

甘藷澱粉製造技術の合理化と排水処理法

誌名	農業技術
ISSN	03888479
著者	山村, 穎
巻/号	34巻4号
掲載ページ	p. 156-160
発行年月	1979年4月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



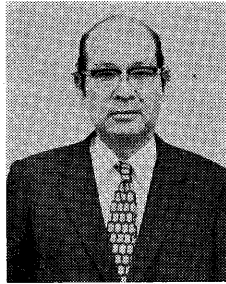
甘藷澱粉製造技術の合理化と排水処理法

—昭和53年度 農業技術功労賞受賞記 4—

山 村 穎

はじめに

私が鹿児島農試に入った昭和22年から農産加工の研究が始まった。みそ、正油、焼酎、酢、ジャム、ソース、ケチャップ等がそのスタートの品目であった。今は亡き田原寿一場長が、「お前は仕事に余り色気を出しすぎる。助平根性を出さずに甘藷だけをやれ。本県の農産加工は甘藷だよ。」と言われたことを思い出す。以来私は甘藷と30年もつきあうことになった。甘藷は安楽死するだろうというさ中に「まだ甘藷の研究をやっている馬鹿な奴がいる」等と陰口をたたかれながらも、やめることができなかつた。今にして考えれば、安い甘藷だけが本県の唯一の加工資材であったから、その他の作物を手がけていたならば今頃は消されていたに違いない。



第1図 筆者近影

甘藷と付き合ううちに私にも台風や干ばつに耐える甘藷と同じような根性ができたのかも知れない。利用加工分野では一つの作物の研究に長年もかけることは難しい。それだけに甘藷は、政治的にも、研究資材としても、奥の深い問題をかかえた作物であったといえる。

今回私は「甘藷澱粉製造技術の合理化と排水処理法の確立」という長年の研究成果に賞をいただいた。甘藷への執念が実ったものとして嬉しさがこみ上げる。その賞が、まさか私にいただけるとは夢にも思っていなかった農業技術功労賞であり、私が流通利用分野の研究者として初めて受賞したことは二重の喜びである。どうか今後とも、この輝かしい表彰の場に流通利用分野に携わる研究者が加えられることを心から願うものである。

今この誌面を借りて、甘藷30年の研究と普及の歩みの一端を受賞記として紹介させていただくことにする。

甘藷をめぐる背景

甘藷は特に鹿児島県の緯度と代表的な土壌である黒ぼくの特性、すなわち保水性や保温性によって、反収、澱粉含量も他県に追従を許さない。

甘藷は戦後は食用とされたが、その後澱粉原料の主役

として、殆どが水アメ、ブドウ糖に用いられた。しかし日本の経済発展と貿易自由化による農産物輸入枠の拡大によって、澱粉も大きい影響を受け、甘藷でん粉の独占の用途であった糖化用も、コーンスターチの液化困難性や糖液の着色等を解決する技術が開発されたことにより、甘藷澱粉は水分含量が高く価格が高いという致命的なデメリットのため、昭和38年をピークに凋落の一途をたどり、コーンスターチは飛躍的生産拡大期に突入した。昭和38年日本の甘藷澱粉の生産量が74万tで日本の澱粉の主役であった頃、コーンスターチは僅か10万tの生産しかなかったが、10年後の昭和48年には甘藷澱粉9.2万t、コーンスターチ70.6万tとなり、更に異性化糖の開発によって増加した需要増はコーンスターチに吸収され、昭和52年にはコーンスターチは94.1万tと甘藷澱粉10.4万tに大きな差をつけ、ついに日本の澱粉界の王座を奪った。

政府は輸入コーンスターチに関税をかけて甘藷澱粉の衰退に歯止めをかけたものの、季節産業という宿命的ハンディキャップもあり、とうていコーンスターチに抗しうる状態でなかった。このような状況下で甘藷澱粉の行方は全く暗く、甘藷作の壊滅、安楽死さえ予想された。政府は、フリー価格でコーンスターチと競争させることは、甘藷の壊滅につながるとして、昭和43年トウモロコシ関税割当制度の中で、無税のトウモロコシから作った澱粉を、甘藷澱粉と抱き合わせてミックス価格をつくり、ユーザーに渡すという方法が制度化された。この施策で甘藷澱粉の生産は一応安定横這いにはいるとみられたが、ぎりぎりの保証にすぎなかったことや、将来の先行不安もあって甘藷澱粉企業に見放され、企業転換工場が輩出し、甘藷生産は年毎に更に大幅な減少を続けた。

一方水質汚濁防止法に基づく排水規制が適用され、昭和47～49年の3か年の第1次暫定基準、昭和49～51年6月の第2次暫定基準を経て、昭和51年6月から一般基準に移行する告示がなされた。トウモロコシ攻勢に加え、排水規制のダブルパンチでますます甘藷の生産意欲は喪失し、澱粉も甘藷もとみに生産量を減少した。しかし昭和50年甘藷澱粉工場が零細企業で多額の設備投資ができないことから一般基準への実行は不可能とみられ、甘藷澱粉企業だけは第2次暫定基準をそのまま延長し、昭和56年6月から一般基準に移行することに変更された。他

方、鹿児島県では甘藷が他作物に比較して安定作物であり、輪作体系上必要不可欠なことが理解され、昭和49年度には甘藷に取引指導価格が設定され、基準価格と指導価格との差をユーザーと国とで負担する制度がとられ、逐年国が負担のシェアを増大した。甘藷加工流通近代化対策事業として、澱粉工場の公害施設の2/3を国と県で補助する制度が決まり、昭和53～56年の4か年間、60工場を対象として施設整備が進められることになった。

昭和52年産甘藷は稀有の気象条件に恵まれて史上最高の収穫を上げ、澱粉工場は十数年ぶりで操業率100%を超えた。このような好条件が揃ったため今まで進退を決めかねていた工場も、今後とも操業できる見通しに自信を深め、澱粉製造に意欲的に取り組むこととなった。

以上のような甘藷を原料とした澱粉生産の浮沈の中で、甘藷と澱粉は行政施策に支えられ、終戦直後昭和38年までの生産上昇期、その後の停滞期、下降期を経てようやく安定期に入ろうとしている。私がこの30年間に見た甘藷をとりまく情勢の変化の中で、甘藷澱粉工場だけは昔と変わらない規模で近代化され、季節産業で可能な範囲のささやかな投資の中で技術革新が進められ、今日を迎えた。一見粗末な工場を見てその性能を云々されるが、内容的にはかなり技術蓄積と営農指導の成果が積み上げられてきたと思う。今日残存する工場は、甘藷衰退期の風雪に耐え、苦難を乗り切った強者だけと言えよう。

私が過去30年に涉って研究のテーマに取り上げた澱粉工場対策について、澱粉の歩留り、品質の向上及び排水対策の三課題に取組んだ道程を追憶してみよう。

原料対策に取り組む

澱粉工場は、甘藷生産者から澱粉を買うのであって芋を買うのではない。つまり澱粉工場は、入荷原料の澱粉含量を予知しておくことが重大なことである。しかし甘藷は組織内に存在する多量の空気に邪魔されて、馬鈴薯のように水中中で澱粉含量を知ることができない。とすれば、澱粉含量の高い奨励品種を信頼するしかない。

こんなわけで、澱粉用原料は現在農林2号、コガネセンガン、ミナミュタカの3品種しか対象にされない。

筆者が澱粉製造の研究にスタートするに当っては、原料についても未知の問題が山積していた。つまり植付時期、収穫時期によって澱粉の歩留りはどのように変化してゆくのだろうか。芋を工場に集荷して放置した場合に澱粉含量はどのようなパターンで減少するものだろうか。腐敗させた場合はどうだろうか。県下に散在する澱粉工場の配置は、原料の澱粉含有量から見て適正なものであろうか。そしてこれらの問題の解明を踏まえて今後

の甘藷の営農対策をどのように進めてゆかなければならないか、というようなことである。当時の記憶を呼びおこして解明された事項を要約すると次のようである。

1) **掘取時期** 農林2号の澱粉歩留りについて5か年間の平均値からその傾向を見る場合、澱粉歩留りは10月掘り取りが最も高く、ピークは10月15～25日頃にあることが判明した。10月に比較して9月と11月では0.5～1%位、12月初めでは2.5～3%とそれぞれ低くなり、12月の原料を用いると不利なことが立証できた。

2) **植付時期** 早植(5月14日)と晩植(7月6日)について掘取時期を変えて求めた澱粉含量を比較すると、晩植は早植より平均約6%も低いことが示され、晩植の原料を用いることの危険性を明確にできた。このことは他の品種でも同様な傾向が認められた。

3) **芋の滞荷・腐敗** 甘藷の収穫が機械化されてから澱粉工場へ入荷する原料は11月に集中した。当然、滞荷・腐敗がおこる。そこで収穫後の経過日数と目減り、澱粉含量の減少との関係を求めた。目減りについては3日目に97%に、18日目に89%に、そして30日目に68%に目方が減少した。澱粉含量は3日目に0.3%、18日目に3.3%も減少し、その後は腐敗がなければ割に安定してくる。しかし、目減り量から試算した澱粉の損失は莫大なものである。滞荷した原料を用いると磨砕効果が低下することもわかった。新鮮な芋なら89%だが、3日目で87.7%、30日目では84%と日数を経過するにつれて澱粉抽出が困難になることがわかってきた。腐敗は大変な損失である。軟腐病の場合、健全芋に対し罹病率1/5のものは5%内外、1/3では8～9%も歩留りが低く、更に澱粉の白度は著しく下がり格別品しかできず、その損害は極めて大きいことが示された。

4) **地域的な相違** 澱粉用甘藷の政府立証歩留りは26%である。本県の工場での採算歩留りは現在27.5%位であると言われる。しかし地区によって澱粉歩留りは5%も低いところもあるから、それに見合った価格がつけられるべきである。しかしながら県内の原料を地域毎に価格差をつけることは極めて困難なことらしい。やむなく県下同一価格で取り引きが続けられた結果、図のような工場配置になってしまった。この地図で斜線に囲まれた部分は、昭和52年に澱粉工場数零になった地域で、中北部薩摩、南部大隅には今や澱粉工場は全く見られない。今後残るであろうと予想される地域は南部薩摩、中北部大隅の2地区であり、本県における甘藷適作地域がこの14年間で明確に整理されてしまった。つまり、澱粉歩留りの高い地区と低い地区、換言すれば採算の合うところと合わないところが地域的に明確に色分けされてしま

った。これは過去、澱粉を買わずに芋を買った因果関係を示したものとして興味深いものがある。

以上澱粉の歩留まり関係について述べたが、その結果はテキストとして澱粉関係者に渡され、研修がくり返され、テストまで行って原料への認識を深めていった。筆者は研修資料を次のアテンション方式でまとめた。

①12月の芋は敬遠すべし。②掘り取ったまま畑に放置した芋は好ましい原料ではない。③できるだけ新鮮な芋をすり込もう。④滞荷は絶対禁物。⑤腐敗は一番恐ろしい。⑥晩植の芋は澱粉歩留り6%減。⑦澱粉含量の少ない地区ではそれ相当の価格を決定せよ。⑧集荷する原料の澱粉含量を地区別に図示せよ、等である。澱粉業を中核とする農協では原料対策こそ利潤追求の最短距離と考え、具体的な芋作り対策に取り組み、今日模範的な存在として注目を集めているところもある。

澱粉工場の短期操業の中に以上の成果を盛り込む具体的対策として、まず早植をすすめるため、農協では育苗、苗の配布によって植え付け時期を早め、その時期を明確にとらえた。大隅農協では苗の配布率は今や35%に達し、来期は40%を目標にしている。次には操業期間2

か月間において平均した集荷体制を作り上げることである。10月初めに収穫された原料は反収が低いので当然集荷が鈍る。それで初めは反収減の一部を出荷奨励金で補なう方策がとられたが、反収を埋め合わせるほどの所得がなく、充分その効果を発揮できなかった。そこで打ち出されたのはマルチ栽培を推進する方法である。マルチ栽培は標準栽培よりも特に初期の反収が高く、澱粉歩留りが高く、初期、後期に歩留りの変動が少ないことが立証できている。マルチ栽培に対し栽培奨励金と出荷奨励金で初期出荷をすすめることによって操業初期の原料集荷の困難さを打破し、かつ初期における澱粉歩留り低下を防止できるという一石二鳥の手ごたえのある対策を、自信をもってすすめられるようになった。

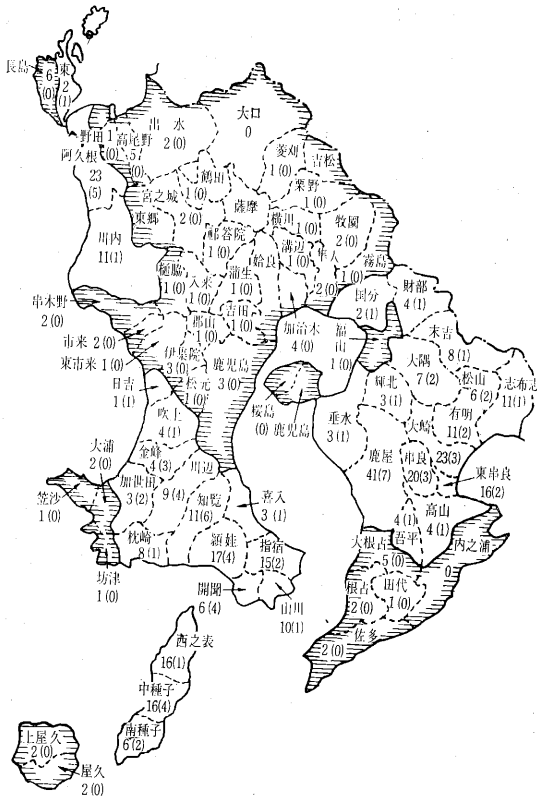
甘藷澱粉の歩留りが22%から20年を経た今日30%を超える工場もみられるようになった。この進歩は品種改良、営農対策、そして工場技術の革新によってもたらされた輝かしい成果といわねばならない。

澱粉の白度向上に取り組む

昭和27年頃より澱粉の政府買い上げ制度が実施されるようになり、1, 2等の規格が示され、それに合格したものだけが買い上げの対象となった。その中で澱粉の白度が上がらないことが重要な問題となった。原料の品種が悪いのではないかと、そうでなければ製造技術が悪いのだろうかと工場側は私どもに訴えた。

私どもがこの問題の解決を手がけたのは昭和28年頃だったと思う。私は問題解決のため、甘藷の変色成分について権威であられた名古屋大学の瓜谷郁三先生を訪れた。この時私は甘藷のポリフェノールの定量について教えを願い出たところ、先生は私に3冊のノートを持っていくように言われた。これはポリフェノールの文献とその要約であって、その後の研究に大変に役立った。終戦後のことで高性能な機器は全くなかった。しかし数年後によりやくライツの比色計を求めることができた。先生のノートの中に Arnow という人の名前を見つけ、文献を探し当て測定に用いたところ、ようやく納得のいく数値が出始めた。この方法を駆使して多数の品種のポリフェノール含量を次々に測定できた時の喜びは今も忘れることができない。澱粉の汚染機構の研究は以来昭和36年まで約8年間続け、汚染機構と白度向上対策を完成した。

この研究成果は瓜谷郁三先生、蟹江松雄先生（現鹿児島大学学長）の御指導の賜であった。この成果について昭和35年に澱粉工業学会賞を受け、36年にはその時の澱粉工業学会会長尾崎準一先生、副会長大阪大学産業研究所二国二郎先生の尽力によって学位を受けることになっ



第2図 澱粉工場数の過去と現在

注) 数字は昭和38年度, () は昭和52年度。

た。若かったその頃の張りのある、そして生甲斐のある研究生活が今にして懐しく思い出される。

かくて澱粉工場の悩みであった澱粉白度の向上対策は確立できた。ポリフェノールの少ないコガネセンガンも登場した。石灰法は本県では磨砕と篩別部位に使用しているにすぎないが、今やこの方法は甘藷澱粉製造工場極めて重要な部位を占め、これらの技術と澱粉製造機械の合理化がすすみ、今日では白度90に近迫している工場が殆どを占め、甘藷澱粉の白度は著しい向上を示した。

澱粉排水に取り組む

甘藷を8,000 t 処理する澱粉工場を例にとれば、その工場はセパレート排水だけで約50日間に320 t のBOD 負荷源を排出する。この期間内負荷量は、今日存在する食品工場の中で最大のものと考えられる。

甘藷には2~4% (平均2.8%) の糖と約1% の蛋白が含まれ、これは澱粉製造中排水の方に移行し、主なBOD 負荷源となる。BOD 負荷は新鮮な原料でも t 当り35~40kg もある。私共の初めの研究は、磨砕した甘藷から濃厚液を搾り取り、この液を濃縮し、澱粉粕と混合し乾燥飼料としてBOD の有効利用を図れば、残り僅かのBOD を浄化の対象に考えればよいということを出発した。しかしこの方法は、1日に約300m³の水を蒸発させる設備を必要とするから、その施設費は数億もかかり、燃料費も甚大で、とてもコストが合いそうにない。

BOD の除去には標準活性汚泥法を用いるのが定石だが、もし甘藷澱粉工場に本法を採用し、排水をその操業期間に浄化してしまおうとすれば、脱汁と曝気に約430 kW の動力を必要とする。この動力は現在甘藷澱粉製造に用いる総動力を遙かに上回る。しかもこの方法のため受電設備を新設して操業を行った場合の施設、償却、金利、動力費を試算すると、澱粉工場とは全く縁遠いものと考えざるを得ない。このことが澱粉業者や技術指導者に、澱粉排水対策に全く自信と意欲を喪失させ、甘藷澱粉は排水問題で壊滅するだろうと言わしめた所以でもある。

甘藷澱粉製造は季節産業で、投下資本に限界のある零細企業である。それ故に問題の解決はさらに困難を極める。要は施設費、動力費およびコストをできるだけ少なくすればよいわけであるが、これをどの位に納めるかが甘藷澱粉排水対策の唯一の命題なのである。

元来澱粉関係者の殆どは、甘藷澱粉排水は技術開発より政治的解決を優先すべきであるという考え方が根底にある。従って澱粉排水の技術に対する関心には切実さが見られない。私は澱粉製造は専門であるが、排水は未知

の分野であった。しかし排水の本格規制に間に合うようにその対策を県から依頼され、昭和49年鹿児島県甘藷澱粉対策協議会、排水対策小委員会の委員長にさせられてしまった。このことは私の研究生活の中で最も難解な問題の処理であり、その重責にとまどったことであった。ともあれ、一般規準への規制実施は目前に迫っていることであるし、やむなく引き受けてしまった格好である。

その当時と研究の進行した現在の考え方をおりませ、私がとった澱粉排水対策の基本概念を述べよう。

澱粉排水浄化対策は、一に低動力浄化システムの開発にある。具体的には過去に研究をすすめたスクリーデカンターで脱汁して脱汁から副産物を回収し、澱粉排水の根源を絶つ方法とか、デカンター脱汁後脱汁液を浄化するシステムは重設備、高動力で澱粉工場にとり入れるシステムではない。つまり副産物を回収するより浄化して捨てた方がコストが安く、更には澱粉排水をそのつど浄化して放流するよりも全部貯溜し逐次浄化を図った方がコストが安いというのが基本的な考え方である。

それでは設備投資を少なくして省動力化できる具体的対策を述べてみよう。

澱粉排水は(沈殿→貯溜→曝気浄化→沈殿)→放流の4工程を経て浄化する。沈殿池は蛋白の凝集沈殿をはかる場所で滞留期間を5日間とし、この部分でBOD の約15%を除く。貯溜は除蛋白排水を溜め込み、自然浄化をはかるところである。貯溜は沈殿池と貯溜池及び曝気池でその役目を果たすが、それには約50日分の貯溜能力が必要で、製造終了後90日も自然放置することによってBOD 負荷源の約40%以上が浄化される。つまり沈殿と貯溜の2工程で除かれるBOD は実に総BOD の50%となる。この部位は無動力でコスト零で浄化がすすむ。この自然浄化によりエアレート基数と動力費を半減できる。この3工程に要する容積は原料の5倍とする。

曝気池では容積負荷をBOD 0.5kg/m³/日とし、エアレーター(11kW)1基の排水拡散容量500m³を基本条件として設計する。曝気池は貯溜兼用であるから曝気開始時は除蛋白液をそのまま浄化せねばならないから、まず単純曝気でスタートし、一定期間後に汚泥投入、馴養、そして原水の連続浄化、沈殿放流というシステムですすめられる。沈殿スラッジは全量バックすることも可能である。放流水のBOD は約50ppmを目標とする。この部位では活性汚泥法で50日ですませるものを150日かけて曝気するとすれば、使用電力は1/3となり、電気料金は変わらないが、施設費、基本料金も1/3ですむ。つまり前2工程と合わせると大雑把に言えば活性汚泥法の1/6の動力コストで浄化をすすめることができることになる。

残された問題

(1) 上記システムは所定の容積確保ができた場合のみ可能である。従って所定の容積が求められない場合のことも考慮しておく必要がある。今8,000t工場を例にとって所定の面積を約半分に減らす条件を求めると、次表のようである。つまり求める土地が少ない程動力コストは高まることになる。

区分	沈殿池	貯溜池	曝気池	計	動力*
全量貯溜	4,000m ³	32,000m ³	4,000m ³	40,000m ³	44kW
半量貯溜	4,000	6,400	8,000	18,400	170

* 動力はエアレーター

(2) 沈殿池に溜った蛋白の処理の問題がある。耕地還元、凝集濾過、長期曝気等の対策が考えられるが、前者は悪臭が問題になるから、後二者でその対応をはかるべく検討中である。

(3) バルキングは澱粉排水にしばしばおこる現象である。しかしその原因である糸状菌を主体としてその増殖をはかれば、高メッシュ篩によって分離し、無色透明な液に浄化することも可能である。

(4) 澱粉排水の栄養バランスでは特にリン、チッポが少い。排水にこの薬品を添加するとかなりのコスト高になるので、これは馴養段階のみに使用することをすすめ、その後は無添加でも小規模実験では可能であった。

(5) 貯溜池での悪臭発生が周辺住民の苦情をまねく心配もあり、悪臭防止剤の散布等今後の対策も望まれる。

(6) 浄化対象排水はセパレーター排水のみを対象とする。現在その量は原料の8~10倍であるが、このシステムは節水方式澱粉製造方式を用い原料の5倍としている。従って節水方式澱粉製造システムの現地工場実験が急がれる。以上のシステムによって工場は目下施設整備をすすめているが、その運転操作技術は残る2か年間で習得できるよう指導をすすめてゆく必要がある。

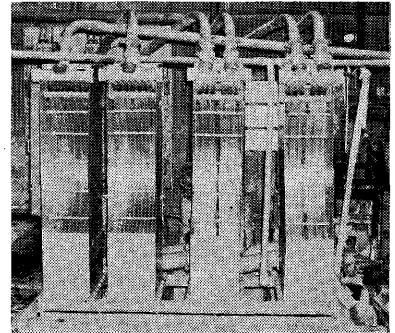
おわりに

このたびの受賞で、私が甘藷澱粉製造や排水対策に取り組んだ30年の懐かしい思い出が蘇る。もう30年も前になるが、澱粉製造技術の指導のため中央から派遣された佐蔵敬夫先生(東京教育大)、大野幸美氏、後藤富士雄氏等の薫陶によって、私は澱粉製造技術に並々ならぬ興味を抱いた。今は亡き福岡一三氏と桑幡一郎氏の各先輩に澱粉製造について教わる所が多かった。原料面では坂井健吉技官の御指導を得た。この頃は農林省食糧研究所鈴木繁男先生をはじめとして、各県農試や農産加工指導

所に甘藷澱粉の研究者がたくさんおられ、製造技術や澱粉の特性について賑やかな討論ができて楽しかった。

澱粉工業学会では各地域に支部があって、それらの支部活動として澱粉業界の夏季大学が催された。その創始者は武井仁氏であった。鹿児島支部のこの会では300~400名も集まり、澱粉業界華やかなりし頃の思い出が今脳裏を去来する。おかげで私もいつの間にか澱粉工場の設計技術を体得し、県内近代化工場の建設や改造に取り組んだ。

第3図は、そのころ私が新しく工場にとり上げたシーブバンドである。改修工事を受け持った吾平農協工場もその後の実績によって、澱粉品評会で天皇杯を受けた。澱粉製造の近代化に取り組んだ頃の多忙な、そして人に信頼される喜びを味わった時代であった。



第3図 甘藷澱粉工場にとり上げたシーブバンド(輝北町農協澱粉工場)

甘藷澱粉の凋落期に入ってより、全国の試験研究機関の殆んどは澱粉を中止して他の品目に鞍替えしたが、私は次のテーマ「澱粉排水対策」に取り組まねばならなかった。これは鈴木繁男所長(現食品総合研究所)が中心となり、農林省無公害澱粉製造技術研究会や澱粉排水研究会によって馬鈴薯、甘藷澱粉排水対策の方向づけについて世話役をされた。

私は甘藷澱粉を担当したが、この会を通じて知り合った方々によって学び、励まされ、そして今日の方向づけができたものとする。一方では、幸いにして私の30有余年間にわたって公私共に援助してくれたすぐれたパートナーに河野主任研究員がいた。更には私は58歳の今日に到るまで研究生生活を続けることができた。これらの私の置かれた恵まれた環境と私に協力いただいた先生、諸先輩方々の御協力が、今日の表彰に結びついたものと信ずる。

今、これらの方々と、ここに思い出の中に残る沢山の方々に、そして私をこの賞の候補に推挙して下さった鹿児島農試岡場長と各部長に、心から厚く感謝の意を表します。(やまむらえい 鹿児島県農業試験場研究参事兼農産加工部長)