

山形県庄内地域における選果施設の 利用と作業工程の分析

土屋 功位・蔡 慶隆*・上出 順一
(農業機械学研究室, 台湾大学*)
(昭和57年9月1日受理)

Analysis of Operation Process in Packing House in
Shonai District.

Masanori TSUCHIYA, Ching-Long Tsai* and Junichi KAMIDE

Laboratory of Agricultural Machinery, Department of Agricultural
Engineering, Faculty of Agriculture, Yamagata University,
Tsuruoka, Japan
National Taiwan University, Taipei, Taiwan, China*
(Received September 1, 1982)

I 緒 言

戦後35年間, 日本人の食生活は大きな進歩を遂げ, いわゆる食生活の洋風化に伴い, 栄養水準は欧米先進国に匹敵するようになった。

食生活の変化の過程において注目される現象は摂取カロリーの増大とともに穀類を中心とするでん粉食に対する要求が減少し, 動物タンパク, 脂肪および果実, 野菜に対する要求が高まるといった量的な面と同時に質的な変化がみられる。量的な面では国民1人当りの1年間の食糧消費量が昭和35年度では米, 果実, 野菜それぞれ 114.9, 22.3, 99.7 kg に対して, 昭和53年度の消費量はそれぞれ 81.6, 40.4, 114.9 kg であり, 米の消費が減り, 果実と野菜の消費増がみられ, しかもその消費量は主食である米の1.7倍に達し, 果実, 野菜などの青果物が今日の食生活において重要な役割をなしている。果実の生産量をみると昭和30年には約200万トンであったが, 昭和50年には667万トンと大幅に増大し過去20年間で3倍になった。また野菜の生産量は昭和30年には約800万トンであったが, 昭和50年には1,460万トンと20年間で2倍になった。質的な面では栽培技術の向上のほか収穫後の合理的な処理, 洗浄, 予冷, 選別, 保冷輸送, 貯蔵など鮮度や味などの品質保持のため高度な技術と設備が要求される。

日本の場合, 果実, 野菜の総生産量の85%にのぼる量が鮮食料として市場に流通されているのが現状であり, 加工原料としての利用はわずか15%にすぎない。従来の流通方式では青果物が生産地から消費地までの過程で変質, 腐敗などにより, 生産量の25~30%のロスが生じているが, 青果物の品質をいかにして保持するかについて流通システム確立の意義が極めて大きい。

周知のとおり, 日本では高度経済成長にともなって, 農村人口はますます都市に集中してきたが, 従来の野菜供給地域であった都市周辺のベットタウン化により, 野菜はより中間, 遠隔の生産地域に供給を求めなければならなくなった。その結果, 青果物の生産と消費の間は時間的にも距離的にもしだいに長くなり, また輸送が大きな問題となっている。

最近では、果実では約90%以上、野菜では70%以上が遠隔地からのものである¹³⁾。

昭和41年には野菜生産出荷安定法ができ、政府は遠隔地ないし中間地帯での大規模経営からなる巨大産地の育成と、大都市卸売市場の整備に本格的に乗り出した。かくして現われた大型産地では農協はじめ生産団体による共選、共販が広範に進展している。選果施設は政府の財政的補助に支えられて設置されているが、しだいに大型化され、手選別に代る機械選別システムが導入されるようになり、包装も木箱から段ボール箱へと転換されていった。また、鮮度保持、市場調整および出荷安定などに役立てるため、予冷施設、低温貯蔵施設などの増設がみられるようになった。

本論文は山形県庄内地域における、主として柿を主体とした選果施設の利用実態を調査し、また各作業工程を分析検討している。今後これらの施設の合理的利用と新設計画の参考になれば幸いである。

研究の実施に当っては庄内経済連、鶴岡市および櫛引町農協、広瀬選果場、松ヶ丘選果場、櫛引選果場の関係者に多大の御協力、御便宜を頂いた。また赤瀬 章助手、梅木幸子技官、そして昭和54、55年の卒業生諸君の御協力を受けた。記して謝意を表する。

II 選果施設の現状

1 選果施設概観

青果物は商品として円滑な取引ができるように、一定の基準、すなわち規格が設定されている。これは栽培農家にとっては商品の品質向上のための努力目標であり、一方消費者にとっては、商品の選択範囲の拡大というような意義を持っている。市場関係者から全国統一規格が強く要請されるにいたり、農林水産省が中心となり、県、団体などの研究の結果、昭和37年産みかんから始めて全国統一規格が実施されてきた。その後、主要な果実については同様に全国統一規格が定められた。さらに、野菜についても統一規格が順次に決められつつある。主要な果実における品位(等級)の規格は秀、優、良の3等級を基本とし、大きさ(階級)の規格では2L、L、M、S、2Sの5階級前後に区分、選別、出荷されている。しかし、近年これらの規格は全国統一規格よりも細分化されていることが目立っている。これは生産者側が出荷する商品をより差別化することによって銘柄としての地位を確立し、より高い市場価格を得ようとするためのものである。

設定された規格に従って青果物を分けることは選果施設での仕事である。選果施設は多くの要素から構成される。

選果の作業工程は青果物の種類と施設規模により多少違うが、一般には次のようである。

製かん→
集荷→前処理→等級選別→階級選別→箱詰め→包装→封かん→仕分→出荷

1) 集荷は散在する生産者から選果場に青果物を集める過程である。1日の集荷量については各農協などがそれぞれの販売体制に応じて計画してある。計画集荷の意義は荷待時間が少なく選果作業が最も能率よく行われることである。最近では集荷箱としてプラスチック製コンテナ(約20kg入れ)が使用される場合が多い。選果場への運搬は農協の計画に従って直接生産者が持込む場合と、各農家を廻る農協の集荷車により選果場まで運搬する方法とがある。

2) 前処理は青果物によっては行わない場合もある。みかんでは水洗、乾燥、ワックス塗りなどが前処理として行われる。りんご、梨の除袋作業、人参、大根および葉菜類などの洗浄作業は前処理といえる。

3) 等級選別はいわゆる青果物の品質の判定作業である。現在では一般には内部品質と相関が高い外部要因の形、色、光沢、病虫害などを判定基準として人間の目で選果を行っている。しかし人間による等級選別は一種の官能検査であり、個人差が存在するので選別精度では問題がある。現在行われている等級選別方式はベルトコンベアの上を流れるものについて行う方式と集荷箱から1個ずつ取り出し調べる方式がある。それぞれの果実を秀、優、良、格外に分ける。光学的特性を利用した等級選別機も実用化されているが、機械が高価であるため一般的には普及していない。光学的特性を利用したものには次のような方法⁹⁾がある。

a 光反射法による表面状態の判別——果実表面の平均的な色が、果実の生育段階、味、糖分や他の成分と関係深いものとして、果実表面に光を照射し、その反射光によって表面色や表面状態を識別し、選別する方法である。

b 光透過法による内部品質の判別——一般に、丸型の果実や生物的組織に光を照射すると、微量ながらもある程度の光を透過する。この透過程度を表わす光学的密度(Optical Density)によって内部品質を検出する。

c 遅延発光(Delayed Light Emission)による熟度、鮮度の判別——青果物に光を照射すると、光遮断後も数秒から数分にわたり微弱な発光現象があり、これを遅延発光と呼ぶ。このDLEの強度はクロロフィル(葉緑素)含量に比例し、従って熟度や鮮度を含めて果実などの表面の色彩をよく表現するので等級判別として利用される。

4) 階級選別は青果物の大小、長さ、あるいは重さによって選別することである。これは物理的尺度によって表現できるので、機械化が容易である。しかし傷みやすい果実や大部分の野菜についてはまだ難しい。一般に、階級選別には次のような方法²⁾がある。

a 手選果法——傷つきやすい果実、すいか、マスクメロンなどは1個ずつ手で秤の上に載せ秤量し、階級を分ける。ももの場合はバックの穴に一致する果径のものを手で選び出すことにより階級選果を行っている。葉菜類のほとんどは手選によって行っている。

b 形状選果法——果実の果径によって選別する方法である。みかん用形状選果機には回転ふるいの種類によって、ドラム型、ベルト型、チェーンコンベア型がある。形状選果機は構造が簡単で故障が少なく能率をあげやすい長所があるが、一般に精度はよくない。しかも果実が摩擦を受けるので、比較的果皮が丈夫で傷つきにくいものでないと使用できない。最近実用化された光線式形状選果機が注目される。

c 重量選果法——果実の重さを計量し、重量により階級を分ける方法である。現在実用されているのは計量機構により、てこ計り式とばね計り式がある⁴⁾。てこ計り式はバケットで供給果実を受取り、果実が設定重量より重ければバケットは回転し、果実はターンテーブルに放出される。ばね式はバケットのフィンガーが測定レバー上を通過する間に、スプリングで重量が測定されるようになっている。もし果実がばねの抗力より重ければ果実はバケットから放出され、ベルトコンベアで側方のターンテーブルに運び出される。設定重量は次の2方法で決められる。1つは上下限法で、規格がAg以上Bg以下と定まっているとき、A、Bの値を設定重量とする。他の1つは果重平均法といわれ、ある階級の

平均果重 A_g と隣りの平均果重 B_g の平均値を設定重量とする。

5) 箱詰め包装は運搬しやすい形にするほか、商品価値を高め、青果物品質の保護という意義もある。青果物の箱詰め方法には自動計り詰めと手詰めがある。自動詰めはみかん、トマト、にんじんなどに使用されている。しかし、バラ詰めに限定されているので、振動や衝撃に強い青果物でないと使用できない。手詰めの場合はパック詰め、並べ詰め、定数個詰め、バラ詰めなどがある。パック詰めは既製の合成樹脂板の凹部に果実を入れるもので、輸送中の品質保護の面から有効な方法である。ももなどの軟果実はこの方法を使っている。並べ詰めと定数個詰めは階級によって一定の個数、段数に詰めるもので、比較的時間がかかる作業であり、どの選果施設でも、この箱詰め作業に最も多く人員を要している。

6) 封かん(函)は通常では手持釘打機または封かん機で行われる。封かん機はある規模以上の選果場にほとんど導入されていて、完全に自動化できる時代になった。

2 庄内地域における選果施設の設置状況

山形県の選果機の導入は昭和35年から始まった。その後、県外出荷の果実がだんだん増えてくるにつれ、共同出荷の方向もこれに従って成長してきた。従来の非能率的な手選別作業は共同出荷に追従できなくなり、選果機の設置が各農業団体により積極的に導入された。今日では選果機の採用は青果物の流通にとって不可欠の条件である。選果機の使用による利点は一定の選果基準に基づいて品質、玉ぞろえ、荷姿の向上および選果労力の軽減などがあげられる。また販売上からも大量、適期出荷による有利な条件が得られる。選果施設や低温貯蔵庫など大規模共同利用施設は、果樹広域生産流通近代化施設整備事業、大規模果樹生産流通基盤整備事業、野菜集団産地育成事業、その他の各種助成事業によって

表-1 庄内地域の選果施設

農協名	選果場名	規模 (m^2)	建屋	選果機台数 (台)	導入年度 (昭和)	8時間当り 処理能力(15kg) (c/s)	対象作物					
							柿	メロン	苺	馬鈴薯	大根	その他
鶴岡市	西郷	856	2棟一部3階	1	53	1,200	○	○	○	○	○	シメジ スイカ きょうり
	黄金	1,418	1棟一部2階	2	45~47	1,000	○					
	外内島	423	1棟一部3階	4	49~51	1,000	○					
		1,213		(内きょうり2)								
藤島町		849	1棟一部2階	4	52	2,000	○			○		
三川町		578	1棟平屋	3	48	1,000	○		○			
羽黒町	羽黒	1,464	1棟一部3階	3	47	1,500	○					
	広瀬	1,031	1棟一部2階	2	39	1,650	○					
	松ヶ岡	962	1棟一部2階	2	46	1,750	○					
柳引町	本所	1,576	1棟2階	3	36~48	1,800	○					
				3	57	5,000	○					
朝日		1,057	1棟2階	3	50~53	2,400	○					
立川町		364	1棟2階	1	47	250	○					
酒田市		99	1棟平屋	1	50	150	○					
酒田	中央	661	1棟一部2階	3	48~49	800	○	○		○	○	ナメコ
	浜中	1,167	2棟一部2階	1	55	2,000	○	○		○	○	スイカ
	本楯	661	1棟一部2階	1	56	2,000	○	○				和梨
袖浦				2	47	2,500	○	○	○	○	○	スイカ
遊佐町	中央 升川	942		1	53	2,500	○	○		○	○	スイカ
		165	1棟平屋	1	45							洋梨
八幡町		495	1棟平屋	1	49	1,066	○					洋梨
松山町		581	1棟2階	2	47~48	1,140	○					

(庄内経済連による)

設置されたものである。りんご、またはぶどうを主体とした貯蔵施設には個人有、生産者共有のものがかなりみられるが、庄内地域の柿を主体とした貯蔵施設および選果施設はほとんどが農協が事業主体となり建設されたものである。表-1 に庄内地域における選果施設の設置状況を示す。

選果施設は経費がかかりすぎるといわれながらもある程度の実績を見せている。しかしながら、現在の共同利用選果場における選果機の利用は必ずしも合理的とはいえない。選果作業では各工程の能率的な作業方式の確立が重要な課題である。そこで選果場の作業実態を明らかにし、より合理的な利用運営法の確立、さらに今後の選果場新設計画の際の資料に供するため本調査を実施した。

流通経費の低減を図るため、これまでいろいろな分野で各種の実験ならびに検討が行われてきた。青果物の流通では輸送機関、容器、作業方法などが関与するが、本調査では選果施設の各工程の作業方法を中心にして検討する。表-2 は県内の青果物の流通経費の一例である。表から分るように青果物の種類が異なっても、流通経費は販売総額のほぼ30%を占めている。その内訳からみると委託販売手数料および運賃を除いた残りの項目が生産者団体の努力しだいにより経費の低減が可能である。経費の20%を占める資材については今後の研究課題である。

労務費については各生産者団体によってかなりの差が出ている。これはいうまでもなく施設運営の良否にかかわっている。

表-2 青果物の流通経費内訳

(単位：販売価格に対する%)

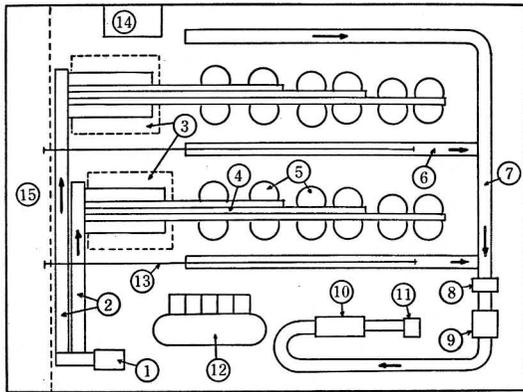
種類 項目	柿			メロン	リンゴ	スイカ
	広瀬	松ヶ岡	榑引			
市場手数料	6.8 (21.4)%	6.8 (20.6)%	6.6 (19.9)%	6.9 (24.2)%	7.0 (24.7)%	6.4 (11.9)%
経済連手数料	1.7 (5.3)	1.7 (5.2)	1.7 (5.1)	1.6 (5.6)	1.0 (3.5)	1.6 (3.0)
農協手数料	2.5 (7.9)	2.5 (7.6)	2.5 (7.6)	2.9 (10.2)	2.0 (7.1)	3.0 (5.6)
運賃	7.0 (22.0)	5.5 (16.7)	8.2 (24.8)	5.0 (17.5)	4.5 (15.9)	14.7 (27.2)
資材費	6.8 (21.4)	7.3 (22.1)	7.3 (22.1)	8.2 (28.8)	6.4 (22.6)	20.0 (37.0)
労務費	2.8 (8.8)	4.0 (12.1)	6.3 (19.0)	2.8 (9.8)	4.1 (14.5)	7.0 (13.0)
その他	1.7 (5.3)	2.7 (8.2)	0.5 (1.5)	0.7 (2.5)	1.9 (6.7)	0.9 (1.7)
合計	31.8 (100)	33.0 (100)	33.1 (100)	28.5 (100)	28.3 (100)	54.0 (100)

(各選果場昭54年度の精算書による)

III 選果施設の利用実態および作業工程の分析

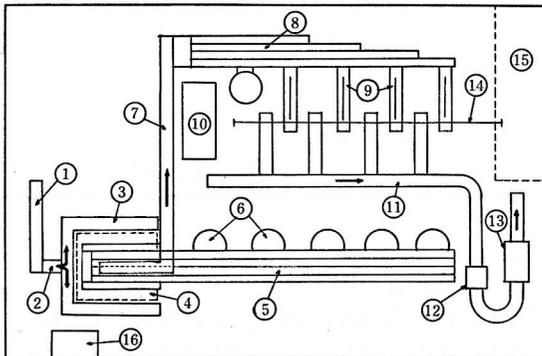
1 調査地点および施設の概要

本調査は柿主体の庄内地域の3選果場、広瀬、松ヶ岡および榑引を選んで実施した。3選果場とも同じメーカーの重量式選果機を設置している。各選果場の機械配置状況および主要機器の概要を図-1、図-2、図-3に示す。広瀬と榑引選果場は荷受けと製品集積場が1階である。2階は選果作業場、3階は段ボール資材の置場と製かん(函)場である。松ヶ岡選果場は荷受け、製品集積、選果作業とも1階であり、2階は段ボール資材の



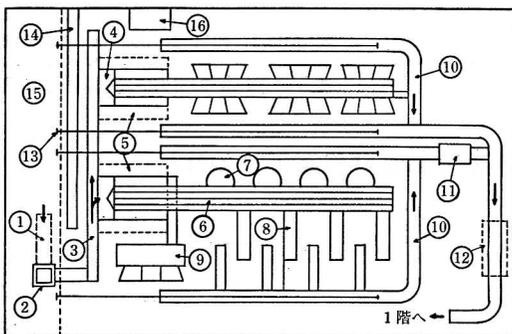
- 1 荷供給用スタッカー
- 2 ローラコンベア
- 3 等級選果台
- 4 重量選果機
- 5 ターンテーブル
- 6 ローラコンベア
- 7 ローラコンベア
- 8 計量器
- 9 アルコール処理機
- 10 自動封かん機
- 11 ローラコンベア (1階へ)
- 12 重量選果機
- 13 配かん用シュート
- 14 個数計
- 15 製かん場 (2階)

図一 広瀬選果施設配置図



- 1 ローラコンベア
- 2 スラットチェーンコンベア
- 3 ローラコンベア
- 4 等級選果台
- 5 重量選果機
- 6 ターンテーブル
- 7 ベルトコンベア (優品用)
- 8 重量選果機
- 9 受ボックス
- 10 重量選果機
- 11 ローラコンベア
- 12 アルコール処理機
- 13 自動封かん機
- 14 配かん用シュート
- 15 製かん場 (2階)
- 16 個数計

図二 松ヶ岡選果施設配置図



- 1 ローラコンベア (1階)
- 2 コンテナエレベータ
- 3 供給用ローラコンベア
- 4 等級選果用シュート
- 5 等級選果台
- 6 重量選果機
- 7 ターンテーブル
- 8 受ボックス
- 9 重量選果機
- 10 ローラコンベア
- 11 アルコール処理機
- 12 封かん作業 (半自動)
- 13 配かん用シュート
- 14 空コンテナコンベア
- 15 製かん場 (3階)
- 16 個数計

図三 楡引選果施設配置図

置場と製かん場である。

2 選果作業の分析

1) 作業工程 選果作業は多数の工程を連結し、連続性を持つ流れ作業である。この流れ作業の実態を知るため、主な作業工程に分けて別々に作業実態を調べた。調査は昭和54年10月24日から27日にわたって行った。丁度選果作業の最盛期であるため、選果は割合スムーズに行われていた。各選果場の選果工程は図-4、図-5に示す。工程記号の説明は表-3のとおりである。選果の流れ作業と直接関係のない製かんを除いて、工程数が多



図-4 広瀬および松ヶ岡選果場の選果工程

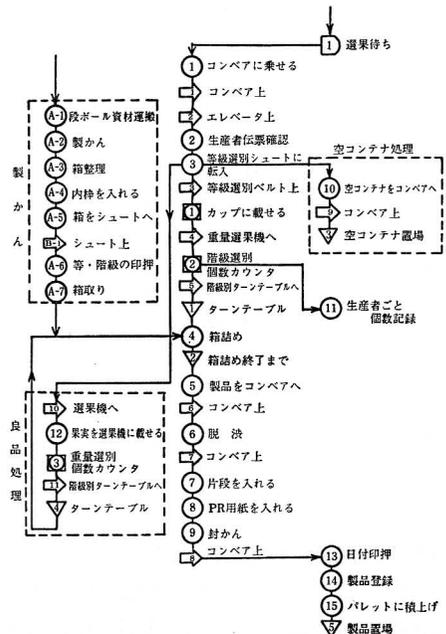


図-5 榎引選果場の選果工程

表-3 工程記号

区分	記号	意義	説明
加工	○	物が変位・変型される過程	コンベアに乗せる, 伝票確認, 箱詰め, 日付印押, 秤量, 脱渋, 封かんなど
運搬	➡	物が移動する過程	キャリアカップによる果実の運搬, コンベア上
加工・検査	◻	2つの工程の組合せ	等級選別+カップへ 階級選別+個数カウンタ
停滞	□	物が何ら変化なく停滞する過程	選果待ち
貯蔵	▽	物が何らかの変化を待ちつづける. 加工を待つ	ターンテーブル, 箱詰め終了まで, 製品置場

いほど作業が面倒になる。できるだけ工程数を少なくすることが原則である。図-4と図-5を比較すると、前者の工程数は44で後者の35工程数よりやや上回っている。両者の主な流れ作業は似ているが、前者は良品の機械選果と空コンテナの回収が後者の2倍にもなっている。

調査日の作業者の配置状況は表-4のようである。作業者配置の多い工程は1個1個の果実に直接手を触れなければならない等級選別と箱詰め、作業人員の6~7割にあたる。一連の流れ作業を遂行するためには、作業の合理性を問わない場合、少なくとも12人

表-4 調査日の作業者数と配置状況

工 程 \ 選果場	広 瀬	松ヶ岡	櫛 引
荷 上 げ	2人	1人	2人
荷 供 給	1	1	2
等 級 選 別	11	16	15
箱 詰 め	12	14	19
日 付 印 押	1	—	1
片 段 入 れ	1	1	1
良品のカップ入れ	2	2	1
カウンタ玉数記録	2	1	2
製 品 登 録	1	1	1
製 品 積 上 げ	1	1	2
製 か ん	4	2	4
封 か ん	—	—	1
農 協 職 員	3	3	2
合 計	41	43	52

以上の配置でなければならない。しかし、実際には各選果場とも、作業量の多い等級選別以外は、作業量に応じて各工程に作業者を移動する方式を採用している。選果量の少ない日は作業人員を減らし、等級選別と箱詰め工程に作業を集中させ、一定量が集積したあと他の工程に移るようにしている。各選果場ともこのような作業方式を採用している。

柿選果場の工程説明

a 集荷 柿生産者は20kg詰のコンテナを用い、選果場まで自家用トラックで搬入する。ただし、松ヶ岡選果場は農協の集荷車により一部を集荷していた。入荷量は農協の計画に応じて決められており、それ以外の入荷は原則として認められない。

b 荷受け 選果処理は生産者ごとに取扱っているもので、荷受けもこれに従い、荷受伝票には生産者の名前、番号および荷受量(コンテナ数)を記録する。

c 選果供給 被選物を等級選別の作業者まで運搬する工程である。広瀬選果場の場合は2人の作業者が1階でコンテナをベルトコンベアに載せる。コンテナが2階に上るとローラコンベアに切り替えるが、この部分は自動化されていないので常時1人の配置が必要である。等級選別位置までの移送距離は約25mである。松ヶ岡選果場では荷供給は2人(内1人は2本のローラコンベアに振り分ける)で行う。等級選別までの移送距離は約5mである。櫛引選果場では、荷供給が2人、エレベータで2階に上げた荷を等級選別ベルト

に移すのが2人で、移送距離は約25mである。

d 等級選別 本工程はコンテナあるいは等級選別ベルト上を移動する柿の品位を判定し、等級ごとに決められた階級選別ラインのキャリアカップに柿を入れる作業であり、人手によって行われている。柿の品位は形状、色沢、熟度、病虫害などにより判別され、秀、優、良、格外に分けられる。これは表-5に示す山形県果実出荷規格¹²⁾により行われ

表-5 山形県の柿出荷等級規格

項目 \ 品位	秀	優	良	格外
異品種果	混入しないもの	同 左	同 左	左の等級に該当しないもの
腐敗変質果	混入しないもの	同 左	同 左	
形 状	品種の特性を備え、最も良いもの	品種の特性を備え、良いもの	品種の特性を備えたもの	
色沢および熟	品種の特性を備え80%以上着色し、熟度よくそろったもの	品種の特性を備え70%以上着色し、熟度よくそろったもの	品種の特性を備え、60%以上着色し、熟度よくそろったもの	
玉 揃	階級の基準に適合し、大きさがよくそろったもの	階級の基準に適合し大きさがそろったもの	同 左	
病 虫 害	ないもの	被害が果皮に止まり目立たないもの	あまり外観を害しないもの	
傷 害	ないもの	生傷および圧傷がなく、その他の傷害があっても軽微で目立たないもの	生傷および圧傷がなく、その他の傷害があってもあまり外観を害さないもの	
その 他 欠 点	ないもの	ほとんどないもの	あまり外観を害さないもの	

ている。選別速度は選果台の構造、選果方法、選果者によって異なる。広瀬と松ヶ岡選果場はコンテナの中から1個ずつ取出す方式で、櫛引は選別ベルト上から拾い出す方式である。

e 階級選別 本工程は等級選別に続く工程で重量選果機を用いて行われている。選果能率はキャリアカップの速度、充てん状態によって異なる。広瀬選果場は1系列3台が2系列と1台、計7台設置されていて、最大処理能力は1時間63,000個である。松ヶ岡選果場は1系列4台が2系列と1台、計9台で、最大処理能力は1時間82,800個である。櫛引選果場は1系列3台、1系列4台の2系列と1台の計8台で、最大処理能力は1時間72,000個である。階級選別の基準は表-6の規格¹²⁾によるものである。

表-6 山形県の柿出荷階級規格

大きさの呼称区分	2 L	L	M	S	2 S
果 重	220 g 以上	190 g 以上	160 g 以上	130 g 以上	100 g 以上

f 箱詰め 本工程は最大の労力が必要で、作業員数は最も多い。詰め方としては平詰めと車詰みを組合せたものである。2LとLは3段、MとSは4段詰めであり、2S以下はバラ詰めとなっている。段ボール箱はいずれも370mm×300mm×240mmの規格のもの

で、内容重は15kgとしている。詰め方と1箱当りの玉数を図-6に示す。

g 脱渋 県内で生産されている柿の品種は、ほとんど渋柿である平核無である。従って、出荷する際に脱渋処理をしなければならない。脱渋方法としてはアルコールや炭酸ガスを使用している。アルコール使用の場合、1箱にアルコール分35%のものを0.15リット

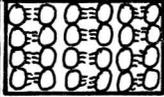
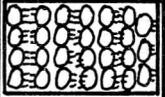
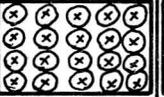
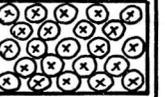
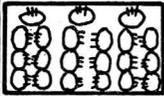
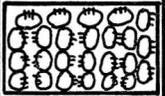
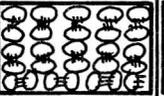
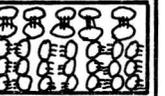
2L	L	M	S
			
中・上段 24×2 たて車	中・上段 27×2 たて車	上・下段 20×2 平	上・下段 23×2 平
			
下段 21×1 よこ車	下段 25×1 よこ車	中2段 27×2 よこ車	中2段 31×2 よこ車
69個/箱	79個/箱	94個/箱	108個/箱

図-6 柿の詰め方と玉数

ルかける。炭酸ガス脱渋の場合は密閉したテントの中に製品を入れて炭酸ガス濃度を70%にする。72時間で脱渋できる。庄内地域ではアルコール脱渋方法が主である。この工程はアルコール処理装置を使って自動化されている。

h 片段入れ この工程は片段(1枚の段ボール材)を柿の最上段にカバーのため入れるもので、柿品質の保護およびアルコールの揮発防止が目的である。流れ作業には常時1人の配置が必要である。

i 封かん 広瀬と松ヶ岡選果場では、本工程は自動封かん機の導入で無人で行われている。機械の封かん能力は両者とも毎時1,200箱である。櫛引の場合は手持気動釘打機を使用している。能力は作業員1人で1時間約400~500箱である。

j 仕分け 製品の等級・階級登録および日付などはこの工程で行われる。その他、製品のパレット積みを行っている。この作業には2~3人が必要である。

k 製かんと内枠入れ 折り畳まれた段ボール箱の資材を広げ、底をステーブルで止めて箱を作る工程である。広瀬と松ヶ岡選果場は半自動の製かん機を使用している。作業能力は1人1時間500~800箱である。櫛引選果場は手持気動釘打機を使用している。作業能力は1人で1時間200箱位である。通常は製かんと内枠入れ作業を2~4人で組んでやる場合が多い。

1 玉数記録 生産者ごとに処理する場合は製品の等級・階級数をそれぞれ個数計に記録し、後日の精算の基準にする。常時1~2人が配置されている。

以上のような各工程はそれぞれ機械化できるものとはできないものがある。なお機械化されている所でも、現実の状況および作業員の要因などで額面どおりの能力が発揮できない場合がかなりある。

2) 作業時間の測定

(1) 等級選別作業 表-7は等級選別作業時間の実測値で、生産者ごとの実所要時間

をストップウォッチで積算したものである。ただし、生産者ごとの確認時間は含まれていない。松ヶ岡と櫛引の1人1個当りの平均所要時間は広瀬の2倍にも達している。その原

表-7 等級選別作業時間

選果場	項目	コンテナ数	作業時間 秒	作業量 個	作業人数	平均 人・秒/個
広瀬		160(9)	3,899	19,863	7	1.37
松ヶ岡		271(2)	3,904	24,101	16	2.59
櫛引		187(8)	5,040	18,503	10	2.72

()は生産者数

因の1つは、供給コンテナ当りの玉数の多少であり、広瀬、松ヶ岡、櫛引で、それぞれ124, 89, 99で、玉数の少ないほど空コンテナを返すのに時間がかかっている。他の1つは松ヶ岡選果場でみられるように、選果作業から秀、優、良の各カップまでの距離が影響する。松ヶ岡ではそれぞれ約60, 80, 30 cmで、しかも比率の高い優を上段の遠いベルトに載せるようになっているため多くの時間がかかっている。また、櫛引選果場では柿供給者のコンテナあけ作業が遅いため、この間等級選別作業者の遊休時間が多かった。

(2) 箱詰め作業時間および動作割合 表-8は箱詰め作業時間の実測値である。なお、

表-8 箱詰作業時間

選果場	階級	1箱当りの所要時間			総時間 秒	総玉数 個	平均 人・秒/個
		Max分・秒	Min分・秒	平均分・秒			
広瀬	S	4'17"	2'30"	3'21"	2,280	1,330	1.714
	M	3'35"	1'45"	2'30"			
	L	—	—	2'38"			
松ヶ岡	S	2'40"	2'03"	2'25"	2,625	1,724	1.523
	M	2'55"	1'50"	2'20"			
	L	2'40"	1'55"	2'17"			
	2L	3'30"	2'10"	2'55"			
櫛引	S	3'10"	2'10"	2'40"	1,132	677	1.672
	M	3'10"	2'45"	3'01"			
	L	2'10"	2'20"	2'15"			

これには箱取り、箱運搬などの時間は含まれていない。各箱とも3枚の緩衝材を入れる作業が含まれる。表の数値により個人差がかなり大きいことが分る。広瀬選果場のM階級の場合、1箱当り速い人は1分45秒、遅い人では3分35秒かかっている。これらの数値はいずれも最初から詰め終るまで作業者が他所に移動しないで1ヶ所で箱詰めしたときの所要時間である。なお、実際には作業者が途中で他の階級の所に移る場合が多くみられる。

表-9は詰め終った箱をコンベアに載せ、ついで空箱をとって、次の詰め作業の位置に運ぶまでの所要時間である。この数値には箱に等級・階級を押印する作業時間が含まれていない。表-9より個人差が大きいことが知られる。最大と最小では3倍にもなってい

表-9 箱 移 動 時 間

	選果場	Max 秒	Min 秒	平均 秒
箱詰したものをベルトに載せる	広瀬	9.0	4.0	5.4
	松ヶ岡	6.0	3.2	4.2
	櫛引	6.2	3.2	4.4
	平均	7.1	3.5	4.7
空箱を箱詰位置に移す	広瀬	15.4	5.2	10.5
	松ヶ岡	21.0	7.8	12.5
	櫛引	15.6	11.0	12.5
	平均	17.3	8.0	11.8
合計		24.4	11.5	16.5

る。

箱詰め作業で、優Mを1人で処理し、他のテーブルで処理することが1度もない場合、各動作の割合は表-10に示すとおりであった。正味箱詰め作業は約88%である。作業者を

表-10 箱 詰 工 程 の 各 動 作 割 合

動作の種類	項目	時 間 秒	1箱平均 秒	Max 秒	Min 秒	%
箱取+移動+箱開		106	11.8	17.3	8.0	8.6
箱 詰		1,093	121	215	108	88.0
製品をコンベアへ		42.3	4.7	7.1	3.5	3.4

1つのテーブルに固定しないと、移動のためにかなり時間がかかる。この場合の実測をしなかったが、作業能率は1ヶ所に固定した場合の約70%と推定される。

(3) 製かん作業時間 製かん作業は直接選果とは関係ないが、所要労力は箱詰め、等級選別について3番目に多い。各選果場の実測値を表-11に示す。1人当りの製かん時間

表-11 製 かん 作 業 時 間

選果場	項目	工程名	人数	作業時間 秒	作業量 箱	平均 人・秒/箱	備 考
広瀬		製かん	4	3,468	450	30.8	半自動製かん機
松ヶ岡		製かん	2	3,690	360	22.0	半自動製かん機
櫛引		製かん	4	5,618	600	37.5	手持気動釘打機 同上
		封かん	1	610	86	7.1	
		柿供給コンテナ上げ	1	3,881	144	26.95	

は使用する機械によって異なる。ほかに作業空間の影響もかなりあると思われる。広瀬の製かん作業場の広さは松ヶ岡の約2.5倍で、移動距離が長いいため作業時間が大きい。櫛引では手持気動釘打機を使用しているため広瀬、松ヶ岡の半自動製かん機よりやや多くの時間を要している。

3 MTM 法による動作および作業時間の分析

選果で最も人手にたよる作業は等級選別と箱詰め工程である。この2つの工程の作業者の配置が決まればほかの作業はこれに従って決めることができる。しかし、等級選別と箱詰め作業の能率は作業者によってかなり差があるので、標準的な作業を決めることが難しい。通常では選果場管理者が作業に最適と思われる人を選び、その人の作業を標準としている。動作と作業時間の分析にはいくつかの方法があるが、筆者らは MTM(Methods-Time-Measurement)法¹⁾により行った。MTM 法は人力作業の計画、管理、改善などのため、多く使われる作業時間設定法である。所要時間の最も短い動作を選び、標準作業を決め、作業者1人当りの作業量や1日の処理量に必要な人数を算出する。分析方法は次のようである。

a 作業を8mmか16mmカメラ等で撮影し、フィルムを分析して、作業の基本要素の構成を調べる。

b 作業の基本要素を①仕事をやる動作、②仕事を遅らせる動作、③仕事をしない動作などに分ける。

c 前項②③の原因を考えてこれをなるべく取り除くよう工夫する。①の基本要素を合理的、最短時間でできる作業を組立てる。

MTM 法は作業者の作業要素の分析に適するものであり、機械支配時間の分析は不適である。本分析は8mmカメラを用いて毎秒24コマの速さで撮影し、フィルムを分析した。以下に分析結果を述べる。なお測定は主に広瀬および櫛引選果場で実施した。

1) 等級選別作業の動作分析

表-12 から分るように A, B の 2 人の作業方式が多少異なる。すなわち A は両手で同じ

表-12 等級選別作業の動作分析

作業者 動作の種類	A				B			
	動作記号	左手	右手	平均	動作記号	左手	右手	平均
手を伸す	R	5.0	8.6	6.8	R+G		10.5	
柿をつかむ	G	1.3	2.7	2.0	M	2.0		
運ぶ	M	5.7	19.0	12.4	M	9.3		
合計		12.0	30.3	21.2		11.3	10.5	21.8
時間(秒)		0.5''	1.26''	0.88''				0.91

注) A: 広瀬選果場, B: 櫛引選果場

動作を行っているが、Bはまず右手を伸して(R)、柿をつかみ(G)これを左手にもちかえて、左手で移動(M)する。ここでは当然片手ごとの動作範囲はAが大きい。個人差もあると思われるが、1個当りの所要時間はAがBよりも少ない。なお、ここでは作業精度の問題は考慮しないことにする。作業方式としてはAはBより適当と考えられ、5%の作業余裕率を考慮すると1個当りの選別時間はAは0.924秒、Bは0.956秒である。そして1日の作業時間を7時間30分とすると処理個数はAは29,220個、Bは28,242個で、1人1日で約10箱分の差が生ずることになる。

2) 箱詰め作業の動作分析

分析結果を表-13に示す。この作業ではAはリズムに合わせて両手を作動し、Bは片手だけを作動している。両者を比較すると1個当りの時間はAはBよりはるかに少なく、Aの作業方式の方が適当であると考えられる。作業余裕率17%を加えると1個当りは0.913秒である。1日7時間30分の作業では1人当り29,500個の作業量が得られる。

3) 選果機に柿を載せる作業の動作分析

この工程は櫛引選果場のみで採られている作業である。表-14に分析結果を示す。本作

表-13 箱詰め作業の動作分析

作業者 動作の種類	A				B			
	動作記号	Max	Min	平均	動作記号	Max	Min	平均
右手を伸す	R	10	6	7.8	R	16	12	13.6
柿をつかむ	G	3	2	2.5	G	4	1	2.2
左手に渡す	P	2	2	2.0				
運ぶ	M	12	4	6.3	M	15	13	14.2
合計		27	14	18.6		35	26	30.0
時間(秒)		1.13"	0.58"	0.78"		1.46"	1.08"	1.25"

注) A:松ヶ岡選果場, B:広瀬選果場

表-14 選果機に柿を載せる作業の動作分析

作業者 動作の種類	動作記号	右 手			左 手			平均
		Max	Min	平均	Max	Min	平均	
手を伸す	R	9	6	7.7	9	8	8.3	8.0
柿をつかむ	G	7	3	5.0	13	3	6.3	5.7
運ぶ	M	13	7	10.3	10	8	9.0	9.7
放す	RL	2	1	1.7	3	3	3.0	2.4
合計		31	17	24.7	35	22	26.6	25.8
時間(秒)		1.29"	0.71"	1.03"	1.46"	0.92"	1.11"	1.08"

注) 櫛引選果場

業は良品の柿をカップに載せるだけの作業であり、両手一緒に柿をつかんでカップに載せる方式がより有効と考えられる。表-14の値は片手に1個ずつつかむ作業のものであるが、両手同時に作動するとしたら、余裕率8%を加えると1回の作業では1.17秒かかる。1日7時間30分の作業では1人当り46,000個の作業量が得られる。

4) その他の作業の動作分析

空コンテナを返す作業、製かん作業、内枠入れ作業、片段入れ作業、日付作業等の分析結果を表-15~20に示す。

4 等級選別工程の改善と作業者の配置

各作業時間の実測値およびMTM法により分析された最適作業時間を基にして、現在

表—15 空コンテナを返す作業の動作分析

動作の種類	動作記号	コマ数
コンテナ上げ終了もどる	PP	28
体を90°回転	T	20
空コンテナを移動する	M	10
体をもどす	PP	31
合計		89
時間 (秒)		3.7''

注) 櫛引選果場

表—16 半自動製かん機による作業の動作分析

動作の種類	Max	Min	平均
段ボール資材を取る	14 ^{コマ}	13 ^{コマ}	13.5 ^{コマ}
持上げひらく	69	42	55
機械に載せる	22	20	21
手もどる	17	14	16
箱を押す	25	24	25
合計	147	113	131
時間 (秒)	6.13''	4.71''	5.46''

注) 広瀬選果場

表—17 手持気動釘打機による製かん作業の動作分析

動作の種類	コマ数
段ボール資材をとる+持上げひらく	36
木箱に載せる	24
製かん整理	41
手を伸す	15
釘打機をつかむ	3
運ぶ	20
テーブルを閉じる	46
釘打機をもどす	24
手を伸す	7
箱を持上げる	9
箱を反転する	15
手を伸す	13
片段を箱に入れる	55
箱を水平180°移動する	38
体をもどす	27
合計	373
時間 (秒)	15.5''

注) 櫛引選果場

表-18 内枠入れの作業の動作分析

箱底の片段		内 枠	
動作の種類	コマ数	動作の種類	コマ数
片段を取る	10	移 動	8
箱に入れる	44	枠を持上げる	5
底まで押下げる	24	枠をひろげる	33
手をもどす	14	箱に入れる	44
		枠を押し入れる	12
		手をもどす	14
合 計	92		116
時 間 (秒)	3.83''		4.83''

注) 広瀬選果場

表-19 片段入れの作業の動作分析

動作の種類	選果場		
	広 瀬	松ヶ岡	櫛 引
	コマ	コマ	コマ
片段を箱へ運ぶ	25	34	35
片段を入れる	20	6	4
右手を伸す	5	6	4
箱の蓋をする	26	25	33
左手を箱から放し+ 右手は片段をとる	36	37	48
合 計	112	108	124
時 間 (秒)	4.67''	4.50''	5.17''

表-20 日付作業の動作分析

動作の種類	コマ数
手を伸す	15
箱を引寄せ	13
印を押す	3
手を放す	59
合 計	90
時 間 (秒)	3.75''

注) 広瀬選果場

の作業工程, 作業方式および作業者の配置をどのようにすれば作業能率の向上が図れるかを検討した。MTM法により得られた作業時間を正味作業時間という。これと余裕率とから標準作業時間が定まる¹⁾¹¹⁾。余裕率は作業の種類によって異なる。みかん選果場における各種作業のRMR(エネルギー代謝率)と余裕率を表-21に示す¹¹⁾。柿の選果もみかんの選果と大きな違いはないと考えられるので, 計算に当っては表-21の余裕率を適用した。

1) 広瀬選果場

図-7は広瀬選果場の等級選別工程の配置を示す。この選果場の等級選別配置では, 作業者は選果機に面して立っているので両手の同時作業ができる。手の移動距離は長くても55cmで, しかも, ほとんど水平移動のため作業強度は割合軽い。55cm位の距離では人間の手作業だけで十分対応できる, 実際の作業では45cmの所でキャリアカップへ投げ入れているから, 移動距離はさらに短くなる。MTM法により求められた正味作業時間は1個当り0.88秒であるが, 余裕率5%を加えると1個当りの標準作業時間は0.924秒である。一方実際の選果作業において実測した作業時間は

表-21 みかん選果場における作業別の余裕率および RMR

作業の種類	姿勢	使用部位	作業内容	性	RMR	余裕率 (%)
運搬	立	全身	コンテナをコンベアに載せる	男	2.4	12
等級選別	立	上肢		女	0.7	5
箱詰め	立	上肢	みかんの箱詰め(手作業)	男	3.0	17
製かん	立	全身		男	2.4	12

注：標準作業時間＝正味作業時間× $\left(1 + \frac{\text{余裕率}}{100}\right)$

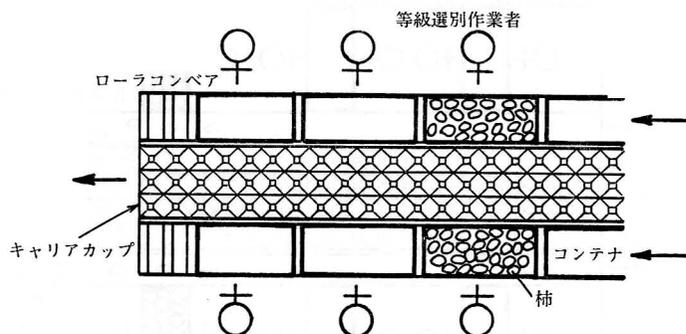


図-7 広瀬選果場の等級選別工程の配置

1個当たり1.37秒であるから、標準作業時間より48%多い。すなわち、実測作業時間から計算すると1人当たりの1日(7時間30分)選果処理量は約2万個であるが、標準時間を基準にすると約2.9万個になる。このことは作業者の配置や工程改善、あるいは遊休時間をなくすことなどによっておよそ30%の選果量増加の可能性を示すものである。キャリアカップの速度は0.33m/sであるから3.3mの選別台を通過するのに10秒間かかる。この間の1系列(3台)のキャリアカップ数は75個である。キャリアカップの充てん率を100%にする場合、作業者は何人が適切であるかは次式の計算で求められる。なお充てん率は選別台長さ間の全キャリアカップ数に対する果実が載ったカップ数の割合で表される。

$$M = F \cdot \frac{S}{T} \dots\dots\dots (1)$$

M：作業者数(人)

F：選別台間のキャリアカップ数(個)

S：標準作業時間(秒)

T：キャリアカップの選別台間の移動時間(秒)

この選果場の充てん率は昭和54年度の等級比率と現行の等級ライン割付けから98.8%に達する。つまり、75カップに対し、74カップに果実が入ったことになる。等級ライン割付けについては後述する。

式(1)から $M = 74 \times \frac{0.924}{10} = 6.83 \approx 7$ (1系列3ラインの場合)、つまり最大作業量を得るためには1系列に選果作業員7人の配置が必要である。なお工程改善の手段の一つとして次の方法が考えられる。すなわち現行の等級選別が終わってから階級選別に移る工程を逆

順にすること。つまり、階級選別を先にし、等級選別は箱詰めの際同時に行う。この方式の利点は機械の能力がフルに発揮でき、ラインの割付けを考慮しないとすれば充てん率100%に達することが可能である。欠点としては箱詰めの際の等級選別に時間がかかり、箱詰め作業者の増加が予想される。

2) 松ヶ岡選果場

図-8は松ヶ岡選果場の等級選別工程の配置を示す。ここでは図の右側の作業者は選果

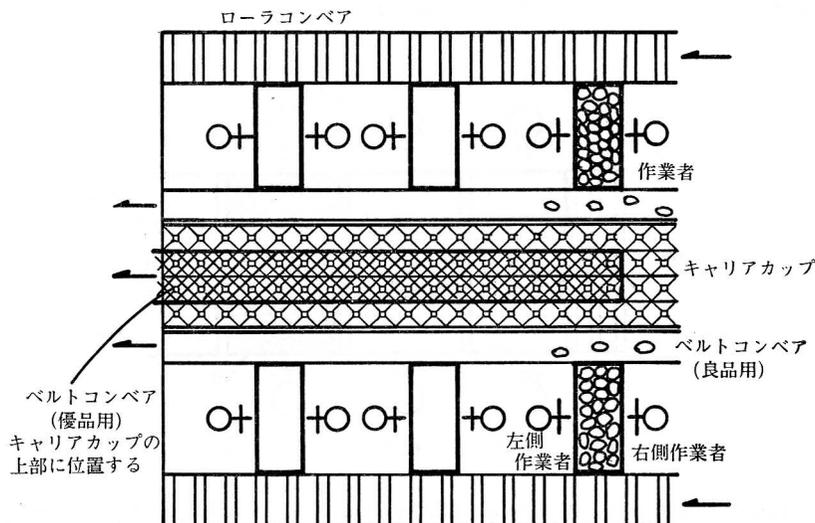


図-8 松ヶ岡選果場の等級選別工程の配置

機の流れ方向に向いて、左側の作業者は逆方向に向いて立って作業をしている。このような配置では作業者は片手の作業しかできない。作業者の手移動距離は秀、優、良別のカップまでそれぞれ60, 80, 30 cm になっている。秀品と優品は2段コンベアを移動するが、優品は上段になっているので、長時間の作業では動作の遅れが生ずる。空コンテナを返す作業も下から上方70 cm 位の所に移動するので、水平移動より作業時間が長くなる。等級選別に要する果実1個当りの実測平均時間は2.59秒で広瀬の場合より多い。これはMTMの標準作業時間0.924秒よりはるかに大きく、およそ3倍になっている。キャリアカップの速度は0.45m/sで、5つのキャリアカップの長さは1.0mである。カップがこの間を走る時間は2.215秒である。本選果場の昭和54年度の等級比率と現行の等級ライン割付けから、最大の充てん率は73.1%にしかない。1系列つまり4ラインのカップ20個のうち、実際には最大で14カップしか充てんされない。式(1)に代入すると $M=14 \times \frac{0.924}{2.215} = 5.8 \div 6$ (1系列4ラインの場合)で、最大作業量を得るためには1系列で6人の配置が必要であることを示している。本選果場では柿の産地銘柄を保つため品質向上の面に力を注いでいるが、この等級選別の配置は昭和54年度が初めての試みであるため、作業能率がやや不良であった。工程改善の方法として次のことが考えられる。

(1) 手の移動の方向はできれば水平あるいは下向きに替えること。ここでは優品の移送ベルトコンベアと空コンテナを置くシュートの高さを低くすれば長時間の作業が楽に

なる。

(2) 等級選別処理は1人で1コンテナを扱うこと。2人でやる場合はお互いに作業の邪魔になるおそれがあり、能率を阻害する原因の1つと考えられる。

ここでも等級選別と階級選別順を逆にするについては検討を要する事項となろう。

3) 櫛引選果場

櫛引選果場の等級選別作業は図-9のように作業者が両側に配置されている。秀と優品はキャリアカップに、良品は供給ベルトコンベアに流され、他の選果機で処理される。作業者ごとの作業量を表-22に示す。作業者①は④より作業量が2倍も多いことが分かる。

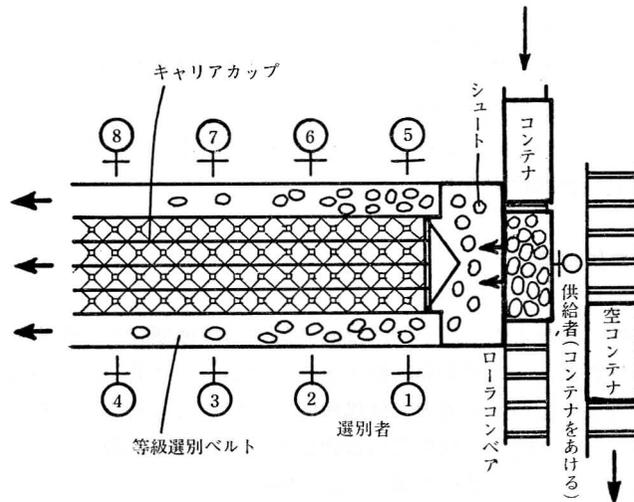


図-9 櫛引選果場の等級選別工程の配置

表-22 作業者の位置別作業量の差異

作業者	作業量 (個/分)	作業者	作業量 (個/分)
①	51	⑤	61
②	46	⑥	45
③	46	⑦	44
④	25	⑧	34
平均	42	平均	46

つまり、④の作業者は遊休時間が多すぎる。一般に果実の流れの後方の者の作業量は少ない傾向がある。

良品は供給ベルトコンベア上を流れるため、前の人が1回選別したのち後続の人がもう一度選別するという二重選果になる可能性があるので作業精度の面からはプラスであるが能率を低下させることにもなる。

MTM法による1個当りの標準選果作業時間は0.924秒であり、また1コンテナ当りの玉数は99個で、作業者8人で分担すると1人当りは12.38個になるから、この場合の処理時間は $0.924 \times 12.38 = 11.44$ 秒である。実測によると供給者④がコンテナから柿を供給ベル

トにあける時間は27秒, さらに空コンテナを返す時間3.7秒, 合計30.7秒を要していたので, 供給と選別作業時間の関係を見ると等級選別作業者の遊休時間(手待ち時間)は30.7秒間に19.26秒あることになる. すなわち損失時間は標準作業時間の1.7倍にもなる. 供給者④の作業は等級選別の8人に大きい影響を与えるので, 十分な注意をはらう必要がある. 本選果場の1人当たり平均処理数の少ない理由の1つはここにあると思われる. キャリアカップの速度は0.54m/s, 選別台の長さが4mでこれを通過するのに7.4秒かかる. カップ数は80個である. 昭和54年度の等級比率実績と等級ライン割付けからみれば充てん率は66%である. 式(1)に代入すれば $M=53 \times \frac{0.924}{7.4} = 6.62 \approx 7$ (1系列4ラインの場合), すなわち最大作業量を得るためには7人の配置で十分であることを示している. 工程改善については次のことが考えられる.

(1) 供給者④による柿の供給を1コンテナ当たり11.44秒で終らせること. これは作業ペースさえ速くすれば十分に可能である.

(2) あるいは供給作業をオートダンパに切り替えること. そうすると一定のペースで機械による一定量を供給することができる.

5 選果施設の処理量

1) 計画処理量

青果物は季節性に富むもので, 一般には同一品種の収穫期間が比較的短かく, 現今の共同選果体系では日別によって選果場に搬入される量がかなり異なっている. 従って集荷量を統制しないと選果施設の処理能力では処理できないこともある. もし選果施設能力を過小に設計したら, ピーク時の多量果実の処理が不可能となり, 過大に設計したら利用効率の低い過剰投資となる. この2つの問題をよく吟味して妥当な選果施設を計画することが重要である. 選果施設における日別処理量の推移は品目, 品種, 栽培法, 天候条件などにより異なるので, 経営的な立場から総合的な判断によって施設の規模を決めねばならない.

選果場の計画では一般の工場計画と同じ考え方を導入している. 試算に使われる方法にはピーク値法, 3/4値法, 平均値+ σ 法の3種がある⁵⁾¹⁰⁾. ピーク値法はピークとなる日の処理量を1日8時間の処理に見込む方法である. 3/4値法は1日8時間の作業ですむ日が全操業日数の3/4であるように計画する方法で, あと1/4の日は残業などでカバーするものである. 平均値+ σ 法は日別処理量の平均値 \bar{x} と標準偏差 σ を求め, $\bar{x} + \sigma$ の量を1日8時間の計画処理量とする方法である. ただし, 近年設置された施設は, 10年先の計画処理量を予測してピーク値法を採用して建てたものが大部分である. 選果施設の利用効率を検討するには稼働率と操業度²⁾³⁾⁵⁾の2つがよく使われる.

$$\text{稼働率} = \frac{\text{稼働日数}}{365} \times 100(\%) \dots\dots\dots(2)$$

$$\text{操業度} = \frac{\text{稼働期間中の実績処理量}}{\text{公称処理量} \times \text{稼働日数}} \times 100(\%) \dots\dots\dots(3)$$

稼働日数は各年の天候条件等による作柄に左右されるが, 柿の場合およそ20~45日である. 表-23は庄内地域のいくつかの選果場の昭和54年度の稼働率と操業度である. 表によると1つの品目の柿だけを処理している広瀬, 松ヶ岡, 櫛引選果場の稼働率は6~8%程度で, みかん, りんごなどの選果場に比べてかなり低い. また, 多品目を処理している遊

表-23 各選果場における稼働状況

(昭和54年)

選果場	項目	品目	公称処理量	操業期間	稼働日数	総選果量	稼働率	操業度
			個 ton		日	ton	%	%
広瀬		柿	432,000 (60)	10月上旬～11月上旬	28	627	7.67	37.34
松ヶ岡		柿	648,000 (89)	同上	25	436	6.85	19.6
櫛引		柿	576,000 (74.5)	同上	22	393	6.03	23.9
遊佐		プリンスメロン	288,000	6月下旬～8月中旬	40	848,555 ^玉	20.55	
		西洋なし		8月下旬～9月中旬	12	295,881		
		柿		10月中旬～11月中旬	23	885,299		
西郷		プリンスメロン	288,000	6月下旬～8月中旬	36		17.81	
		柿		10月上旬～11月上旬	29			

佐、西郷では稼働率が18～21%で、柿だけの場合の約3倍であった。単品目栽培地帯では稼働率の低いことが宿命である。この低い稼働率を向上させる方法は、他の果実や野菜を組合せることや、品種の構成を変えることによると考えられる。操業度が低い原因としては過大な計画量があげられ、公称処理量が大いなのに対し平均処理量が小さいためである。選果場の設計に当っては充分高い操業度を保つよう、計画処理量の慎重な試算が重要である。図-10～14は各選果場における日別処理量の変動状況の一例を示す。

2) 処要量の増加と操業状態

現施設で処理量が増加した時の操業状態を予測するには、乱数を用いたシミュレーションによるのが有効⁶⁾⁸⁾である。すなわち、実際の日別処理量に対する平均処理量、標準偏差、操業日数、施設の公称処理量および処理量の伸び率などが与えられればシミュレーションができる。森嶋⁵⁾は選果施設の計画処理量をモンテカルロ法によって考察しているが、ここでも同一の手法を用いて検討する。次のようなシミュレーションモデルを考え

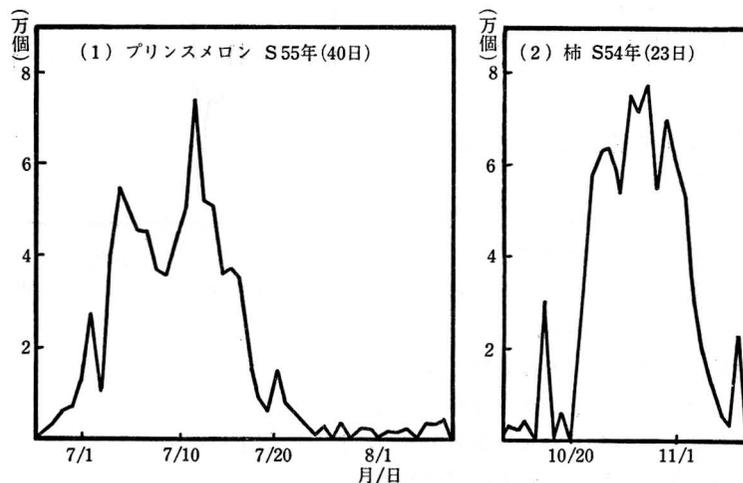


図-10 遊佐選果場の日別処理量

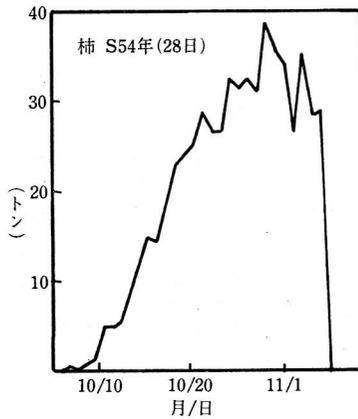


図-11 広瀬選果場の日別処理量

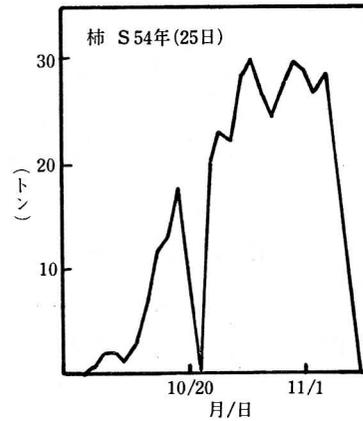


図-12 松ヶ岡選果場の日別処理量

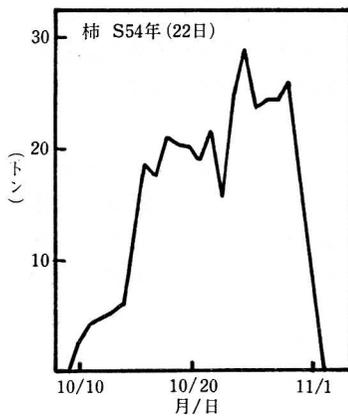


図-13 櫛引選果場の日別処理量

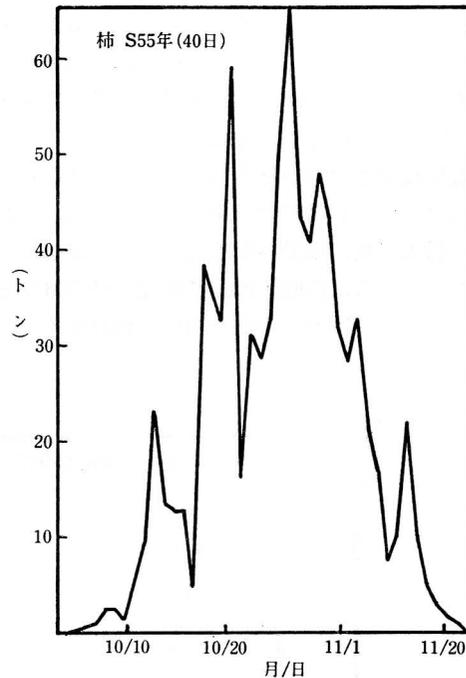


図-14 櫛引選果場の日別処理量

る。

- (1) 施設の公称処理量, 選果機の能力につき考える。
- (2) 作業者配置はフル操業時の配置で, 操業時間のみが伸縮する。
- (3) 日々の選果処理量の実績から平均値と標準偏差を求める。
- (4) 選果量の変動分布を正規分布とみなした。
- (5) 想定した伸び率に応じ正規分布の平均値が変化する。
- (6) 実績と伸び率から正規乱数を発生させ, 日々の選果量を決める。
- (7) 日々の選果量に対し, 操業時間を求める。
- (8) 作業時間別の累積日数を求める。

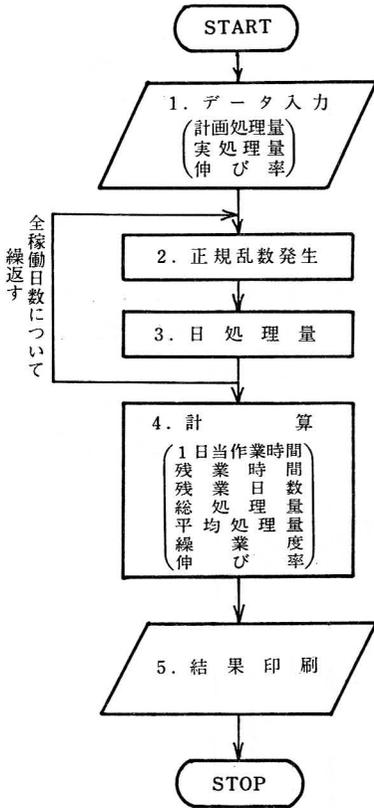


図-15 シミュレーションの流れ図

表-24 広瀬選果場の実績データ (昭和54年)

項目	
公称処理量	60 T/日
操業日数	28 日
平均処理量	21.6 T/日
総処理量	627.3 T
標準偏差	11.9 T

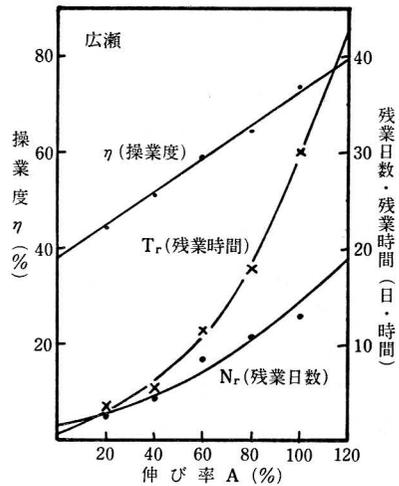


図-16 処理量の伸び率と操業状態(予測)

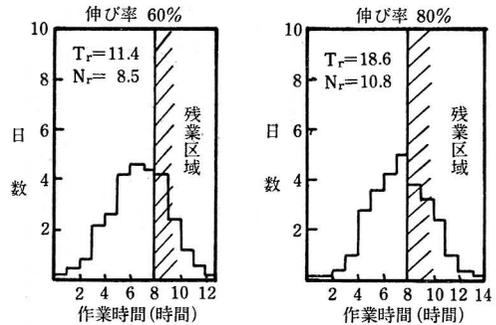


図-17 処理量の伸び率と残業状況

(9) 残業日数と残業時間を求める。

これによるプログラムの流れ図を図-15に示す。計算は東北大学計算機センターのACOS-900によった。

計算結果の一例を図-16および17に示す。これらは図-11の広瀬選果場の昭和54年度実績をもとにして予測されたものである。入力データは表-24のとおりである。

図-16は処理量が増加する場合、すなわち現処理量に対する伸び率が100%まで変化した場合、残業日数、残業時間および操業度などはどのように変わっていくかを示したものである。残業を必要とする日数は、現状では1日だが、伸び率20%にて2日、40%にて4日、60%にて8日、100%にて16日に達する。残業時間は現状では1時間、伸び率20%にては3時間、40%にては6時間、60%にては11時間、80%にては19時間、100%にては31時間

に達する。これらをどう判断するかは、当該施設における労働事情により異なろう。しかし、ごく大ざっぱな見当では残業を必要とする日数が全操業日数の1/3以上ある場合は施設能力が足りないことになるし、残業が1日2時間以上の日が全操業日数の10%以上、あるいは残業が4時間を越える日が生ずるならば、實際上操業が困難であるといわれている⁵⁾。この見地からみれば、現施設では60~70%程度の伸びが可能である。この場合、操業度は現在の37%から60%に向上する。

6 等級ライン数の割付け

果実の等級に影響する要因は日照、温度、降雨、病虫害の程度などである。これらの内天候要因は人間がコントロールすることは困難である。生産者は間接的に整枝、せん定、摘果、土壌改良および病虫害の防除などの栽培管理に力を注ぐしかない。現在の等級選別の大部分は人間により行われているが、個人差がかなりみられ、標準化は非常に難しい。一方、農協により県の等級規格に対応する仕方にもかなりの差がある。図-18は各選果場

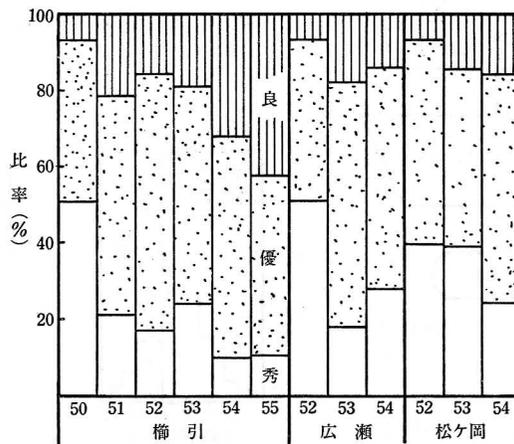


図-18 各選果場における年度別の等級変化

表-25 農協ごとの等級別と平均単価の比較

区分 農協	秀		優		良		重み付 単価平均
	比率 %	平均単価 円	比率 %	平均単価 円	比率 %	平均単価 円	
鶴岡市	7.1	3,477	40.4	3,294	52.5	3,030	3,168
藤島町	5.9	3,840	56.0	3,494	38.1	3,301	3,441
羽黒町	26.3	3,630	54.9	3,472	18.8	3,095	3,443
櫛引町	11.2	3,568	57.9	3,364	30.9	3,068	3,295

における柿の年度別等級変化である。図から分るように、近年になって秀の割合は少なくなり、良の割合が増え、優はやや多くなっている。生産者の立場では価格さえよければ秀品を優品として取扱っても差支えない。表-25は昭和54年産の農協ごとの等級比率と1箱(15kg)の平均単価を示す。

選果機の等級ライン割付けの基本的な考え方は、できればどのラインのキャリアカップも満配となるようにすることであるが、実際には不可能である。従って、運営者は過去の実績から等級割合をある程度推定し、その値に基づいて1系列のキャリアカップの充てん率が最大となるように等級別にラインを割付け配置する。一般に等級と1系列ライン数割付けの組合せは表-26 のようになる。

表-26 1系列ライン数割付けの組合せ

等級比率 \ 1系列のライン数	2	3	4			5				
A	1	1	2	2	3	2	2	3	3	4
B	1	1	1	1	1	2	2	1	2	1
C	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0

計画の最適化を考える場合、1系列選果機の最大理論充てん率 η は、各ラインの最大処理量を T (個/hr)、ライン数を n (条)、各ラインへの供給量を F_1, F_2, \dots, F_n (個/hr)としたとき次式で示される⁷⁾。

$$\eta = \frac{F_1 + F_2 + \dots + F_n}{n \cdot T} \times 100 = \frac{\frac{F_1}{T} + \frac{F_2}{T} + \dots + \frac{F_n}{T}}{n} \times 100 \dots \dots \dots (4)$$

1台の選果機に T 以上の果実は載せられないから制約条件として、 $T \geq F_i$ が成立する。

いま果実を等級A, B, Cに選別するとして、その等級別比率をそれぞれA, B, Cとする。ただしAは最大比率のもの、Bはその次、Cは最小のものとする。なお実際に秀, 優, 良がA, B, Cのどれに対応するかは年度によって異なるであろう。等級A, B, C別の割付けライン数を a, b, c 、さらにA, B, C別の1ラインの平均供給量を F_A, F_B, F_C とすると式(4)は式(4)'に書き改められる。

$$\eta = \frac{a \cdot F_A + b \cdot F_B + c \cdot F_C}{n \cdot T} \dots \dots \dots (4)'$$

ただし $a + b + c = n$
 また次の関係が成立つ

$$\begin{cases} A = \frac{a \cdot F_A}{a \cdot F_A + b \cdot F_B + c \cdot F_C} \\ B = \frac{b \cdot F_B}{a \cdot F_A + b \cdot F_B + c \cdot F_C} \\ C = \frac{c \cdot F_C}{a \cdot F_A + b \cdot F_B + c \cdot F_C} \end{cases}$$

ところで1ラインの最大供給量は T の制限をうける。A, B, Cのうち満配となって流れる等級別ラインの供給量を式(4)の T と置換えることによって、1系列の最大理論充てん率が計算される。

a 1系列ライン数3の場合

(1) Aに2ライン、Bに1ライン割付け、Cを別の機械で処理するときは、 $A \geq 2B$ の場合、すなわちAのラインが満配のとき($F_A = T$)の最大理論充てん率は式(5)で求められる。

$$\eta = \frac{A+B}{n \frac{A}{a}} = \frac{2(A+B)}{3A} \dots\dots\dots(5)$$

$A \leq 2B$ の場合, すなわち B のラインが満配のとき ($F_B = T$) の最大理論充てん率は (6) 式で求められる.

$$\eta = \frac{A+B}{n \frac{B}{b}} = \frac{A+B}{3B} \dots\dots\dots(6)$$

昭和54年度の広瀬選果場の等級比率実績は $A=0.578$, $B=0.284$, $C=0.138$ であるから, $A \geq 2B$ の場合に相当するので式 (5) に代入すれば $\eta=99.4\%$ である. 広瀬選果場は1系列3ラインの選果機2系列と1ラインの選果機1台, 合せて7ラインで構成されている. 3ライン2系列の最大理論充てん率はいずれも99%であるが, 他の1台 ($C=0.138$ のものを処理する) の最大理論充てん率は $A > 4C$, ゆえに A のラインが満配として式 (7) に代入すれば,

$$\eta = \frac{4C}{A} \dots\dots\dots(7)$$

$\eta=95.5\%$ となる. 従って選果場全体の7ラインでの最大理論充てん率は98.8%と非常に高い.

(2) A , B , C に各1ラインを割付けたとき ($a=b=c=1$)

$$\eta = \frac{A+B+C}{3A} = \frac{1}{3A} \dots\dots\dots(8)$$

広瀬選果場の実績を式 (8) に代入すれば $\eta=57.7\%$ となる. 従って前述の $\eta=98.5\%$ は最適な等級ライン配置で得られる最大理論充てん率である.

b 1系列4ラインが2系列の場合

このときの割付けは1系列2ラインの場合と同じように考えればよい. つまり表-26から A に2ライン, B に2ラインとみなす. その最大理論充てん率は式 (9) で示される.

$$\eta = \frac{A+B}{2A} \dots\dots\dots(9)$$

松ヶ岡選果場は1系列4ラインの選果機2系列と, 1ラインの選果機1台, 合せて9ラインで構成されている. 昭和54年の等級比率実績から $A=0.60$, $B=0.248$, $C=0.152$ を式 (9) に代入すれば $\eta=70.7\%$ となる. これは4ラインの選果機2列の最大理論充てん率である. その他1ラインの選果機1台 ($C=0.152$ を処理する) の最大理論充てん率は式 (10) に代入すれば $\eta=101.3\%$ となる. この場合は C のものがこの機械では処理しきれない. つ

$$\eta = \frac{C}{\frac{A}{4}} = \frac{4C}{A} \dots\dots\dots(10)$$

まり, 処理待ちの滞留が生じることになる. この場合, 選果場全体の最大理論充てん率は $\eta=73.1\%$ になる.

c 1系列ライン数5の場合

A に2ライン, B に2ライン, C に1ライン割付けた場合, $A \geq 2C$ で等級 A が満配のとき最大理論充てん率は式 (11) で表される.

$$\eta = \frac{A+B+C}{5 \times \frac{A}{2}} = \frac{2}{5A} \dots\dots\dots(11)$$

また、 $A \leq 2C$ で等級Cが満配のとき最大理論充てん率は式(12)で表される。

$$\eta = \frac{A+B+C}{5 \times C} = \frac{1}{5C} \dots\dots\dots(12)$$

櫛引選果場は4ライン1系列と1ライン1台および3ライン1系列で構成されているが、前者は実質上連結されており、1系列5ラインとしてみてもよい。昭和54年度の等級比率は $A=0.532$ 、 $B=0.299$ 、 $C=0.168$ であるが、実際の等級ライン割付けはAに3ライン、B、Cは1ラインになっていた、 $A \leq 3B$ であるからこれを式(13)に代入すれば、 $\eta=66.9\%$ となる。

$$\eta = \frac{A+B+C}{5 \times B} = \frac{1}{5B} \dots\dots\dots(13)$$

他の1系列3ラインの最大理論充てん率はA、B、Cに各1ライン割付けると式(8)から $\eta=62.7\%$ である。選果場全体の最大理論充てん率は $\eta=65.3\%$ になる。もし、1系列5ラインをA、Bに2ライン、Cに1ライン割付け配置する場合 $A \geq 2C$ であるから式(11)より $\eta=75.2\%$ である。この場合選果場全体の最大理論充てん率は $\eta=70.5\%$ とよくなる。

以上、3ヶ所の各選果場では等級比率やライン数の割付けが異なるため、最大理論充てん率はかなり違ってくる。

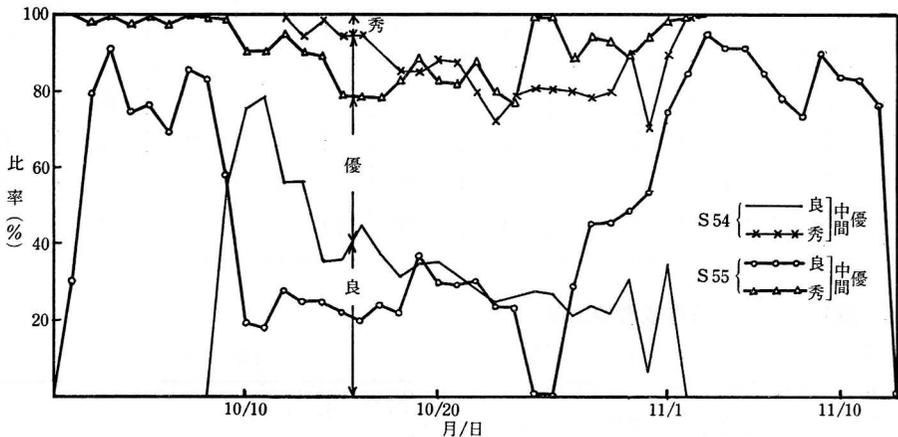


図-19 櫛引選果場の等級比率実績

図-19は櫛引選果場の等級比率の推移の一例を示す。ここではより高い充てん率を得るためのラインの割付けについて検討した。なお、原則として現行の機械と処理方式を変更または増設しないとした。表-27は全期間と3期に分けた場合の等級比率とラインの割付け状況による最大充てん率を示す。全期間を通して割付けを変えないとすると、昭和54、55年度とも1系列5ラインの場合には秀、優、良に1、2、2ラインを割付けるのが適切である。3期に分けた場合は、シーズン終りの第三期では昭和54年は1、3、1、昭和55年は1、1、3ラインの割付けにすればよい結果が得られることが分った。

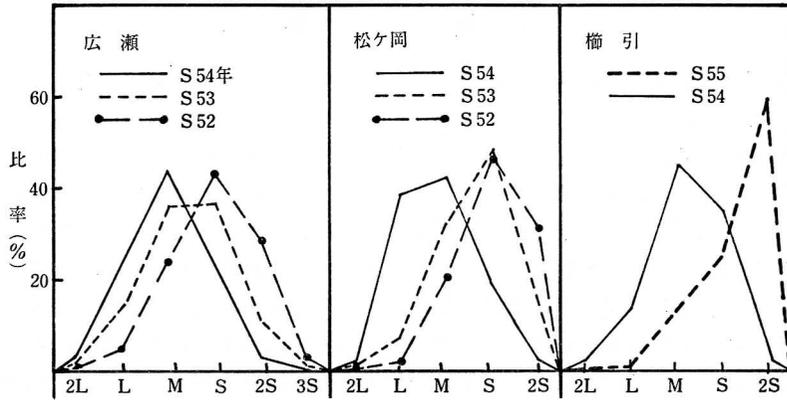


図-21 階級比率分布

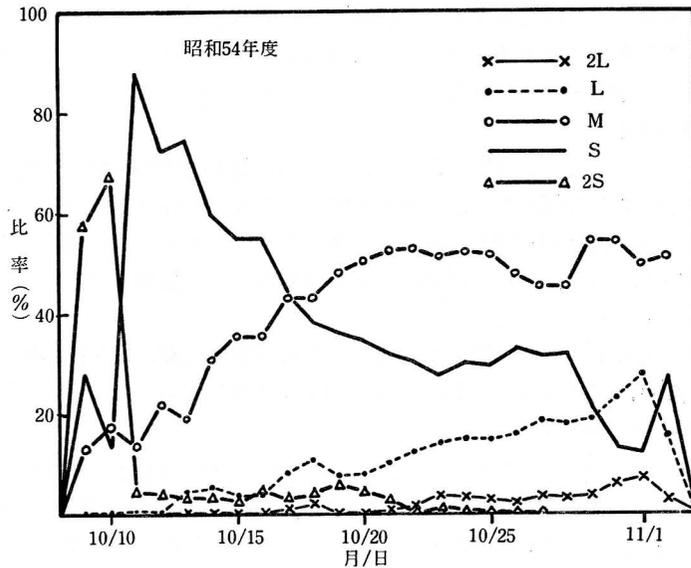


図-22 櫛引選果場における日別の階級変化

るが、これは例外である。通常ではL、Mの比率が増加の傾向にある。

図-21は各選果場の年度別階級別比率の分布図である。異常天候であった昭和55年度以外はほとんど正規分布に近いものであるが、モードは年によって多少異なる。階級分布が年によって変化するので箱詰め作業者の配置はそれに対応しなければならない。箱詰め能率を高めるには、作業者の配置をいかにするかを考えねばならない。図-22は昭和54年度の櫛引選果場における1シーズン中の階級変化を示す。収穫の初期はSと2Sが多い。一方、MとLは最初は少ないが、その後次第に増加する。従って、箱詰め作業者は最初はSと2Sに多く配置し、中ごろからMとLを多くするとよい。

V 摘 要

戦後35年間に日本人の食生活は穀類中心から動物タンパクおよび果実、野菜の消費量増加がみられるように、量的にも質的にも大きく変化した。一方経済の高度成長により農村人口はますます大都市に集中し、都市周辺の農地は、青果物供給地としての機能を失い、その供給地は中間、遠隔地に依存するようになった。大都市への青果物の安定供給が不可欠となり、それに対応する特定作物の大型産地が現われてきた。これらの大型産地では、農協その他の共選、共販が進展し、加えて食料流通体系の近代化が重要視されて、国の補助事業等により青果物の選果場、低温貯蔵庫、予冷庫などが相次いで設置されるようになった。しかしこれらの施設は必ずしも合理的かつ効率的に利用されていない。本研究は主として柿を主体とした庄内地域の選果施設の利用実態を調査するとともに、広瀬、松ヶ岡、櫛引の各選果場における作業工程の分析、またモンテカルロ法による施設操業状態の検討を行ったものである。研究の主な結果は次のとおりである。

1 庄内地域における選果機の導入は1960年から始まり、その後果樹広域生産流通近代化施設整備事業等の国の補助事業により設置され、1981年現在、選果場は20ヶ所である。なおこれらの選果施設の利用状況は必ずしも良くなく、柿だけを処理している広瀬、松ヶ岡、櫛引選果場の稼働率は6~8%とかなり低い。また多品目を処理している遊佐、西郷選果場でも18~21%である。

2 選果施設における作業は集荷、選別、箱詰め、封かん等35~44の工程からなり、工程数が多いほど作業が面倒になる。このうち作業者の多い工程は等級選別と箱詰めであり、両工程で作業人員は60~70%を占める。等級選別はいずれも肉眼判定によっている。機械化されている所でも作業物の状況、作業者の要因などで額面どおりの能力が発揮されていない場合がかなりある。

主な作業の作業員1人当りの能率をみると、等級選別は広瀬、松ヶ岡、櫛引の順に1.37, 2.59, 2.73(秒/個)、箱詰め作業は1.71, 1.52, 1.67(秒/個)であった。また施設の最大処理量は毎時63,000~83,000個である。

3 MTM法による作業分析から、主な作業の正味作業時間および標準作業時間を求めた。正味作業時間は等級選別では0.88(人・秒/個)、箱詰め作業では0.78(人・秒/個)、製かん作業は半自動製かん機で5.5(人・秒/個)、手作業で15.5(人・秒/個)であった。従って1日7時間30分とし、標準作業量から1人当りの処理量を計算すると、等級選別では28,000~29,000個、箱詰め作業では29,500個になる。

4 選果作業は多数の工程を連結した流れ作業である。従って作業能率を高めるためには、各工程において作業が遅滞なく進行するよう作業者を配置すべきである。松ヶ岡選果場では等級選別ラインでの作業員の配置が適当でないため、両手作業を行うことが出来ず作業能率は低かった。また櫛引選果場では荷の供給と等級選別作業とのバランスがとれておらず、選別作業員の遊休時間が多いなど時間損失があり作業能率が低かった。キャリアカップの最大理論充てん率およびMTM法から求めた標準作業時間から計算すると、等級選別作業では現作業員の1/2程度の人員配置で作業が可能である。

5 施設の操業度を高めるため、現施設で処理量を増加させた場合の操業状態をモンテカルロ法によって予測検討した。なお選果量の変動分布は正規分布とみなし、作業員の配

置は処理量の多少にかかわらずフル操業時の場合をとった。処理量が増加するにつれて、残業時間および残業日数は増大するが、昭和54年度の広瀬選果場の実績をもとにして計算すると、現施設では60～70%の伸びが可能である。この場合操業度は37%から60%に増大する。

6 等級別ライン数の割付けの基本的な考え方はキャリアカップの充てん率を最大にすることである。実際には運営責任者が過去の実績から等級別割合を推定して割付けている。

昭和55年度の等級比率とライン数の割付けでは、選別ラインの最大理論充てん率は広瀬で98.8%、松ヶ岡73.1%、櫛引65.3%であった。なおライン数の割付けを全期間を通して固定せずに、幾期かに分けて割付けライン数を変更することによって充てん率がよくなることがわかった。

参 考 文 献

- 1) 遠藤健児ほか(1966)：作業測定，金原出版社
- 2) 細川 明ほか(1970)：選果包装施設の手引，全購連農機施設部
- 3) 川島東洋一(1970)：ぶどうの共同選果施設の経営の実態とその合理化方向，果実共同出荷施設整備促進対策調査報告書 No.3
- 4) 森野一高ほか(1969)：農業施設学，朝倉書店
- 5) 森嶋 博(1971)：選果施設の計画処理量のモンテカルロ法による一考察，農業施設 Vol. 1, No. 1～2
- 6) 森嶋 博(1977)：モンテカルロ法，農業施設 Vol. 7, No. 2
- 7) 森嶋 博(1977)：重量選果機の台数とその等級への割付け計画について，農業施設 Vol.7, No.2
- 8) 成田誠之助(1970)：システム工学の手法，コロナ社
- 9) 農産物性研究グループ(1977)：農産物の物性および測定法に関する総合的研究
- 10) 作業測定便覧編集委員会(1968)：作業測定便覧，日刊工業新聞社
- 11) 庄司英信ほか(1973)：農産機械学，朝倉書店
- 12) 山形県農林部(1980)：山形県果実出荷規格条例集
- 13) 吉田 忠(1978)：農産物の流通，家の光協会

Summary

Since 1960, many large scale packing houses for fruit and vegetable have been in operation in Shonai district. In this paper, the utility condition of them for Kaki (Hiratanenashi), which is one of main fruits in this area, was investigated, and the improvement of operation processes and the possibility increasing ratio of operation were evaluated by MTM and Monte-Carlo Simulation.

The main results are as follows :

1 In 1981, twenty packing houses were operated in this area, but the ratio of operation was very low, and was 6-8 percent in 3 houses built in Hirose, Matsugaoka and Kushibiki for packing Kaki only.

2 In these packing houses, Kaki fruits were roller-conveyed and unloaded

onto grading belt and graded manually. The fruits were then automatically sorted by weight in a tipping cup method, and deposited in cross belts, from which they were manually packed into carton box. Finally 35 percent alcohol was automatically sprayed on them to remove the astringency and boxes were sealed. These continuous production process consisted 35-44 steps. The workers for grading and packing accounted for 70 percent of all the workers of line, and the working time was in range of 1.37 to 2.73 second per fruit in grading and 1.52 to 1.71 sec. in packing.

The maximum operating capacities of Hirose's and Kushibiki's were 63000 and 83000 fruits per an hour, respectively.

3 The basic times of each process were measured by MTM method. These were 0.88 and 0.78 sec. per fruit in grading and packing, respectively, and were 5.5 sec. by semi automatic machine and 15.5 sec. by hand in making carton box.

From the standard time calculated with the basic one, it was clarified that about 29500 fruits should be handled by one person in grading and packing a day.

4 In order to increase operation efficiency, workers must be reasonably assigned. However, in Matsugaoka, grading workers could not use their both hands simultaneously because the table on which boxes of the fruits were deposited, oriented at a right angle to the axis of a grading belt, and the workers fronted on the table. In Kushibiki, grading workers had much wasteful time for a small fruit flow because the system remove selected fruits as the fruits move on the belt.

From the results of the standard time and the maximum filling ratio of carrier cup, the grading workers should be reduced to half in number.

5 The possibility of increasing the working capacity of the present facilities was evaluated by Monte-Carlo Simulation, under the assumption that the variation distribution of collected volume a day is a normal distribution, and number of workers and their arrangement regard the situation as those of full operation.

According to the simulation of Hirose packing house, the grading rate could be increased to 170 percent of the rate in 1979, and the ratio of operation could be then increased to 60 percent from 37 percent.

6 From the past data, manager has decided the assignment of line numbers for different grade. The maximum filling rate of carrier cup calculated using the data of 1980 were 98.5 percent at Hirose's, 74 percent at Matsugaoka's and 60 percent at Kushibiki's. It is very important to assign efficiently the line number of sorter.