

# 福山米酢の発酵経過に関する調査研究

食品工業部 吉村浩三\*, 岩屋あまね, 下野かおり, 間世田春作

## Study on Fermentation Progress of Fukuyama Rice Vinegar

Kozo YOSHIMURA, Amane IWAYA, Kaori SHIMONO and Shunsaku MASEDA

鹿児島県福山町で伝統的手法により製造されている福山米酢について、品質の安定化を目的として発酵経過を検討した。製造企業7社について仕込みから約4ヶ月間の成分変化等を調べた結果、糖化、アルコール発酵、酢酸発酵の経過は、大きく分けて2つのタイプに分けられることがわかった。また、これらのタイプは、糖、アルコールの生成速度および酢酸発酵の始まる時期で特徴づけられた。また窒素分は酢酸発酵の良否とは関係がなく増加し、アミノ酸量は全窒素よりも各社の較差が大きかった。

### 1. 緒言

鹿児島県始良郡福山町で250年以上昔から伝統的手法で製造されている福山米酢は、現在では近隣市町を含め約10社で製造されているが、最近その機能性が注目されるようになり、大きく需要が伸びている。

福山米酢は、野外に置かれたひとつの瓶(カメ)の中で、糖化・アルコール発酵・酢酸発酵が行われ、少なくとも1年以上の熟成を行って製造することを特徴としている。そのため発酵管理が難しく順調に発酵しないものも見られることから発酵不良を極力抑えることが急務となっている。

福山米酢の研究は15~30年前に当センター及び他の研究機関で行われているが<sup>1)~3)</sup>、対象とした企業が2社に限られ(後述のB社、G社)、さらに詳細なデータはG社に限定されている。また、研究内容は酢酸発酵の効率化および香味成分や関連微生物に関するものである。

現在の福山米酢の発酵不良の原因は、産膜酵母等の雑菌の増殖および酢酸発酵の不良が主なものである。また福山米酢の特徴のひとつは、他の醸造酢とくらべてタンパク質、アミノ酸が多いことがあげられており、発酵不良を少なくしタンパク含量を多くすることが品質の安定化と向上につながるものと考えられる。

そのためには、福山米酢の発酵過程を全社について把握し、その問題点を抽出する必要がある。そこで、福山米酢の品質安定化を目的とし、各社の発酵の現状を把握するため、発酵経過を調査検討したので報告する。

### 2. 実験方法

#### 2.1 試料の採取

福山町、隼人町の製造企業7社に協力を依頼し、2回の調査を行った。

1回目は1999年5月28日仕込み分(春仕込み)で、上記7社中2社(A社、B社)を対象に2カメずつ、2回目は同年10月12~22日仕込み分(秋仕込み)で上記7社(A~G社)を対象に1カメずつ調査した。

各社の仕込み当日に試料採取用のカメを選択し、それ以降一定期間おきに試料を採取した。

カメの容量は50~60ℓ、一般的な仕込み配合は、原穀として麹3kg、米6kg、水30ℓであった。

試料採取は、原則として0、3、7、10、30、60、90、120日目に行い、試料採取はカメ中の液面中心より15cm下のところから約50mlを採取した。

#### 2.2 分析項目及び分析方法

採取した試料について、酸度測定、有機酸分析、全窒素(T-N)ホルモール窒素(F-N)、グルコース、エタノールの定量を行った。また、一部は微生物の組成も調べた。各分析法は下記のとおりである。

酸度：アルカリ滴定法(酢酸濃度として表記)

有機酸分析：有機酸分析装置(Shodex製LCDG-1)

T-N：ケルダール法(自動分析装置-三田村理研工業(株)製ケルオート)

F-N：定法(ホルマリン添加による滴定法)

グルコース、エチルアルコール：液体クロマトグラフ(日本分光(株)製)、カラム-Shodex S801、移動相-水

酵母数：クロラムフェニコール含有YPD培地による平板培養

乳酸菌数：カピサイシン含有BCP加プレートカウント寒天培地による混釈培養

酢酸菌数：カピサイシン含有中川培地による混釈培養

温度変化：サーミスタ自記温度計により測定

\*企画情報部

3. 結果及び考察

3.1 福山米酢の製造方法について

一般的な福山米酢の製造方法は次のとおりである。

すなわち図1に示したとおり、麴米3 kg, 蒸し米6 kg (いずれも原穀として), 水30 lを約50~60 l容のカメに入れ, 乾燥した麴米(振り麴)を少量浮かべ野外で放置する。発酵中は適宜雑菌等による汚染を監視する。

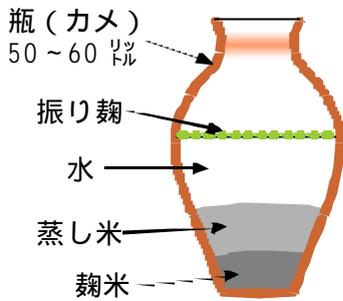


図1 福山米酢の仕込み

福山米酢の発酵中の成分変化については, 一般的には図2に示したような経過をたどるとされている<sup>2)</sup>。すなわち, 最初に麴による米の糖化が起こりグルコースが増加し, 次に酵母がグルコースをアルコールに変える。最後に酢酸菌がアルコールから酢酸を生成するという経過である。このように, これら3種類の発酵が同じカメの中で並行して進行するのが福山米酢の特徴である。

また, 振り麴は数日で菌糸が伸びて蓋状となり雑菌の繁殖を抑制する役割を持っている。

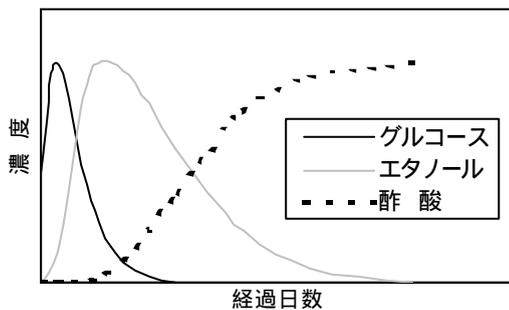


図2 福山米酢の発酵経過(模式図)

3.2 春仕込み(5月)の分析結果

春仕込み分の試料採取は, 前記7社の中からA, B2社について, 各社2本のカメを選択して行った。

結果を図3から図9に示した。ここでA1, A2はA社, B1, B2はB社のカメからの試料を示した。

3.2.1 pH, 酸度

図3に示したとおり, 仕込み当日から3日目にはpH 3.5~4まで低下していた。また, 酸度は図4に示したとおり

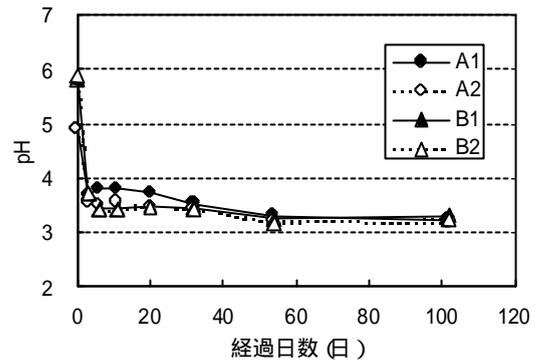


図3 pHの経時変化

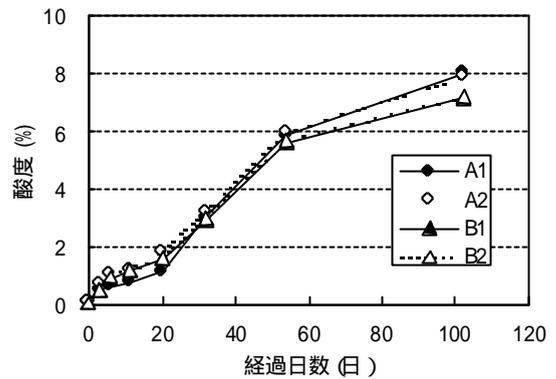


図4 酸度の経時変化

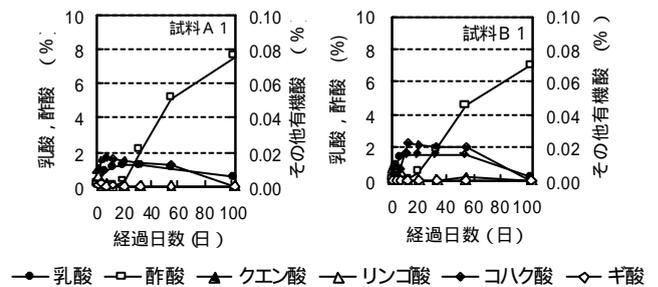


図5 有機酸の経時変化

仕込み後20日を境に2段階に増加しており, このときの有機酸組成をみると図5に示したように, 発酵初期に1~1.5%の乳酸及び少量のコハク酸が生成していた。このときの乳酸菌数は図6に示したように約 $10^8$ 個/mlになっており, 発酵初期に急激に乳酸酸性となり雑菌の繁殖を防ぐ重要な因子となっていることが示唆された。

酸度は一般的に7~8%が最高濃度であるが, A, B両社とも約4ヶ月でその濃度に達していた。しかし乳酸は2ヶ月を過ぎると徐々に減少し, 4ヶ月では約0.5%まで減少した。

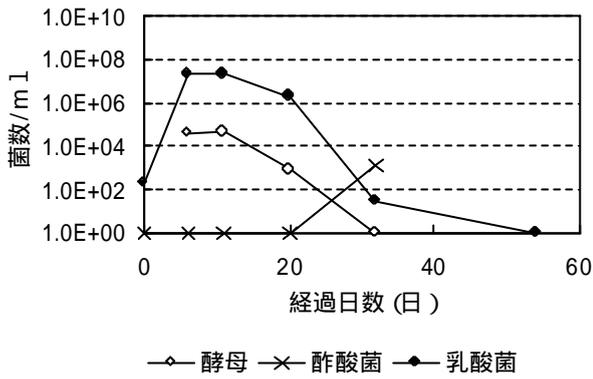


図6 微生物の菌数変化 (試料A1について)

### 3.2.2 糖, アルコール

グルコースおよびエタノールについての経時変化を図7に示した。

両社間には初期の変化に大きな違いが見られた。すなわち、通常B社のように、米中のデンプンが麹により糖化されグルコースが増加する期間が見られるはずであるが、A社ではグルコースが当初から高く、直ちにアルコール発酵が始まっていた。

ただし初日はまだ米の糖化は始まっておらず、検出されたグルコースはほとんど麹中のものと考えられるが、A社初日のグルコース濃度は、麹量から考えて高すぎる値であ

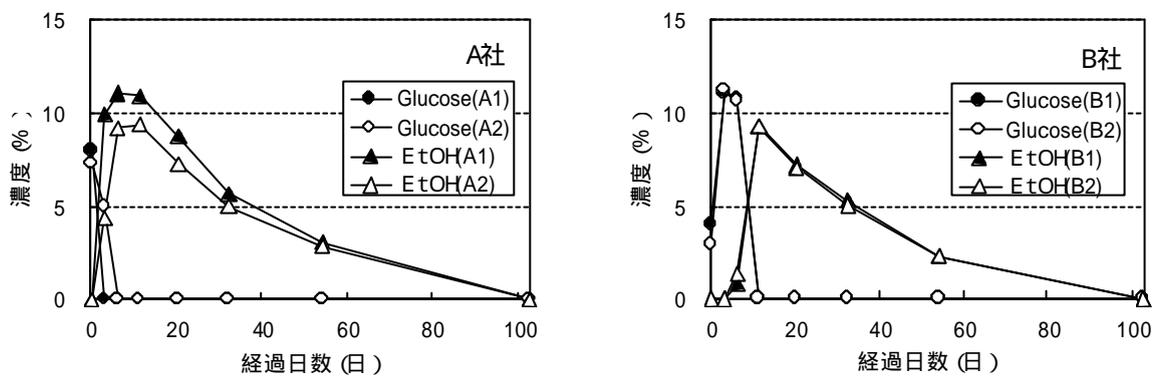


図7 グルコースおよびエタノールの経時変化 (左: A社, 右: B社)

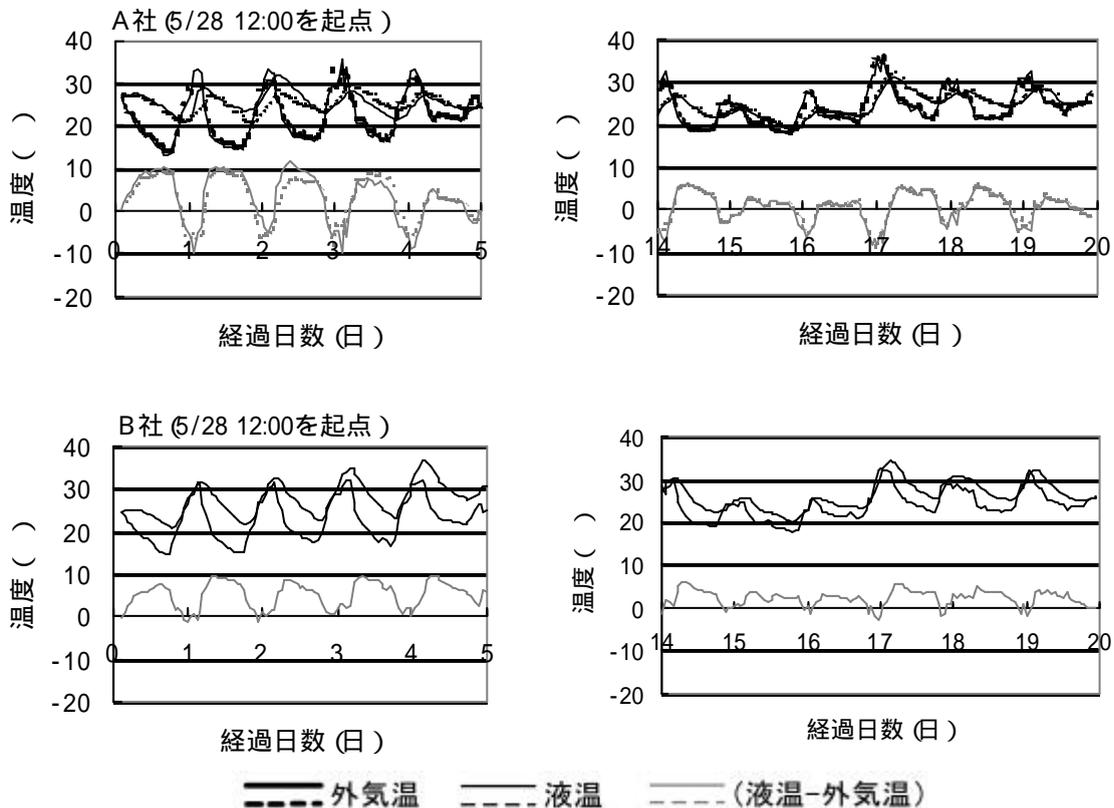


図8 外気温, カメ中の液温の経時変化 (上: A社, 下: B社, 左: 0~5日目, 右14~20日目)

る。初日だけは麹および米のかさが大きく試料採取位置がその中にあることから麹が多い部分から採取したものと想われた。

A社のアルコール発酵の立ち上がりが速い理由としては、酵母のアルコール生成能が高いか、初発の酵母数が多いことが考えられるが、初日の酵母数は多量の麹菌胞子のために定量できなかつた。

3.2.3 温度経過

発酵には温度も重要な因子であるため温度の経過を検討した。

図8に0～5日目、14～20日目の外気温、カメ中の液温の変化を示した。ただし温度センサはカメと同様黒色で、日よけを付けていないため日光の影響も受けている。

外気温については、約3 km 離れているA、B両社ともほとんど同様の温度経過であるが、液温については差が見られた。すなわち液温と外気温の差について1日における格差がA社は最大で約18、B社は約10であった。これはA社の方が液温の変動が少ないため、カメの厚さ及び色により外気温の影響を受けにくくなっているものと思われた。

また、5日前後までは外気温に対して液温が高い部分が多く、アルコール発酵による発熱によるものと思われる。このときの最高液温は、A社で31.6（2日目）、B社は36.6（4日目）であった。

この測定期間は6月の初旬、中旬であるが、1日で外気温の格差が15に対して、液温は約10格差であることがわかつた。また液温はほぼ20～30の範囲であり長期発酵に適した温度であった。

3.2.4 T-N, F-N

液部のT-N, F-Nの経時変化を図9に示した。ここでF-Nは総アミノ酸量の指標として示している。

A社では2検体の間に若干差が見られたが、最終的には4検体とも同様の値を示した。経時変化としては、T-Nが2ヶ月ではほぼ安定するのに対して、F-Nは102日目でもまだ増加の傾向があつた。

B社もA社と同様の経時変化を示したが、発酵経過は不良であつた。すなわち通常乾燥している振り麹の表面が20日目頃から湿潤した状態となり、産膜酵母による不快臭を発するようになった。製造担当者からは振り麹の乾燥が不十分だつたことが原因と報告された。しかし、図9のT-N, F-Nの量、図4の酸度にはその影響はほとんど認められなかつた。つまり不快臭が強く品質の悪いものでも、基本成分の変化から見た発酵経過としては、異常は認められない場合があることがわかつた。

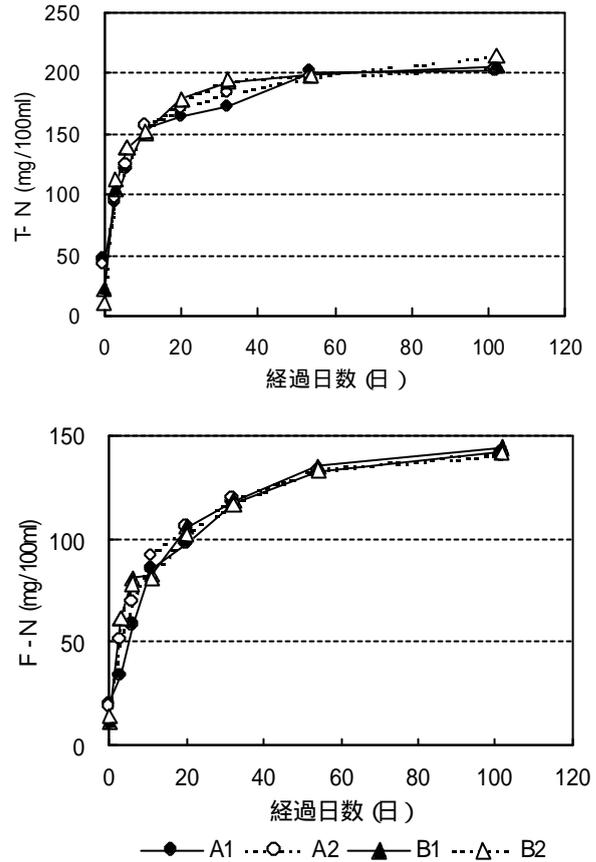


図9 T-N, F-Nの経時変化

3.3 秋仕込み(10月)の分析結果

福山米酢を製造する7社について各1カメを試料として発酵経過を調べた。この仕込み試験では、B、E2社が4ヶ月後も酢酸濃度が上がらず発酵不良となつていた。この2社では試料ということで雑菌の発生に対する処置を故意に行わなかつたとのことであり、それが原因と考えられた。

G社の過去のデータと今回のデータは同様の結果を示した。

3.3.1 アルコール, 糖, 酸度

図10に代表的なパターンとしてA, C, D, G社の経時変化を示した。

これらは大きく次の2つのタイプに分けられた。

初期にアルコールが急激に生成し、その後徐々に減少するもの。(A, G社)

アルコールの生成が穏やかに始まるもの。(C, D社) これらを糖化, アルコール発酵, 酢酸発酵に分けて見るとでは糖化が早く終了するためアルコールの生成速度が大きくなつている。特にA社では糖が検出される時間がないほど速やかにアルコール発酵に移行していた。また酢酸の生成が早くから始まるのもこのタイプの特徴であつた。

このタイプはそれとは逆に糖量の増減が緩やかでアルコールの生成も穏やかであつた。しかも酢酸生成が2ヶ月後

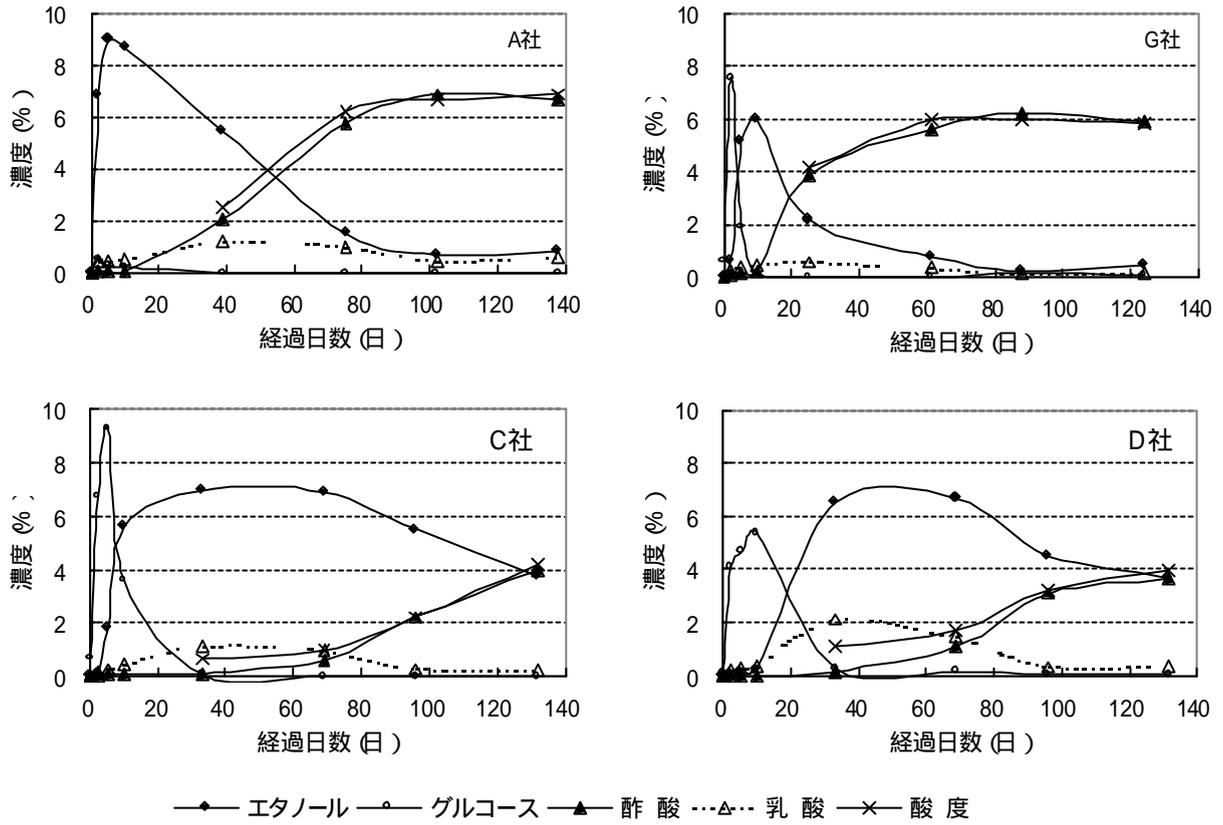


図10 各社の試料の成分変化 (A, G, C, D社)

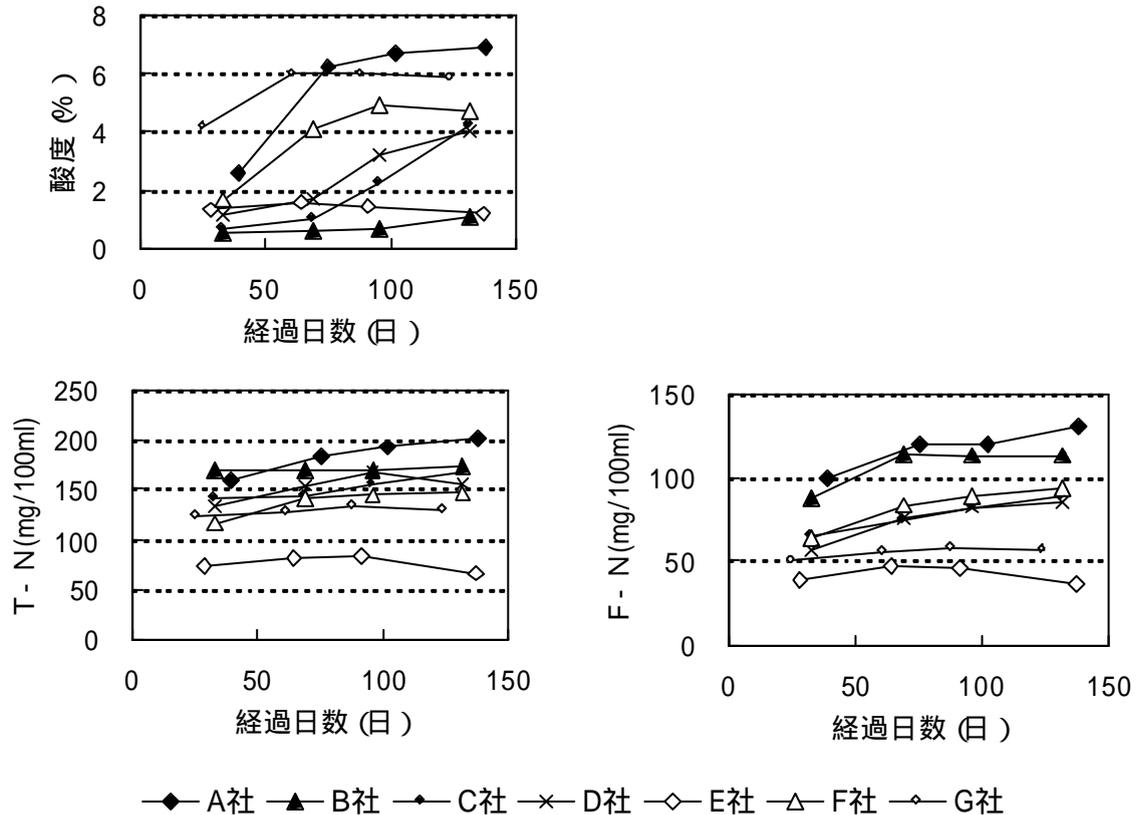


図11 酸度, T-N, F-Nの経時変化

以降に始まるため長期にわたりアルコールが存在していた。

しかし、いずれのタイプでもアルコールの減少と酢酸の増加は対称的に変化しており、複雑な微生物叢で<sup>3)</sup>長期間発酵するにもかかわらずアルコールから酢酸への転換は順調に行われていた。

一般的に酢酸は有機酸の中でも最も静菌力が強いので酢酸濃度が2%以上になるとほとんど雑菌の発生がなくなる。このタイプでは1ヶ月以内に酢酸濃度が2%に達するのに対して、では2~3ヶ月を要していた。福山米酢業界では酢酸濃度が最大値となるには半年かかると言われており、このことは福山米酢全体としてはこのタイプが多いことを示唆していた。

このように酢酸の生成が遅くなる理由としては、糖の消費が遅くアルコール発酵の期間が長いのか、酢酸菌の発酵能力によるものか、あるいは酢酸菌のアルコール耐性が弱いことなどが考えられた。これらの点については今後酵母菌の特性も含めて検討する必要がある。

### 3.3.2 T-N, F-N

図11に結果を示した。前述のようにB, E社は酸度の上昇が不十分であり発酵が不良に終わっていることがわかった。その中でもE社はT-N, F-Nにおいても極めて低い値となっている。これはE社の麹の製造法が他社と異なることが原因と考えられたことから、以後の考察からは除外することとした。

今回の試料では酢酸発酵の経過に各社大きく違いが見られたが、酢酸発酵とT-N, F-Nの間には関係は見られず、タンパク質分解に係る酵素反応が酢酸濃度には影響を受けていないことがわかった。

春仕込みの結果と同様に、T-Nについては130日くらいまでに増加もほぼ横這いとなり、大きな増加は1ヶ月までに終わっているものと考えられた。また、F-Nは130日後でもまだ増加傾向が認められた。A, B社については春仕込みとほとんど同様の値であり季節による変動は認められなかった。

T-NとF-Nを比べるとE社を除き明らかにF-Nの方が各社の較差が大きかった。発酵液中の窒素源は原料米しかないことから、麹のプロテアーゼによる原料米タンパク質の可溶化は速やかに起こるが、アミノ酸への分解は酵素力等により異なってくるものと考えられた。

T-Nについてはほとんど原料中の窒素量が反映されるものと考えられるが、各社の申し出による原料使用量から計算したT-Nはいずれも約300mg/100mlであり今回の分析値とは大きく異なっていた。福山米酢は基本的に静置発酵であるため液部と固形部のT-Nが異なること、原料中のタンパク質の可溶化が完全に行われないことが原因として考えられるが今後詳細な検討が必要である。

## 4. 結 言

福山米酢製造7社について品質の安定化を目的として発酵経過の現状を調査した。その結果、次のことが明らかになった。

- (1) 発酵初期の乳酸菌の増加により液性が急激に酸性化した。
- (2) 発酵経過は大きく2つのタイプに分けられ、糖化の速さ、アルコール生成の速さ、酢酸発酵の開始時期が主要な要因であった。
- (3) 発酵中の液温は外気温より大きく上回ることはなかったが、アルコール発酵時において有意に温度の上昇が見られた。
- (4) T-N, F-Nの量は、酢酸発酵の良否とは無関係であり、F-NはT-Nより各社の較差が大きかった。

## 参 考 文 献

- 1) 東 邦雄, 水元弘二, 他: 昭和48 鹿児島工試年報, 20, 58 (1973)
- 2) 東 邦雄, 水元弘二, 他: 昭和53 鹿児島工試年報, 25, 64 (1978)
- 3) 円谷悦造, 正井博之: 発酵工学, 63(3), 211 (1985)