

1. 特別研究

(1) 一村一品(水産物)加工・流通高度化システム

—地域システム技術開発事業報告(第5報)—

- 1 要素1 画像処理技術による自動選別技術の研究
- 2 要素2 化学的センサによる鮮度判別技術の研究
- 3 要素3 自動化ラインに適した肉質改善技術の検討
- 4 システム開発事業

要素技術研究開発事業

1. 画像処理技術による自動選別技術の研究

電子科	佐藤 哲哉
	秋本 恭喜
機械科	大塚 裕俊
	後藤 幸臣
	本山 英雄
機械部	横山 栄一

1.1 魚体・魚種選別画動処理装置

水産加工業においては、他の製造業に比し、機械化、自動化等の対応が遅れている。温度、湿度等の環境条件の問題、また、魚体のもつ軟弱性の問題等、一般の機械加工部品等の取り扱いからすると異質な対応が求められることとなる。特に魚体の加工工程では、現在、多くの人手を介しており、自動化、省力化機器の開発が望まれている。

このため、画像処理技術を応用した魚種、背腹、頭尾、大きさ判定を含む魚体選別装置を開発した。

1.2 魚体選別項目

魚種選別

従来、魚種選別は、目視による他なかった。画像により魚種の選別をする場合、その特徴の抽出が重要な課題となる。魚体上の模様による方法、色による方法、外形形状による方法等、魚体間の相違を特徴づける要素は、数多い。しかし、画像上での処理による選別という前提を考慮すれば、複雑な模様の認識、比較的明暗の乏しい色による認識等は、いたずらに処理時間を長くしたり、誤選別をひきおこす等の原因となる。このため、比較的単純な処理手順が可能となる外形形状の相違に注目した特徴パラメ

ータの抽出により、魚種選別を行う。

頭尾、背腹選別

魚体の加工工程では、不可食部である頭部の切断及び内臓の除去が伴う。このため、カッティング機構の位置する方向への頭部、腹部の方向付けが必要となる。いわゆる頭方向揃え判定機能及び、背腹揃え判定機能を有することが要求される。

大小選別

加工工程で処理される魚体の大きさには制約が考えられるため、極大魚及び極小魚は、事前に排除することが必要である。魚体の大小選別は、従来、機械的方式により広く行われてきているが、ここでは、画像処理のもつ1要素として選別・判定対象とする。

1.3 目標性能

魚体選別の目標は以下のとおりとする。

1. 目標認識率：80%以上(魚種、頭尾、背腹、大きさ)
2. 処理能力：150～200尾/分
3. 対象魚種：いわし2種及びその他
4. 対象魚体：大、中、小
5. 処理時間：0.3秒/匹以下

1.4 ハードウェア構成

魚体形状は、縦横比率の相違はあるもののほぼ同一形状をしている。また、魚種、頭尾、背腹判定においては、機械加工部品等の選別に要求される程の精度は要求されない。このため、できる限り、画像で得られるムダな情報は少なくし、その分、処理時間を短縮化する。

このため、画像入力センサとして、図1—1に示すように、画素配列で40×14画素の2次元CCDセ

ンサを2個使用し、画素ずらしにより2倍の分解能(80×28画素)を得る構成とした。これに伴い、一方のCCDセンサからの信号は、ラインディレイ及び1画素ディレイ回路系により処理され、もう一

方のCCDセンサの信号との間で演算後、所定のメモリ上へ格納される。

ハードウェア構成を図1—2に示す。また、ハードウェア仕様を表1—1に示す。

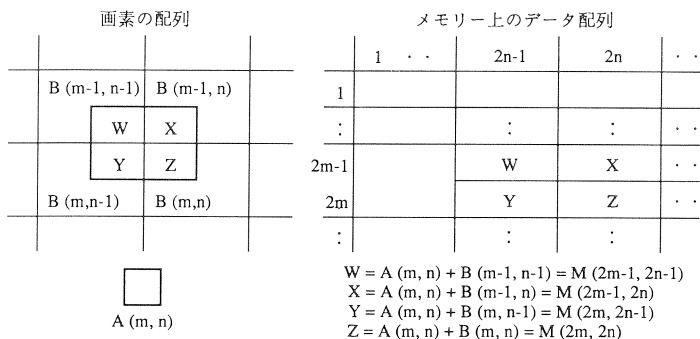


図1—1 画素ずらしによる配列

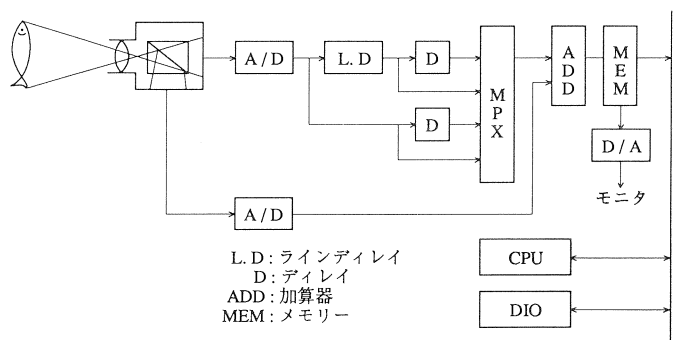


図1—2 ハードウェア構成

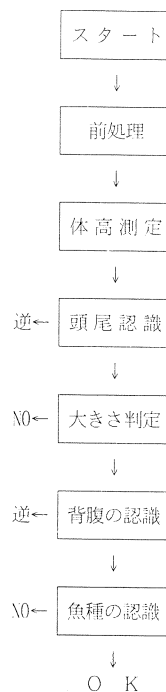


図1—3 プログラムモジュールフロー

表1—1 ハードウェア仕様

項目	仕様
センサー	2次元CCDセンサ (40×14画素)×2コ
画像読み込み時間	1 msec以下
CPU	Z80A
メモリー	ROM: 8KB, RAM: 4KB VRAM: 10KB
DIO	DI: 8点, DO: 4点
モニター・コンソール	有り
A/D	4bit
画像モニター	標準TV仕様
二値化レベル	可変

1.5 ソフトウェア構成

CCDセンサにより入力された画像に対する魚体認識プログラムのモジュールフローを図2—3に示す。

前処理部

画像の取込み及びしきい値以下のデータについて、X、Y座標の画素数を求める。得られたデータは、ノイズを含むことが多い。このため、孤立点除去を行う。また、照明の関係により特に腹部の形状データが2値化処理により損なわれるのを防ぐため輪郭線の追跡による欠落データの補正及び、魚体位置座標の検出等を行う。

体高測定

前処理部で求めた魚体位置座標を基に、しきい値以下のデータについてX方向の画素数の最大値を体

高とする。

頭尾の認識

魚体撮像データに対し、体高を求めたX座標より右側において体高より高さが順次小さくなり、ある時点から大きくなり始める点を尾であると認識する。また、この位置の高さを尾柄高とし、先端からこの位置までの距離を体長とする。もし、大きくなり始める点がない場合には、頭尾が逆であると判断する。(図1-4参照)

大きさ判定

頭尾の認識で求めた体長が、所定の範囲にあるかどうかを判定する。

背腹の認識

頭の先端より魚体を左右に分け、左半分と右半分のしきい値以下の画素の占める割合により背と腹を認識する。

1.6 魚種の認識

魚種の認識は、別項で述べたように外形の魚体間相違をベースとした手順による。しかし、尾の形状、口部の形状または、背・腹部の形状等といった微妙

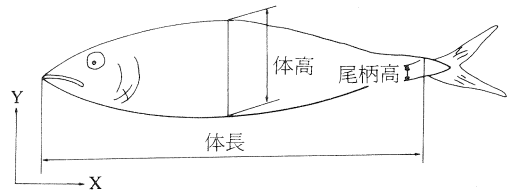


図1-4 魚体座標及び名称

な相違を特徴パラメータとすることは、本装置の分解能の関係から、困難である。また、これら形状は、曲線を含み、認識プログラム自体複雑となる。一方単純な識別パラメータとして、体長/体高比、体高/尾柄高比及び、体長/尾柄高比が考えられる。図1-5に魚種別のこれらの測定結果を示す。個体間にバラツキはみられるが、ほぼ魚種毎のブロックを形成している。

よって、魚種の認識パラメータとしては、これら魚種毎の体長/体高比、体高/尾柄高比及び体長/尾柄高比の測定平均値(3種)とし、この内2つ以上の条件を満足する場合には、対象とする魚種であると認識する。

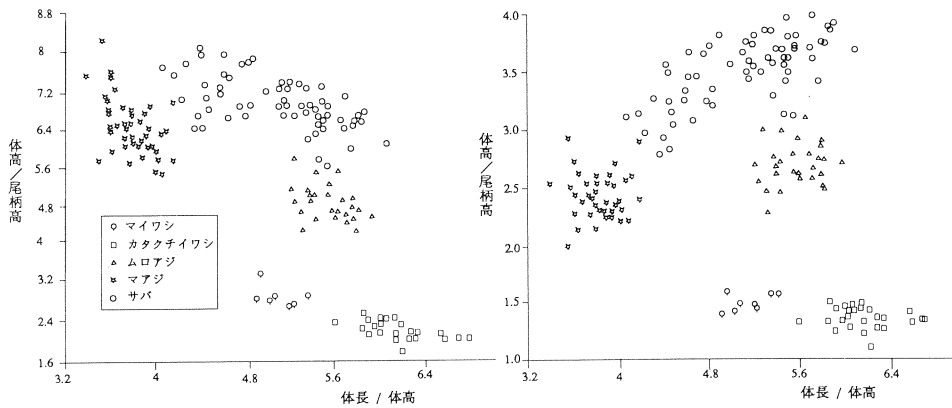


図1-5 魚種別特徴抽出

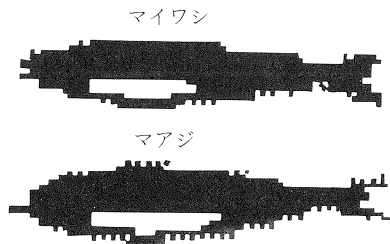


図1-6 二値化パターン

図1-6に、本装置により得られた魚体の2値化パターンを示す。尚、実際処理においては、背腹認識での2値化レベルと他の認識課程での2値化レベルとは異なるため、図1-6のパターンで、全ての処理をしている訳ではない。

1. 7 実験及び結果

静止時の魚体画像データを基に、認識実験を行い目標性能以内の結果が得られた。実験に用いた魚体はイワシ2種、アジの計3種であり、50匹、34パターンである。特に頭尾及び魚種認識率は約95%であった。背腹の認識率は83%程度であり、これは照明、魚載皿による影響が大きい。尚、処理時間は100msec～200msecである。

本装置での実験は、比較的照明条件等、良好な条件下にて実施されたものである。(照明方式は魚体の形状を認識のベースとするため、透過光による方式と、背腹認識のため階調データの必要から反射光による方式との併用にした。) 今後は魚載皿への魚体の整列、魚体の高速移動に伴う画像取得タイミングの確保、認識結果による高速な機械的処理機構(排除、反転等)等、機械駆動系とのマッチングを効率的に行っていく。

今後、益々画像処理応用による選別系に対するニーズの高まりが予想されるが、形状、高精度、高速化が、主流であり、ハードウェアも高価、ソフトウェアも複雑化してきている。一方、粗い精度でも高速化が図られれば実用上支障がない場合も多くある。今後、このような方向からの画像処理応用の検討も必要ではないかと考える。

1. 8 魚体整列機構の改良・評価

昭和61年度開発した魚体整列機構をシステムグループへ技術移転し、原料魚の多量処理実験を行った。この結果、原料魚いわしの大小のばらつき、変形等の原因により、背腹揃え装置の揃え精度の低下、つまり等が発生し、機構的な改良が必要となった。このため、背腹揃え装置シュート絞りに、新たに門柱型回転ロールを付設し改善を図った。

この改良により、つまりがなくなり、背腹揃え精度95%以上という良好な成果が得られたので、これを門柱型回転ロール式背腹揃え機構としてシステムグループに技術移転し、付帯的な機構を整えるなど整列機構の改良を行った。

この頭方向先頭で送られてくるイワシ、サバ等を背上(腹下)姿勢にする上記の整列機構を新規の魚体の背腹揃え装置として特許出願した。(出願番号2-83600)

2. 化学的センサによる鮮度判別技術の研究

分析化学科 平松 勝登
北坂 学
二宮 信治
電子科 小田原幸生
金属科 清高 稔勝

2. 1 カラムクロマト法の検討

イオン交換樹脂を用いてATP関連物質を分離し、紫外線吸収装置によってイノシン酸(IMP)、イノシン(HxR)、ヒポキサンチン(Hx)の量を求めK値を算出する方法について検討を行った。

イオン交換樹脂は陰イオン交換樹脂(Bio-Rad社AG-1,X4)を用いた。樹脂の大きさは、これまで50～100メッシュで検討していたが、200～400メッシュの樹脂を用い、溶解液の流量を、1.5～2.0ml/分と少なくすることにより、テーリングがなくなり測定時間が短縮できた。直径3mm、長さ50mmのカラムを用いた鮮度測定装置を試作した。

装置の概略図は図2-1の通りである。装置の外観を写真2-1に示す。

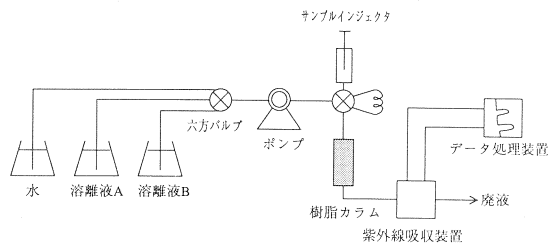


図2-1 カラムクロマト法による鮮度測定装置の概略図

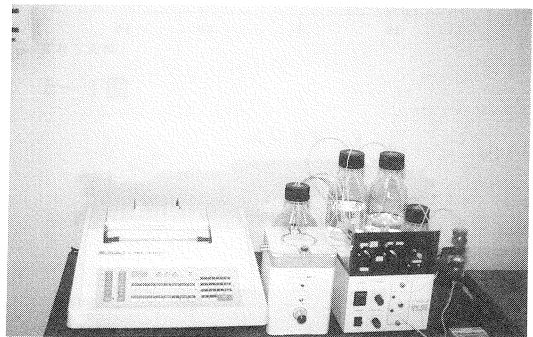


写真2-1 カラムクロマト法による鮮度測定装置

標準液 (Hx : 0.05 μ mol / ml, HxR : 0.05 μ mol / ml, IMP : 0.5 μ mol / ml) を用いて測定したときのクロマト例が図2-2である。この標準液のK値の計算値は16.7%であり、図2-1の装置により測定したK値は18.4%であった。一試料当りの測定時間は9分を要した。

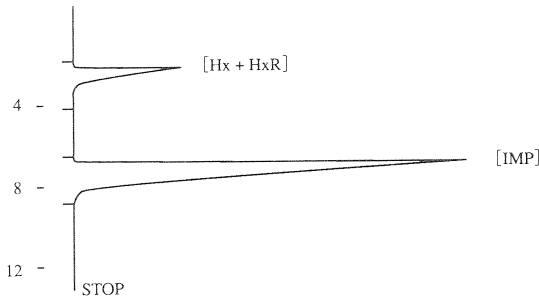


図2-2 カラムクロマト法によるクロマト例

標準液を用いた測定では良好な結果が得られたので、イワシの魚肉抽出液を用いて測定を行った。測定試料の調整方法は、イワシの背肉(白身) 4~5gを取り、5%過塩素酸溶液を加えて磁性乳鉢ですりつぶす。これをろ紙(No. 5A)でろ過し、10N-KOHおよび1N-NH₄OH溶液でpH10.5に調整する。この魚肉抽出液約200 μ lをイオン交換樹脂に吸着させ、始めに0.001N-塩酸の溶離液を流すことにより[HxR+Hx]が溶出し、次に溶離液を0.1N-塩酸に切り換えることにより[IMP]が溶出する。この濃度を紫外線吸収装置で測定することによりK

表2-1 カラムクロマト法と液クロ法によるK値の比較

	カラムクロマト法によるK値(%)	液クロ法によるK値(%)
1日	3.4	2.1
2日	8.4	6.4
3日	14.4	10.3
4日	20.0	14.7
5日	24.6	19.4
6日	26.3	21.6

値を算出する。

新鮮なイワシを冷蔵庫(0 $^{\circ}$ C)で保存し、1日目から6日目までのK値の経時変化を調べた。また、この試料についてカラムクロマト法と液クロ法の比較を行った。その結果は表2-1の通りであった。数値は3検体測定しその平均値で表わしている。カラムクロマト法によるK値の経時変化を図2-3に示す。

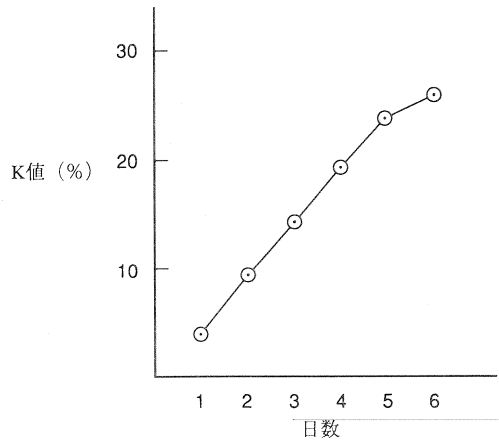


図2-3 カラムクロマト法によるK値の経時変化

カラムクロマト法によるK値は液クロ法によるK値に比べてやや高くなっているが、図2-3からも解るように保存日数とK値はかなり高い相関関係を示しておりこのファクターを把握することにより実用可能と思われる。イオン交換樹脂の耐久性は6ヵ月の使用で何の支障もなかった。

2.2 酵素センサの検討

酵素と酸素電極を組み合わせたセンサの検討をおこなった。ATP関連物質が酵素により分解されるときに消費する溶存酸素の量を酸素電極で測定することにより、[IMP] [HxR] [Hx]の濃度を測定し、K値を算出する。

酵素を不溶性担体(ガラスビーズ)に結合させた固定化酵素カラムと酸素センサを組み合わせた酵素センサを試作し、酸素消費量からATP関連物質を測定しK値を求める方法を検討した。装置の概略図は図2-4の通りである。装置の外観を写真2-2に示す。

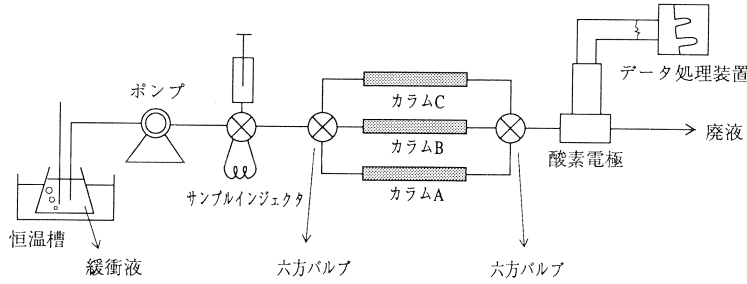


図 2-4 酵素センサ装置の概略図

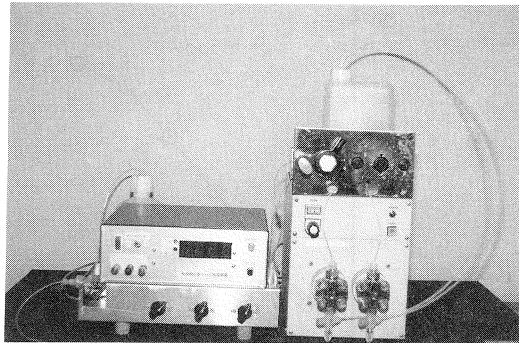


写真 2-2 酵素センサ装置

カラム A, C を通した場合は $[Hx + HxR]$, カラム B, C を通した場合は $[Hx + HxR + IMP]$ が測定できる。標準液を使った検量線は $[Hx]$ $[HxR]$ $[IMP]$ とも良好な直線性を示し、 $0.4 \mu\text{mol} / \text{ml}$ までの濃度が定量可能であった。ベースラインが少し乱れるため定量はピーク高さを測定した方がよりよ

表 2-2 酵素センサ法と液クロ法による K 値の比較

	酸素センサーによる K 値 (%)	液クロ法による K 値 (%)
1 日	4. 0	3. 3
2 日	9. 9	6. 3
3 日	11. 1	9. 5
4 日	14. 6	12. 0
5 日	21. 8	18. 5
6 日	23. 9	19. 1

い結果が得られた。
1 ピーク当りの測定時間は 2~3 分であった。K 値を得るためには 2 つのピークのデータが必要となり、1 サンプル当りの測定時間は 5~6 分であった。

新鮮なイワシを冷蔵庫 (0°C) に保存し、K 値の経時変化を調べた。測定値は 3 検体について K 値を測定し、その平均値で表わした。同じ試料について、液クロによる K 値を求め比較を行った結果を表 2-2 に示す。

酵素センサによる K 値は液クロによる K 値にかなり近い値となっており、充分信頼できると思われる。

2. 3 データ処理装置の試作

実験データは、島津製作所のデータ処理装置 (C-R 6 A) により、データ取りを行なったが、装置を小型化するためにデータ処理装置を試作した。装置の仕様は表 2-3 のとおりである。

表 2-3 クロマト・データ処理器の仕様

- | |
|--|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. 計測モード <ol style="list-style-type: none"> 1) V-MODE (入力範囲 0~80mV) 2) I-MODE (入力範囲 0~40uA) 2. A/D変換器 <ol style="list-style-type: none"> 1) 分解能 (12bits - 4096~+4096) 2) サンプリング回数 (毎秒 7.5 回) 3. サンプリング時の処理 (割込による) <ol style="list-style-type: none"> 1) 測定値の極性・オーバーレンジのチェック (エラー: LED表示, ブザー) 2) 測定値を10進変換して表示 3) 最近のデータの蓄積
サンプリング時のデータを含む最近のデータ16点を順次メモリに蓄積する。(16点のデータの内、一番古いデータを捨て、最新のデータと交換する。) これらのデータの平均値を求め、測定値の安定性、上昇傾向か下降傾向かを調べるのに用いる。 4. 外部信号出力 (倍率=出力/入力) <ol style="list-style-type: none"> 1) I-MODE (-100 mV/μA) 2) V-MODE (50 mV/mV) (*注 I-MODEは出力信号の極性が入力信号と逆になる。) |
|--|

表中の計測モード 1) V-MODE がカラムクロマト法用の測定モードであり、2) I-MODE が酵素センサ用の測定モードである。

図 2—5、図 2—6 にそれぞれ V-MODE 計測及び I-MODE 計測によるタイムチャート、操作手順を示す。

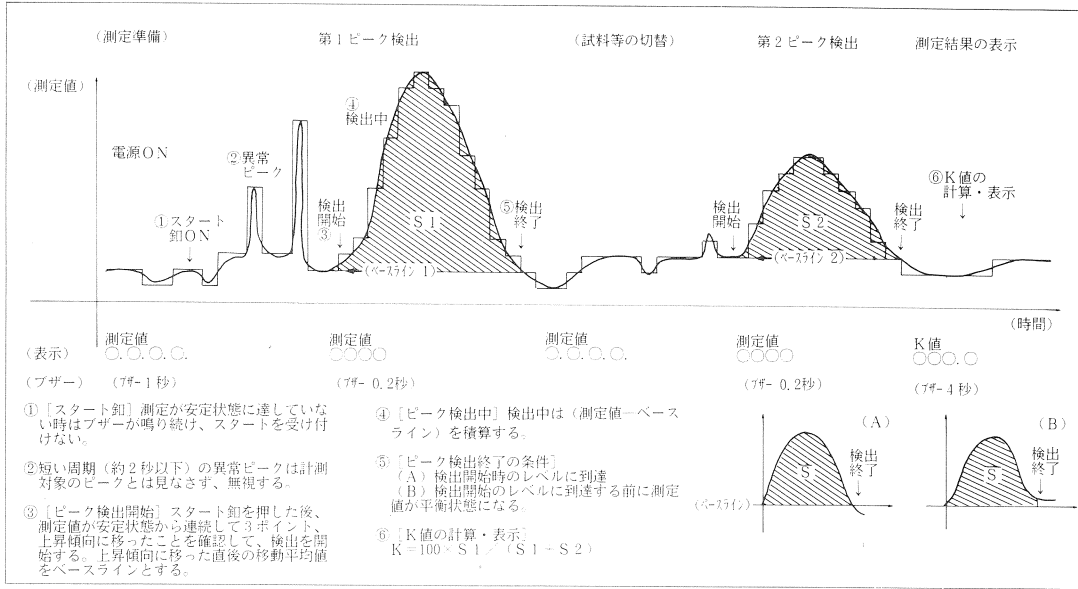


図 2—5 V—MODE 計測 (カラムクロマト法用)

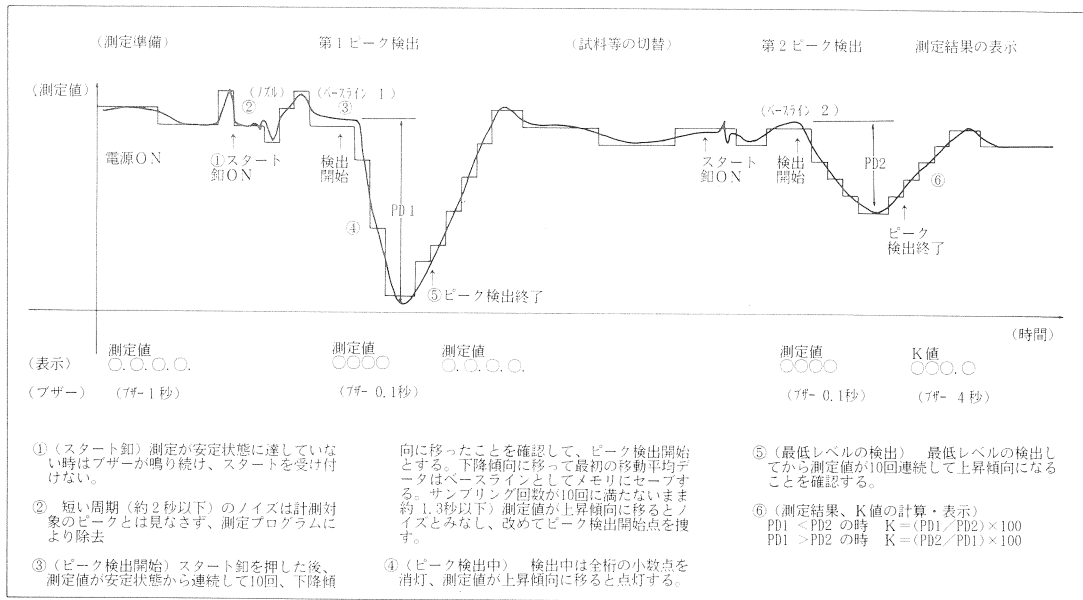


図 2—6 I—MODE 計測 (酵素センサ用)

試作したデータ処理装置の外観は写真2-3のとおりである。

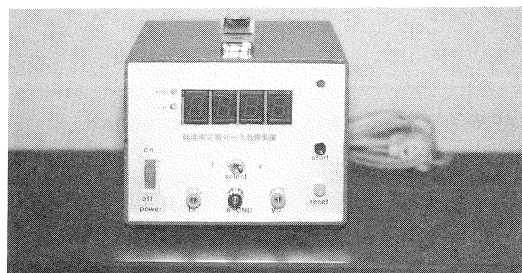


写真2-3 試作したデータ処理装置

3. 自動化ラインに適した肉質改善技術の研究

発酵食品科 古江 国昭
 樋田 宣英
 田中 美保
 分析化学科 後藤 文治
 化学部 長森 義知

3.1 自動化製造ラインによるすり身の高品質化システムを有効に稼働させて多獲性赤身魚の有効利用、高付加価値化を図るには、原料の加工特性、

表3-1 第1回試運転(2回晒)

晒条件	工 程	水 分(%)	脂 肪 分(%)	乾物脂肪(%)	脂肪除去率(%)
魚肉供給時間 7分	原 魚 肉	61.1	19.4	49.9	
攪拌時間 3分	1回晒(アルカリ)	74.0	11.6	44.6	10.6
静置時間 4分	ロータリースクリーン出口	77.5	9.0	40.0	19.8
上澄除去 1.5分	2回晒(塩水)	81.4	6.4	34.4	31.1
	ロータリースクリーン出口	79.7	7.0	34.5	30.9
	スクリュープレス後	71.4	8.7	30.4	39.1
	裏漉機後	72.5	8.6	31.3	37.3
	ミキサー後	74.4	7.6	29.7	40.5

表3-2 第2回試運転(4回晒)

晒条件	工 程	水 分(%)	脂 肪 分(%)	乾物脂肪(%)	脂肪除去率(%)
魚肉供給時間 4分	原 魚 肉	72.6	12.6	46.0	
第1回晒(アルカリ) 2分	1回晒(アルカリ)	83.1	6.3	37.3	18.9
第2回晒(水) 2分	2回晒(水)	85.7	5.1	35.7	22.4
第3回晒(水) 2分	3回晒(水)	87.0	4.8	36.9	19.8
第4回晒(塩水) 2分	ロータリースクリーン出口	81.2	6.6	35.1	23.7
	4回晒(塩水)	82.5	4.8	27.4	40.4
	ロータリースクリーン出口	81.1	5.3	28.0	39.1
	スクリュープレス後	74.7	6.9	27.3	40.7
	裏漉機後	78.3	5.8	26.7	42.0
	ミキサー後	71.8	6.5	23.0	50.0

製品の用途、目的に応じた製造工程の確立が重要である。このため、これまで検討、確立した晒条件、添加物利用方法のシステムプラントでの実証試験を

実施し、自動製造ラインによるすり身の高品質化に成果が得られた。(表3—1～表3—4)

表3—3 第3回試運転(3回晒)

晒条件	工 程	水 分(%)	脂 肪 分(%)	乾物脂肪(%)	脂肪除去率(%)
魚肉供給時間 7分	原 魚 肉	79.4	5.3	25.7	
第1回晒・第2回晒 (アルカリ・水)	1回晒(アルカリ)	86.8	2.6	19.7	23.3
	2回晒(水)	85.6	2.8	19.4	24.5
給水時間 2分					
静置時間 2分	ロータリースクリーン出口	87.3	2.5	19.7	23.3
上澄時間 2分					
第3回晒(塩水)	3回晒(塩水)	85.2	2.5	16.9	34.2
	ロータリースクリーン出口	88.8	1.8	16.1	37.4
給水時間 2分					
静置時間 2分	スクリュープレス後	85.0	2.3	15.3	40.5
上澄時間 2分					
	裏漉機後	85.7	2.1	14.7	42.8
	ミキサー後	77.6	3.2	14.3	44.4

表3—4 第4回試運転(3回晒)

晒条件	工 程	水 分(%)	脂 肪 分(%)	乾物脂肪(%)	脂肪除去率(%)
魚肉供給時間 6分	原 魚 肉	79.5	4.3	21.0	
第1回晒・第2回晒 (アルカリ・水)	1回晒(アルカリ)	88.2	2.1	17.8	15.2
	2回晒(水)	89.4	1.8	17.0	19.0
給水時間 2分					
静置時間 2分	ロータリースクリーン出口	87.5	2.1	16.8	20.0
上澄除去 (1回目) 2分					
(2回目) 1.5分	3回晒(塩水)	84.5	2.1	13.5	35.7
第3回晒(塩水)					
給水時間 2分	ロータリースクリーン出口	88.0	1.6	13.3	36.7
静置時間 2分					
上澄除去 2分	スクリュープレス後	84.0	2.0	12.5	40.5

3.2 廃棄物の有効性利用

すり身に利用される肉質部は原魚の約45%であり、残りの約55%が魚体処理工程で残滓として廃棄される。この大量に廃棄される残滓の有効利用とし

て残滓活用システムのプラントでの実証試験を実施し、蛋白質、ミネラル等の有効成分を多量に含むフイッシュミール(魚粉)が得られた。(表3—5、表3—6)

表3-5 原魚・魚粉の成分

項目	種類	原 魚	魚 粉	プレスケーキ	プレス液	魚 油
水分 (%)		69.3	9.9	50.7	86.6	1.5
固形分 (%)		30.7	90.1	49.3	13.4	98.5
粗脂肪 (%)		9.6	14.8	7.6	3.8	98.5
粗蛋白 (%)		18.1	60.4	35.7		
粗灰分 (%)		3.5	13.8	6.0		
揮発性塩基態窒素 (mg/100 g)		30.9	107.8			
トリメチルアミン (mg/100 g)		25.5	50.2			
トリメチルアミン 材料 (mg/100 g)		114.6	59.5			
ミネラル	リン (mg/100 g)	600	2,200			
	鉄 (mg/100 g)	7.5	270			
	ナトリウム (mg/100 g)	230	530			
	カルシウム (mg/100 g)	870	3,700			
	カリウム (mg/100 g)	420	1,200			
ビタミンB1 (mg/100 g)						4.2
ビタミンB2 (mg/100 g)						1.4

表3-6 魚粉の主要アミノ酸 (加水分解後)

Tau	123	PRO	1,963	Met	3,560	His	4,071
Asp	1,376	Gly	1,102	I-Leu	3,727	Lys	4,675
Thr	1,190	Ala	3,179	Leu	4,238	Arg	5,140
Ser	709	Cys	6,018	Tyr	4,389		
Glu	5,601	Val	2,690	Phe	4,330		

(mg/100g)

4. システム開発事業

システム開発グループにより一貫生産工程管理、選別・調理、肉質改善、残滓活用の各システムが製作され、各グループ内でシステム構成機械装置の試運転、改良評価を行った。パソコン制御による一貫工程管理システム構成を図4-1、制御系を写真4-1、モニタパネルを写真4-2に示す。

選別・調理、肉質改善、残滓活用システムの全体

配置を図4-2に示す。各システムを写真4-3、4-4、4-5に示す。

開発担当

- ① 一貫生産工程管理システム
(株)富士通大分ソフトウェアラボラトリー
- ② 選別・調理システム
(有)吉田鉄工所, 大和鉄工所(株), (有)大東電機工業所

③ 肉質改善システム

(株)西嶋鉄工所, かすみ電気研究所, 大和冷機工業(株)

④ 残滓活用システム

(株)興人佐伯工場, 豊国工業(株), (有)常盤鉄工所

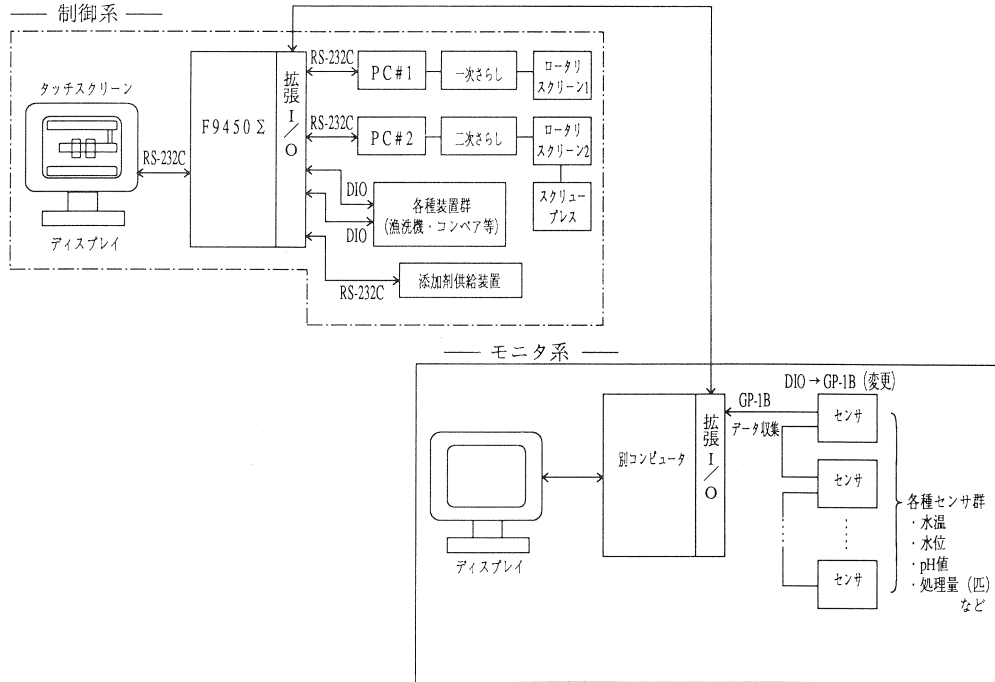


図 4-1 一貫生産工程管理システム

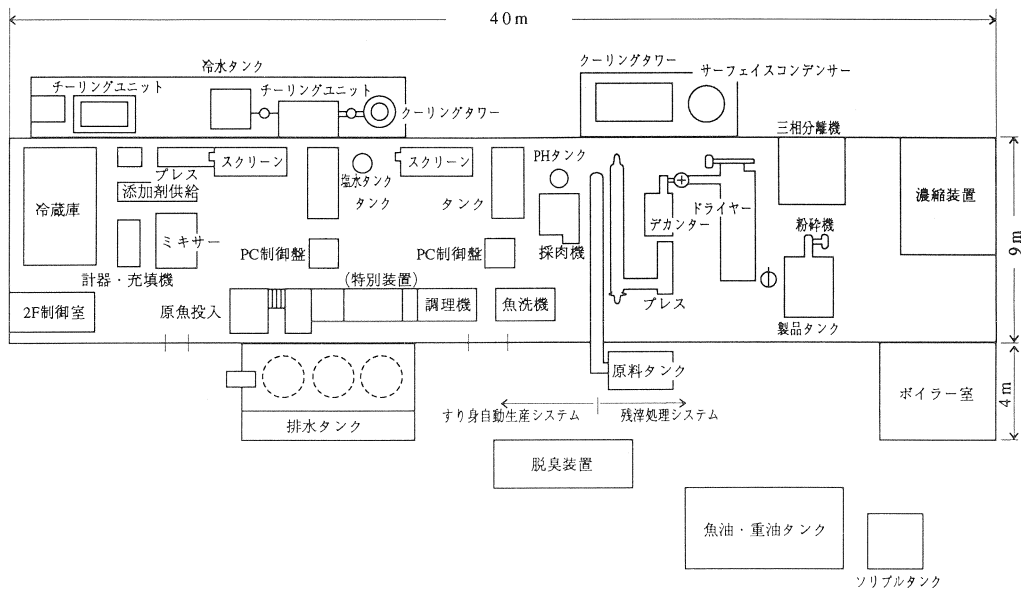


図 4-2 システム機器全体配置図

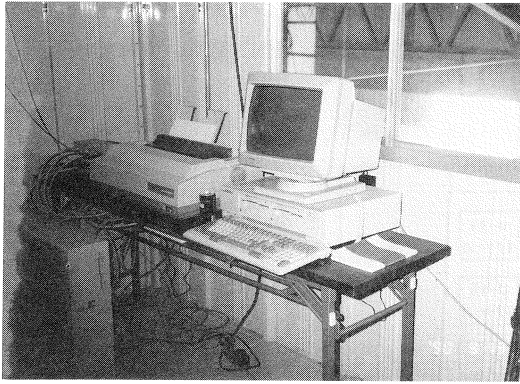


写真 4 - 1 制御系

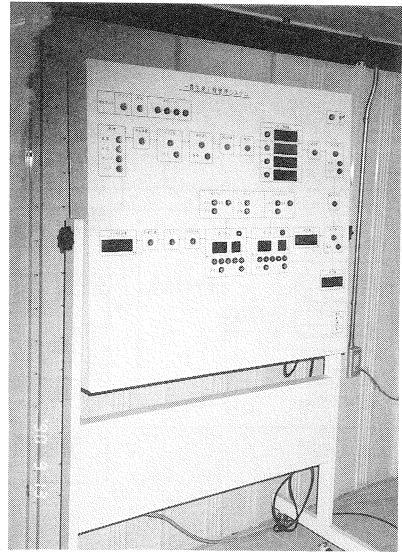


写真 4 - 2 モニタパネル

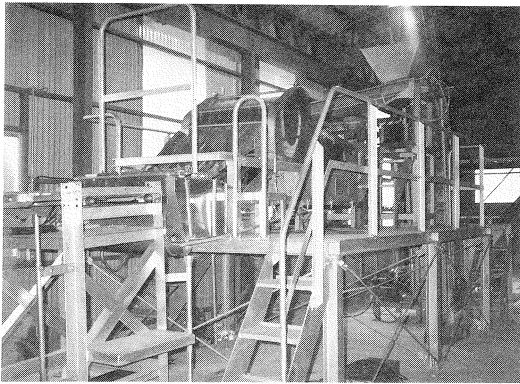


写真 4 - 3 選別調理システム

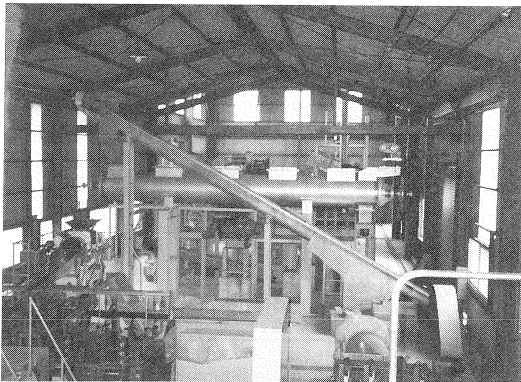


写真 4 - 5 残滓活用システム

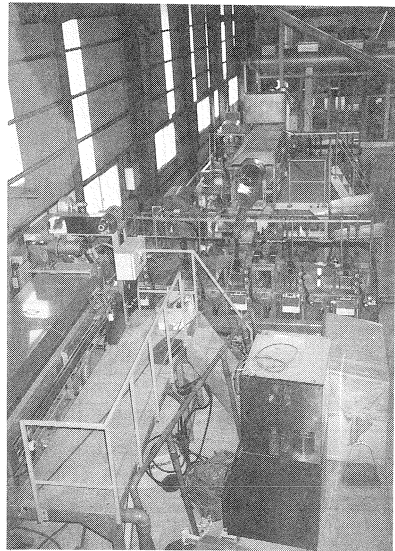


写真 4 - 4 肉質改善システム