.90 - LA
⑯	10.75	11.18 - L	11.50 - L	12.04 - LA	11.25 - L
⑰	10.50	10.92 - M	11.24 - L	11.76 - LA	11.30 - L
⑱	10.60	11.02 - L	11.34 - L	11.87 - LA	11.10 - L
⑲	10.80	11.23 - L	11.56 - L	12.10 - LA	11.30 - L
⑳	10.90	11.34 - L	11.66 - L	12.21 - LA	11.30 - L
平均	11.08	11.52 - L	11.86 - LA	12.41 - LA	11.66 - L (肥大率1.05)

注) 階級規定 (果径値 y, cm)  
 4L :  $15.96 \leq y$   
 3L :  $13.40 \leq y < 15.96$   
 2L :  $12.46 \leq y < 13.40$   
 LA :  $11.72 \leq y < 12.46$   
 L :  $10.82 \leq y < 11.72$   
 M :  $9.84 \leq y < 10.82$   
 S :  $9.00 \leq y < 9.84$   
 2S :  $y < 9.00$   
 (JA熊本宇城・下東)

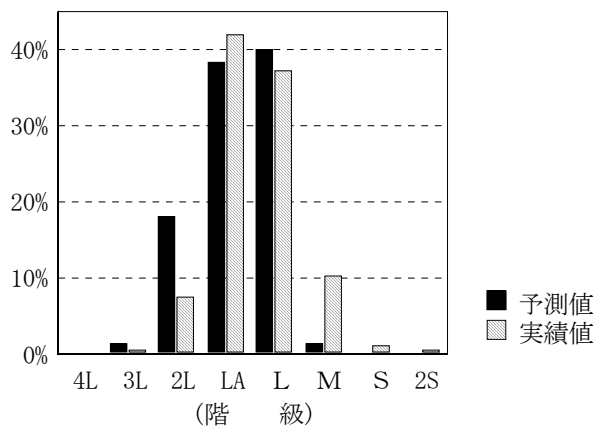
	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	
1	アンデスメロン予測Sheet															
2	アンデスメロン予測Sheet															
3	地区名 現地実証産 交配期 4/1 ~ 4/5															
4	果高 果径 果形															
5	項目 収穫時予測 収穫時予測 収穫時															
6	実測値 MIN MODE MAX 実測値 MIN 規格 MODE 規格 MAX 規格 予測値															
7	No. ×1.03 ×1.07 ×1.12 ×1.04半径 ×1.07半径 ×1.12半径 予測値															
8	①	10.60	10.92	11.34	11.66	11.50	11.96	LA	12.31	LA	12.88	2	0.99			
9	②	10.65	10.97	11.40	11.82	11.30	12.27	LA	12.63	2	13.22	2	0.97			
10	③	10.25	10.56	10.97	11.28	11.10	11.54	L	11.88	LA	12.43	LA	0.99			
11	④	10.50	10.82	11.24	11.55	10.80	11.23	L	11.56	L	12.10	LA	1.04			
12	⑤	9.40	9.68	10.06	10.34	10.90	11.34	L	11.66	L	12.21	LA	0.92			
13	⑥	10.00	10.30	10.70	11.00	10.60	11.02	L	11.34	L	11.87	LA	1.06			
14	⑦	10.50	10.82	11.24	11.55	10.60	11.02	L	11.34	L	11.87	LA	1.06			
15	⑧	10.85	11.18	11.61	11.94	11.00	11.44	L	11.77	LA	12.32	LA	1.06			
16	⑨	11.25	11.59	12.04	12.38	12.05	12.53	2	12.89	2	13.50	3	1.00			
17	⑩	10.70	11.02	11.45	11.77	11.50	12.27	LA	12.63	2	13.22	2	0.97			
18	⑪	10.20	10.51	10.91	11.22	10.90	11.34	L	11.66	L	12.21	LA	1.00			
19	⑫	9.90	10.20	10.59	10.89	10.90	11.34	L	11.66	L	12.21	LA	0.97			
20	⑬	10.75	11.07	11.50	11.83	11.00	11.44	L	11.77	LA	12.32	LA	1.06			
21	⑭	11.00	11.33	11.77	12.10	11.40	11.86	LA	12.20	LA	12.77	2	1.03			
22	⑮	9.80	10.09	10.49	10.78	10.75	11.18	L	11.50	L	12.04	LA	0.98			
23	⑯	9.60	9.89	10.27	10.56	10.50	10.92	L	11.24	L	11.76	A	0.98			
24	⑰	10.40	10.71	11.13	11.44	10.60	11.02	L	11.34	L	11.87	LA	1.05			
25	⑱	10.15	10.45	10.86	11.17	10.80	11.23	L	11.56	L	12.10	LA	1.01			
26	⑲	9.90	10.20	10.59	10.99	10.90	11.34	L	11.66	L	12.21	LA	0.97			
27	⑳	9.90	10.20	10.59	10.99	10.90	11.34	L	11.66	L	12.21	LA	0.97			
28	㉑	9.90	10.20	10.59	10.99	10.90	11.34	L	11.66	L	12.21	LA	0.97			
29	㉒	9.90	10.20	10.59	10.99	10.90	11.34	L	11.66	L	12.21	LA	0.97			
30	調査回数	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20			
31	階級判定値(x:果径)															
32	4L	...	15.96	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
33	3L	...	13.40	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	15.96	
34	2L	...	12.46	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	13.40	
35	LA	...	11.72	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	12.46	
36	L	...	10.82	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	11.72	
37	M	...	10.10	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	10.82	
38	S	...	9.84	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	10.10	
39	2S	...	9.84	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	9.84	

第15図 調査データ入力シート (「Excel」)

第16図 階級予測分布

第10表 階級予測分布 (単位; 個・%)

階級	最小値	最頻値	最大値	合計	階級比
3L	0	0	1	1	2
2L	1	4	6	11	18
LA	5	5	13	23	38
L	13	11	0	24	40
M	1	0	0	1	2



1」)

#### IV 考察

以上、ハウスメロン「アンデス」の果実肥大生長のモデリングおよび果実測定による生育・収量予測について検討を行った。この手法の特長としてあげられるのは、品種の持つ果実肥大特性を明確にしたうえで、冒頭でも触れた異なる環境条件の影響を排除して、簡易な測定のみで収穫時の果高・果径値を予測することが、第一にあげられる。さらに、「階級分布予測法の構築」で述べたが、測定による予測値を階級という規格に置き換えることで、予測される値はその階級の範囲内で正誤判定されることになり、個々の予測値と実測値との1cm以下の差が予測に大きく影響を及ぼさず、最大の予測対象は4L~2Sまでの(最大)8階級のうちの「中心階級」になり、この予測自体が12.5% (= 1 / 8) という的中率を有することで、実用性が高まったと考えられる。この点は、「生産現場における実証」の項での結果と併せても、一定の精度が検証されたと判断する。

但し、今回の現地実証では、測定に要する時間・労力も考慮し1ハウス20果を上限としたが、現場の事情が許

すのであれば、信頼に値するデータとするためには個体数を増やすこと、また「Excel」のシートをコピーし測定点を増やし串刺し計算で集計すること等は、特に

10a 当たりの出荷箱数に関する信憑性に大きく寄与すると思われる。現場における検証は、今後機会があれば、積極的に取り組みたい。また、他品種への応用も容易に可能と推察する。

まとめとして、本研究における「アンデス」の予測法に関する留意点を以下の通り示す。

- a 交配は人工交配を前提とし、成熟日数は50~55日を基本とする。
- b 開花最盛日(期)を把握し、交配後30±2日の範囲で測定を行う。
- c 果径最大部を確認し測定する(目視の範囲)。
- d ハウス内の測定位置を分散させ、ハウス中央部とサイド側を均等に測定する。

#### V 謝辞

最後に、冒頭にも述べたように、開始当初、非常に取

り組みにくい面があり、単年度の研究成果等においても「分かりにくい」という意見も少なからず聞かれた研究課題であった。しかし、筆者の予測法への取り組みを評価して頂き、果実肥大生長モデルをセンシング技術<sup>3)</sup>の1つと捉え、手法化に際して「Excel」によるVBA活用の提言とその具体的な指導を頂いた野菜茶業研究所果菜研究部の東出忠桐主任研究官（現近畿中国四国農業研究センター）並びに試験研究・現地実証に際してご理解とご協力頂いた県経済連、JA宇城及び県宇城農業改良普及センター（現宇城農業普及指導課）の関係各位に謝辞を申し上げます。

## VI 摘 要

- 1 「アンデス」は交配後20日まで果実肥大は急速に進み、交配後30日以降収穫まで緩やかな肥大生長を続ける。
- 2 この肥大特性は、温度・着果数等の影響を受けないため、交配後30日で収穫時の果形と相似の果実の形状を示す。
- 3 交配後28～32日（ $x$ ）と収穫時（ $y$ ）の果径値を比較した場合、その肥大率は $1.04x \leq y \leq 1.12x$ を示し、 $y = 1.07x$ が中心となる。

- 4 上記の式を利用して、交配後30日経過（出荷20～25日前）時点で収穫時の果実階級を予測することが可能である。
- 5 県内において、20果の果径測定により実証を行った結果、出荷主要階級が予測可能と判断される。

## VII 引用文献

- 1) 上中昭博：第3回施設園芸中央セミナーテキスト，57～61. 社団法人日本施設園芸協会，東京，2003.
- 2) 藤原俊六郎・安西徹郎・小川吉雄・加藤哲郎：土壌肥料用語事典，312～313. 社団法人農産漁村文化協会，東京，1998.
- 3) 平成12年度課題別研究会資料：野菜・花き生産における高度センシング診断技術の現状と課題，農林水産省野菜・茶業研究所，愛知，2000.

### Prediction of the Classes of Melon Harvested by the Measurement of Fruits Size after 30th Day from Pollination.

Shusaku TANAKA and Toyoaki ISHIDA

#### Summary

Thickening growth of creeping housue melon 'Andes' rapidly advances until 20th day after mating and changes from about 30th day to harvest linearly. This characteristic is not affected by temperature or number of fruit, so the fruit figure at 30th day after mating is similar to that harvest. By comparison of the width of fruit at 28-30 day after mating ( $x$ ) with that at harvest ( $y$ ), that thickening growth ratio shows  $1.04x \leq y \leq 1.12x$ , and  $y = 1.07x$  plays a key role. Using these expressions, rank of fruit size at harvest can be predicted on 30th day after mating (20-25 day before harvest). As a result of proof examination by measuring 20 fruits in Kumamoto prefecture, main rank at the time of shipment can be predicted.

key word : Andes, thickening growth, predict