

本格焼酎の品質向上と酵母育種に関する研究

工藤, 哲三

<https://doi.org/10.11501/3088191>

出版情報 : 九州大学, 1991, 博士 (農学), 論文博士
バージョン :
権利関係 :

本格焼酎の品質向上と
酵母育種に関する研究

工藤哲三

1991

①

本格焼酎の品質向上と
酵母育種に関する研究

1 9 9 1 年

工藤哲三

目 次

	頁
緒 章	1
第 1 章 本格焼酎製造用水の水質	8
1.1 緒 言	8
1.2 実 験 方 法	10
1.2.1 試料採取場所	10
1.2.2 分析法	10
1.3 結 果	10
1.3.1 各地域の帯水層の概況	10
1.3.2 井戸の深度分布	16
1.3.3 各地域の水質	16
1.3.4 各地域の水質成分の特徴	23
1.4 考 察	30
1.5 小 括	32
第 2 章 本格焼酎醪の蒸留条件の設定	34
2.1 緒 言	34
2.2 実 験 方 法	36
2.2.1 減圧蒸留試験法	36
2.2.2 還流機能を有する蒸留機による蒸留 試験法	36

2.2.3	活性炭処理試験法	39
2.2.4	成分分析法	41
2.3	結 果	42
2.3.1	減圧蒸留における蒸留結果	42
2.3.2	還流機能を有する蒸留機における蒸留結果	48
2.3.3	活性炭処理による蒸留液成分の変化	62
2.3.4	苦味物質イポメアマロンの除去	66
2.4	考 察	71
2.5	小 括	72
第3章	焼酎酵母野生株の性質と判別法	74
3.1	緒 言	74
3.2	実 験 方 法	76
3.2.1	使用菌株	76
3.2.2	酸性ホスファターゼ活性の測定法	76
3.2.3	寒天プレート上での酸性ホスファターゼ活性の検出	77
3.2.4	α -メチルグルコシドを糖源とする TTC染色法	77
3.2.5	野生酵母の分離と同定	78
3.2.6	生活環の決定	80
3.3	結 果	81
3.3.1	宮崎酵母の酸性ホスファターゼ活性	81
3.3.2	α -メチルグルコシドを糖源とする TTC染色	85

3.3.3	焼酎醪中の野生酵母の検出	85
3.3.4	差しもとによる宮崎酵母の純度の変化	87
3.3.5	野生焼酎酵母の同定	91
3.3.6	野生焼酎酵母の生活環	92
3.4	考 察	97
3.5	小 括	99
第4章	焼酎醪中のキラ酵母の分離と性質	101
4.1	緒 言	101
4.2	実 験 方 法	101
4.2.1	使用菌株	101
4.2.2	キラ酵母の分離	102
4.2.3	分離したキラ酵母の同定	102
4.2.4	キラートキシンの活性測定法	102
4.2.5	キラ活性に与える培養温度とpHの影響	104
4.2.6	キラートキシンの生成と安定性に及ぼすグリセリンの影響	104
4.2.7	キラ酵母の相互作用によるキラタイプの分類	105
4.2.8	二重鎖RNAのアガロースゲル電気泳動	105
4.2.9	キラ酵母のキュアリング試験	106
4.2.10	発酵試験	107
4.2.11	混合培養試験	107
4.2.12	比増殖速度の測定	107
4.3	結 果	107
4.3.1	キラ酵母の分離	107

4.3.2	キラ酵母 B-86 株の生理学的諸性質	109
4.3.3	キラートキシンの生成条件	112
4.3.4	キラートキシンの活性に与える温度と攪拌の影響及びグリセリン添加の効果	112
4.3.5	キラ酵母 B-86 株のキラータイプ	117
4.3.6	キュアリング試験	121
4.3.7	発酵試験	123
4.3.8	キラ酵母 B-86 株と焼酎酵母の混合培養試験	123
4.4	考察	126
4.5	小括	128
第5章	優良キラ焼酎酵母の造成及びその遺伝・育種と実用化試験	130
5.1	緒言	130
5.2	実験方法	131
5.2.1	使用菌株	131
5.2.2	Cell to spore mating 法による焼酎酵母のキラー化	131
5.2.3	細胞質導入 (cytoduction) 法による焼酎酵母のキラー化	133
5.2.4	4分子解析	135
5.2.5	DNA 含量の測定	135
5.2.6	二重鎖-RNA のアガロースゲル電気泳動	136
5.2.7	発酵試験	136
5.2.8	中間工業規模による焼酎仕込試験	136
5.2.9	工業規模による焼酎仕込試験	137
5.3	結果	137
5.3.1	Cell to spore mating 法によるキラー酵母の造成	137

5.3.2	細胞質導入 (cytroduction) 法による 焼酎酵母のキラー化	140
5.3.3	キラー焼酎酵母による発酵試験	145
5.3.4	キラー焼酎酵母と野生酵母の混合培 養試験	149
5.3.5	中間工業規模による焼酎仕込試験	149
5.3.6	工業規模による焼酎仕込試験	151
5.4	考 察	155
5.5	小 括	157
終 章		159
謝 辞		165
参 考 文 献		166

本格焼酎の製造法は、東南アジアとの交易を通じて15世紀に琉球に伝播した蒸留酒の製造法¹⁾が16世紀には薩摩に伝わり改良されてきたが、他の酒類に比較すると本格焼酎製造の歴史は浅く、明治40年頃に現在の製造法の原型に至ったと言われている。酒税法上の焼酎乙類²⁾に分類された本格焼酎は、昭和50年頃までは主に南九州で生産され消費されていたに過ぎなかった。その後全国的規模の消費に拡大されて、本格焼酎製造は10年余りで約3倍の205,000kl³⁾を生産する南九州の重要な産業に急成長している。

本格焼酎の製造は、まず米や麦を蒸煮し、これに黒麹菌 (*Aspergillus awamori*, *Aspergillus usami*)⁴⁾ や白麹菌 (*Aspergillus luchnensis*の白色変異株)⁵⁾ を接種し製麹を行う。この麹に水と培養酵母を添加し麹菌の生産したクエン酸酸性下で一次醪(酒母)を造り、さらに甘藷、米または麦等の澱粉質を掛原料として使用した二次醪でエタノール発酵させる。発酵終了後、単式蒸留機による蒸留を経てエタノール濃度20~25%(V/V)の蒸留酒として製品化される。これまで泡盛に使用されていた黒麹菌による製造法⁶⁾が導入され、黄麹菌による製造法に比べて安全性が飛躍的に向上したような著しい製造技

術の発展も数多く行われてきた。しかし種々の澱粉質原料を使用し、微生物の能力を利用し、かつ蒸留技術を組み合わせた本格焼酎醸造においては、それぞれの工程について研究し、検討しなければならない要素や課題が数多く残されている。本論文では本格焼酎の品質の向上を目的として、製造上の特に重要な製造用水、蒸留法及び焼酎酵母の育種について追究した。

焼酎製造用水は酒質を決定する重要な要素であるにもかかわらず、焼酎の主産地である鹿児島県や熊本県などの他県における水質に関する報告は散見するにとどまる^{7,8)}。地質学上西南日本外帯と呼ばれる九州山地を中心とする地帯は、主に秩父帯四万十帯の堆積岩よりなる不透水基盤上に帯水層が存在する⁹⁾。また、阿蘇火砕流やシラスと呼ばれる始良火砕流は広範囲に地形及び地下水に影響を与えている¹⁰⁾。宮崎県は地質的に北部は阿蘇火砕流の影響を受け、南西部はシラスに被われているなど鹿児島県や熊本県と類似点が多い。そこで焼酎製造用水の水源のモデルとして、宮崎県内に散在する50余りの焼酎工場の水質調査を行い、水質の特徴を明らかにした。

本格焼酎の蒸留は単式蒸留機により行われる。ウイスキー製造において実施されている粗留液を再度蒸留する再留法¹¹⁾は、エタノール濃度の規制があり採用できな

い。従って蒸留は通常一回のみであり、加えて他の蒸留酒のように櫛樽を使用した長期の熟成には着色度の制限がある¹²⁾。それ故に酒質を向上させるための蒸留技術の改良は重要な課題である。発酵の終了した熟成醪を蒸留する際直接蒸気を蒸留缶に吹き込む常圧蒸留では、加熱蒸気による二次生成物が留液中に留出し、焦臭が留液に付与されることがある¹³⁾。また油臭の原因となるリノール酸エチル等の高級脂肪酸エステルの留出量も多い¹⁴⁾。減圧下で蒸留を行う減圧蒸留法¹⁵⁾は常圧蒸留法に比べ低温で蒸留を行うので、上記の欠点が改善され酒質の向上が期待できる。還流機能を有する蒸留機は、連続式蒸留機の使用が認められない本格焼酎の製造にとって、従来の蒸留機より蒸留歩合の向上や香味成分の濃縮などの効果が期待できる。この減圧蒸留機及び還流機能を有する単式蒸留機による蒸留試験を、製造規模の蒸留機を用いて行い、蒸留条件を設定した。さらに単式蒸留においては、原料選別の不徹底などにより、製品に好ましくない影響を与える成分も留出する。甘藷は黒斑病菌(*Ceratomyces fimbriata*)に感染すると、甘藷中にイポメアマロンを主体とするフラノテルペン類が蓄積する¹⁶⁾。これらは焼酎に苦味を付与し、蒸留では分離除去ができない¹⁷⁾。そこで活性炭を用いて、この苦味物質の吸着

除去を試みた。

次に、焼酎醪に混入して来る野生酵母の検出法について検討した。微生物を用いる発酵生産工程においては、微生物管理技術の徹底・確立・改良は欠かせない重要なことである。清酒醸造においては酵母の純度検定にTTC染色法^{18, 19)}が確立され、添加した培養酵母と醪中に混入してくる野生酵母の判別が可能になり醪管理及び酒質設計に大きく寄与している。清酒同様開放系の発酵を管理する焼酎醪においても、野生酵母が混入し添加された培養酵母と競合していると考えられる²⁰⁾。醪中の野生酵母の判別法は、エタノール収量の安定化や醪の微生物管理及び酒質設計上必要である。しかし焼酎醪中に混入した野生酵母については、培養酵母との判別法がなく、清酒で用いられているTTC染色法は、焼酎醪における微生物管理には適用できない²¹⁾。宮崎県下の焼酎醪より昭和27年に分離された宮崎酵母²²⁾は、現在多くの工場で使用されているが、他の焼酎製造用酵母と異なり高リン酸培地において酸性ホスファターゼ活性^{23, 24)}が認められない。この性質を利用することによって、野生酵母の識別が可能になると考えられた。また、TTC染色法では焼酎醪中に検出される酵母は赤色に染色されるが、炭素源をグルコースから α -メチルグルコシドに置き換え

て培養し²⁵⁾TTC染色を行うと焼酎醪中の酵母は赤色や白色に染色されることが分かり、この性質も野生酵母の検出に応用した。清酒酵母ではヘテロタリズム株が多く²⁶⁾、²⁷⁾、焼酎酵母ではHo型ホモタリズム株が大部分である²⁷⁾と報告されているが、焼酎酵母の生活環についてはまだ不明なことが多く検討の価値があると考えられた。

BevanとMakowerが酵母間のキラー現象を発表したのは1963年のことである²⁸⁾。その後国内においてもキラー酵母の存在が確認された。特に清酒²⁹⁾及びワイン野生酵母³⁰⁾より高頻度で検出され、野生酵母による醪の汚染も、野生酵母のキラー性の観点から再検討された。この現象はRNAウイルス様因子の一種によって引き起こされ、ウイルス様因子を保有する細胞はキラーとなり、キラートキシンの生産能とキラートキシンに対する免疫性を獲得している³¹⁾。キラー酵母はその後の研究でKluyveromyces lactisより線状DNAプラスミド³²⁾が、また、Saccharomyces cerevisiaeより、キラートキシンをコードする遺伝子が染色体上に存在するキラー酵母も検出された。しかし焼酎醪については今までキラー酵母の検出事例はない³³⁾。S. cerevisiaeのキラートキシンをコードする二重鎖RNAは、高温培養により脱落しキラー性を失う³⁴⁾ことが知られており、17℃以下で発酵が管理さ

れる清酒醪に対し、焼酎醪では醪の温度が30℃を超えることもありその存在は疑問視されてきた。ところが焼酎醪より野性酵母の検索過程において、培養酵母の添加直後から野性酵母の異常に多い醪が検出された³⁵⁾。そこでこの醪より分離した酵母のキラー性について検討した。

さらに、これまでほとんど手のつけられていなかった焼酎酵母の育種を試みた。焼酎酵母はホモタリズム酵母³⁶⁾なので、子嚢胞子が増殖時に自動的に倍数化する。

それ故、倍数化する以前に子嚢胞子と異なる接合型の細胞をマイクロマニプレーター下で接合させなければ雑種細胞は得られない。一方、細胞融合法は性的障害や種の領域を超えた育種が理論的に可能であり³⁷⁾、新しい育種法として研究が進展している。Wallin及びEriksson³⁸⁾が、高等植物における細胞融合にポリエチレングリコール(PEG)が有効であることを報告して以来、PEGは微生物の領域にも急速にとり入れられた。GungeとTamaru³⁹⁾は、Saccharomyces酵母では、細胞融合法によって核及び細胞質の融合した安定した雑種が得られることを遺伝学的に証明している。焼酎製造におけるエタノール収量及び品質の安定化を目的として、焼酎酵母にRNAプラスミドを導入しキラー化することにより、野生酵母を排除することを企図した。その際焼酎酵母としての優良形質

が損なわれることをできるだけ避けるために、キラ親株としてキラプラスミドを細胞質に保有した核融合欠損株 (kar)⁴⁰⁾ を使用した。キラ性 kar 株と焼酎酵母との核融合による雑種化を避け、キラ形質のみを焼酎酵母に導入した。キラ形質として K_1 ⁴¹⁾ 及び比較的耐熱性のあるキートキシンを生産する K_2 ⁴²⁾ キラプラスミドを選んだ。育種法としては性的接合法である Cell to spore mating 法及び細胞質導入 (Cytoduction) 法を用いた。キラ化した焼酎酵母を用いて、実用化のための試験醸造を中間工業規模及び工業規模で実施し、醪の発酵経過及び蒸留液の官能評価で良好な結果を得ることができた。以下に得られたこれらの次第を詳細に論述する。

第1章 本格焼酎製造用水の水質

1.1 緒言

食品製造業では、水は製品の品質に直接影響を与える重要な因子であり、とりわけ酒類製造については水質が酒質に与える影響は大きい。蒸留酒である本格焼酎は製品の75%前後が水であり特に良質の水が要求される。

焼酎製造においては原料等の洗浄や仕込水、蒸留を行う際の冷却水及び原酒を希釈する際の割水用水等に、多量の水を使用する。表1-1に示す一例のように用途によって要求される水質と水量がいる。エタノール25%(V/V)の焼酎1キロリットルを製造するのに20トン前後の水を必要とする⁴³⁾。仕込水は有機物や硝酸態窒素(NO_3^- -N)、アンモニア態窒素(NH_4^- -N)等の生物系の汚染物質が少なく、微生物汚染がないこと及び Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Cl^- 等の硬度成分が適度にあることが望ましい。

製品の割水には水の性質が直接影響するので、無色透明で異味異臭がなく生物系の汚染成分が少ないことに加えて、焼酎中の油性成分と反応してフロック状の沈殿を生成させる Fe^{2+} 等の金属成分^{8) 44)}が少ない軟水が適している。ボイラー用水や蒸留及び醪冷却水には、缶内や冷却蛇管壁にスケールを生じさせ熱伝導を悪くする硬度成分の少ない水が良く、また水量も豊富でなければなら

表 1-1 焼酎製造における用水使用量の例

原料	工程	用水量	
米 300kg	麴米 製麴 一次仕込	洗米用水	900 L
		浸せき用水	
		仕込水	364 L
甘藷 1,500kg	二次仕込	甘藷洗淨水	3,000 L
		仕込水	836 L
		醪冷却水	4,000 L
	蒸留 割水 壇詰	冷却水	15,000 L
		割水用水	420 L
		洗壇水	
		その他雑水	8,000 L
総使用水量		32,560 L	
製品 1KLあたり*		22,321 L	

※エタノール濃度25%(V/V)
 麴米300kg、甘藷1,500kg、仕込水量1,200Lの甘藷醪で
 エタノール濃度14%、熟成歩合81%蒸留歩合98%と
 して計算した。また、原酒のエタノール濃度は35%と
 した。冷却水量は、文献(45)、(46)及び(47)を参考にした。

ない。

近年の諸産業による揚水量の増加や、生活排水等による表流水の汚濁は少なからず地下水にも影響を与えている。焼酎工場においても多量の冷却水を必要とする減圧蒸留機の導入や、生産量増加に伴う揚水量の増加により水質が変化してきていることも考えられる。そこで焼酎製造用水の水質を把握するために、宮崎県内の焼酎工場で実際使用している水について、調査分析を行った。

1.2 実験方法

1.2.1 試料採取場所

焼酎工場で使用している用水を中心に、表1-2に示す63箇所より試料を採取して成分分析に供した。試料には上水道水も加えた。

1.2.2 分析法

採取試料の成分分析は実験室に持ち帰り、表1-3に示す分析法により測定した。試料のpHは採取時にpHメーターを用いて測定した。

1.3 結果

1.3.1 各地域の帯水層の概況

宮崎県の降水量は、全国平均の年間 $1,750\text{mm}^{51)}$ よりかなり多く $2,100\text{mm} \sim 3,000\text{mm}^{52)}$ であり、水源涵養機能の大きい山地や台地に恵まれ、海岸平野や内陸盆地は概し

表 1 - 2 試 料 採 取 個 所

試料採取場所		試料数	試料番号
北 部	西白杵郡 五ヶ瀬町	3	1 ~ 3
	西白杵郡 高千穂町	2	4 ~ 5
東 部	延岡市	1	6
	児湯郡 川南町	2	7 ~ 8
	児湯郡 新富町	3	9 ~ 11
	児湯郡 高鍋町	1	12
	東諸県郡 国富町	3	13 ~ 15
	宮崎郡 佐土原町		16
	宮崎郡 清武町	1	17
	西宮崎都府市	3	18 ~ 20
	宮崎都府市	10	21 ~ 30
	南 西 部	都城市	8
小林市		2	39 ~ 40
えびの市		1	41
北諸県郡 三股町		1	42
串間市		6	43 ~ 48
南郷町		2	49 ~ 50
南 部	日南市	13	51 ~ 63

表1-3 水質分析法

分析項目	分析法
pH	pHメーター ⁴⁸⁾
Cl ⁻	硝酸銀滴定法 ⁴⁸⁾
有機物	0.01N過マンガン酸カリウムを用いる滴定法 ⁴⁸⁾
NO ₂ - N	α-ナフチルアミンを用いる比色法 ⁴⁸⁾
NO ₃ - N	ブルシンを用いる比色法 ⁴⁸⁾
NH ₄ - N	インドフェノール法 ⁴⁹⁾
Ca ²⁺ , Mg ²⁺	EDTAを用いる滴定法 ⁴⁸⁾
PO ₄ ³⁻	モリブデン酸アンモニウムを用いる比色法 ⁴⁸⁾
Na ⁺ , K ⁺	炎光光度法 ⁴⁹⁾
Fe ²⁺ , Mn ²⁺	最終濃度0.1Nになるように塩酸を加え、水浴上で濃縮後原子吸光法 ⁴⁹⁾
SO ₄ ²⁻	塩化バリウムを用いる比濁法 ⁵⁰⁾
SiO ₂	モリブデン酸アンモニウムを用いる比色法 ⁴⁹⁾
全蒸発残留物	試料250mlを水浴上で蒸発乾固し、110℃で恒量測定 ⁴⁸⁾

て透水性の大きい堆積物が発達しているので、地下水は豊富である。本県の焼酎工場の存在する場所を図1-1に示すように大きく4つに分けた。

北部は、流紋岩・安山岩溶結凝灰岩及び軽石凝灰岩からなる阿蘇火砕流が主要河川に沿って分布し、谷沿いの斜面または低地に狭い台地や段丘上の地形を造っている⁵³⁾。

宮崎平野を中心とする東部では、四万十累層群や厚い泥岩を特徴とする宮崎層群が不透水基盤を形成し、沖積層が帯水層を形成している。その深度は一部で60mに達するところもあるが20~30mのところが多い⁵⁴⁾。河川の伏流水も上水道などに多く利用されており、焼酎工場でも深度10m以下の浅井戸が多く利用されている(図1-2)。

南西部の都城盆地は、始良火砕流や四万十累層群から供給された岩屑が埋積して形成された盆地であり、含水層の垂直的な発達規模は本県最大である⁵³⁾。軽石凝灰石(シラス)や砂礫により形成された含水層は溶結凝灰岩(灰石)等により遮断され、それより深いところより被圧地下水が得られる⁹⁾。都城市の北部の小林市、えびの市及び南部の串間市でもシラスと沖積層が含水層を形成しており、他の地区より深井戸が多く自噴している井水もある。

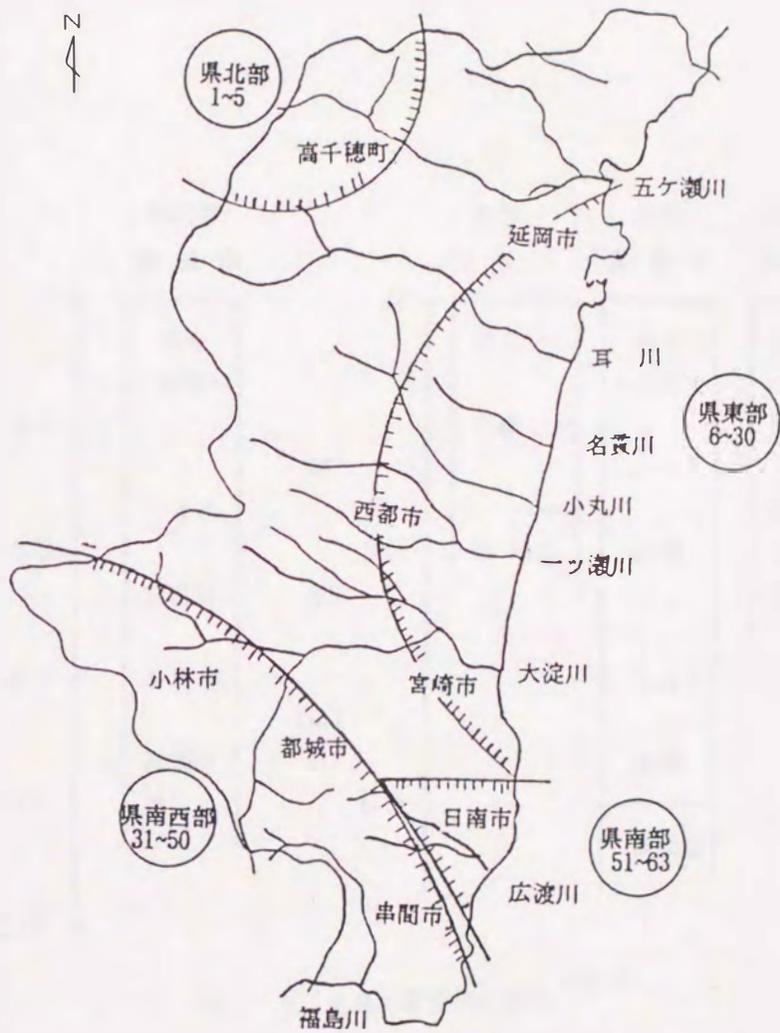


図 1 - 1 試料採取地
数字は試料番号を示す。

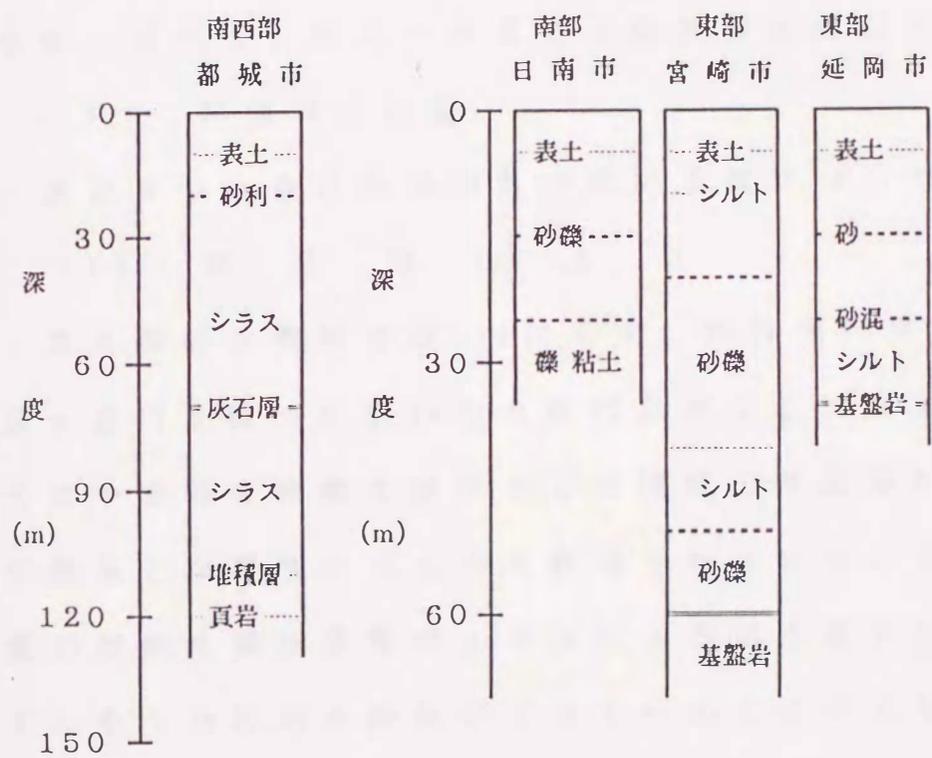


図1-2 各地の帯水層の状況⁵⁴⁾⁵⁵⁾

南部の日南市は沖積低地に乏しく沖積層も10 m前後と浅い⁵³⁾。従って河川の伏流水を利用する工場が多い。

1.3.2 井戸の深度分布

各地区の地下水を採取している井戸の深度を図1-3に示す。南西部のいわゆるシラスに被われた地域に深井戸が多い以外は、浅井戸が多く北部は湧水の利用が多い。

1.3.3 各地域の水質

次に4つに分けた県内各地域の水質について検討した。

(1) 県北部の水質

県北部の水質例を表1-4に示す。阿蘇火砕流に覆われ、五ヶ瀬川上流の川沿いや台地に点在する焼酎工場では、そばや麦等の穀類を原料とした焼酎の製造量が多い。この地域では湧水が古くから利用されている。近年の製造量の増加や減圧蒸留機の導入による用水量の増加は、必ずしも十分な用水確保ができていないとはいえない。そこで表1-4にも示しているように、用水確保のため深井戸が掘削されている。水質的には、湧水は溶解成分が比較的少く全蒸発残留物の値が低い。それに対し160 mの深井戸は Ca^{2+} や Cl^- 及び Na^+ が多く、また Fe^{2+} や Mn^{2+} の多い井水である。

(2) 県東部の水質

延岡市から宮崎市にかけての沖積低地では、深度30 m

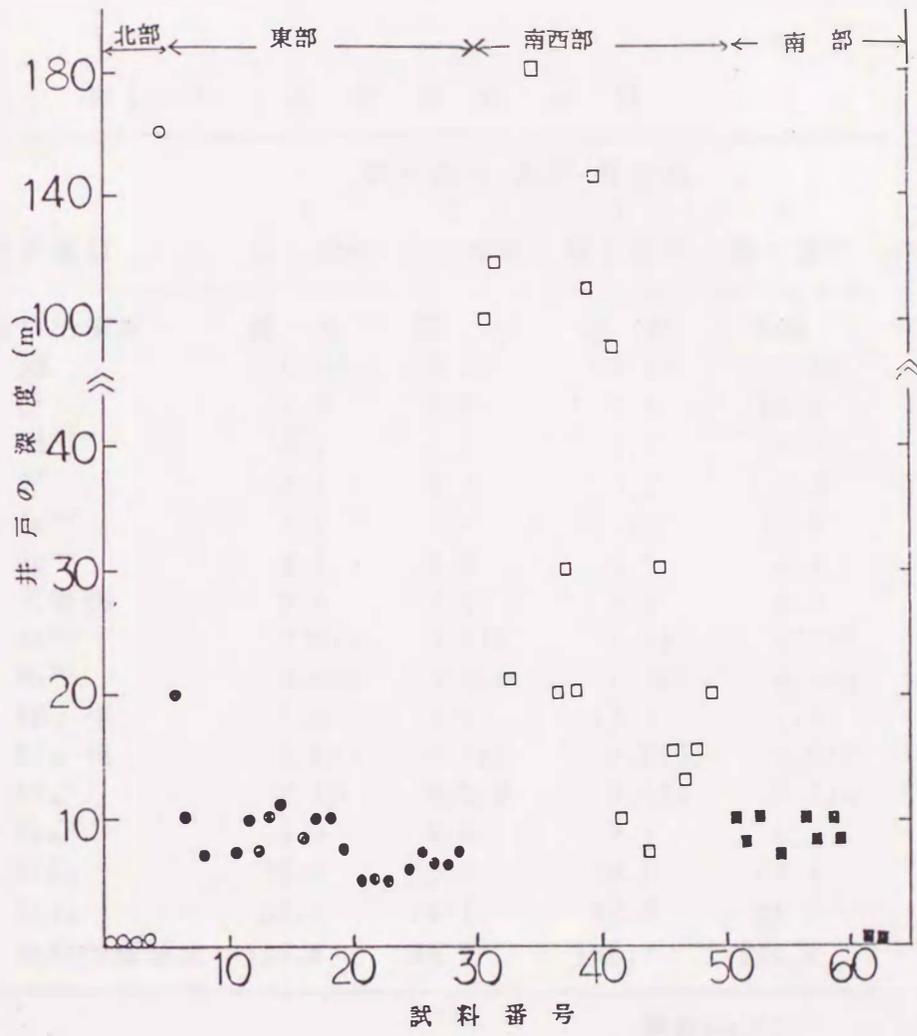


図1-3 井戸の深度の分布

表 1-4 県 北 部 の 水 質

分析項目	試料番号 及び 採取地			
	1 五ヶ瀬町	2 五ヶ瀬町	4 高千穂町	5 高千穂町
井戸の深度	湧 水	湧 水	湧 水	160m
pH	6.60	6.82	6.82	7.22
Cl ⁻	2.9	2.9	8.5	32.5
Na ⁺	5.2	3.2	8.1	26.4
K ⁺	2.3	0.1	5.2	1.9
Ca ²⁺	7.6	7.4	11.6	22.9
Mg ²⁺	2.4	2.6	3.1	4.4
有機物	0.6	0.1	0.4	0.5
Fe ²⁺	0.021	0.010	0.012	0.085
Mn ²⁺	0.000	0.000	0.000	0.063
NO ₃ ⁻ -N	5.5	3.5	13.1	1.8
NH ₄ ⁻ -N	0.018	0.140	0.060	0.076
PO ₄ ³⁻	0.17	0.006	0.120	0.230
SO ₄ ²⁻	3.9	5.9	6.7	5.3
HCO ₃ ⁻	26.7	25.0	39.0	87.7
SiO ₂	38.7	14.1	48.3	26.7
全蒸発残留物	113.6	98.9	168.1	225.0

単位 mg/L

表 1-5 県東部の水質

分析項目	試料番号 及び 採取地				
	6 延岡市	7 川南町	16 宮崎市	21 高鍋町	22 西都市
井戸の深度	20m	10m	8m	5m	5m
pH	6.75	5.76	6.52	5.93	6.00
Cl ⁻	8.7	3.3	17.5	10.6	5.3
Na ⁺	10.2	3.6	18.2	9.6	6.0
K ⁺	3.6	0.8	3.2	1.7	1.1
Ca ²⁺	9.1	4.9	37.4	16.7	9.5
Mg ²⁺	7.3	1.0	12.4	2.1	4.6
有機物	0.1	0.1	0.5	0.1	0.1
Fe ²⁺	0.017	0.033	0.026	0.033	0.011
Mn ²⁺	0.008	0.004	0.186	0.002	0.001
NO ₃ ⁻ -N	3.2	3.9	0.2	8.9	6.2
NH ₄ ⁻ -N	0.047	0.000	0.040	0.000	0.000
PO ₄ ³⁻	0.17	0.00	0.01	0.11	0.02
SO ₄ ²⁻	6.2	6.2	26.4	19.3	8.6
SiO ₂	33.8	8.3	54.1	13.7	11.3
全蒸発残留物	314.9	52.5	355.8	130.5	97.7

単位 mg/L

より浅い井戸が多く河川の伏流水の利用も多い。基盤となっている四万十累層群や宮崎層群までの沖積層は60 mに達するところもあるが、一般に20~30 mのところが多く高鍋町周辺では10 mに満たないところもある。水質分析例を表1-5に示す。成分的には希薄な井水が多いが比較的pHの低い井水や Fe^{2+} 、 Mn^{2+} 含量の多い井水もある。海岸線に近い個所などでは塩水化しているところもあるといわれている。また表流水の汚濁や宅地化などの環境の変化は、浅井戸の多いこの地域において少なからず地下水にも影響を与えていると考えられる。

(3) 県南西部の水質

都城盆地は、含水層の垂直的分布は本県最大であり、また砂礫シラス等の帯水層が有るので、上部シラス中の地下水が不透水層である溶結凝灰岩により遮断されて生じた、豊富な被圧地下水を有している。表1-6に示す水質例のように、この地区の特徴として深井戸が多いことが上げられ、成分的には SiO_2 が多い。 Fe^{2+} 、 Mn^{2+} については深井戸においてその含量の多い井水と少ない井水がある。

(4) 県南部の水質

日南市を中心とする海岸小平野には、甘藷製焼酎を中心とした製造工場が点在している。表1-7に示すように、

表 1-6 県南西部の水質

分析項目	試料番号 及び 採取地					
	35 小林市	38 都城市	40 都城市	42 都城市	48 串間市	50 南郷町
井戸の深度	185m	30m	110m	145m	15m	20m
pH	6.30	6.27	7.10	6.40	6.40	6.47
Cl ⁻	11.6	15.5	5.8	6.8	13.5	11.2
Na ⁺	22.9	10.0	11.1	8.5	10.5	11.2
K ⁺	7.3	4.4	3.9	2.6	5.3	8.0
Ca ²⁺	30.0	12.3	6.1	9.8	6.9	8.2
Mg ²⁺	13.6	1.9	3.1	3.6	1.6	2.0
有機物	0.2	0.1	0.3	0.1	0.1	0.2
Fe ²⁺	0.007	0.01	0.213	0.009	0.010	0.008
Mn ²⁺	0.000	0.00	0.055	0.000	0.000	0.000
NO ₃ ⁻ -N	1.8	26.2	0.3	3.6	10.7	19.8
NH ₄ ⁻ -N	0.016	0.004	0.004	0.000	0.000	0.060
PO ₄ ³⁻	0.25	0.06	0.72	0.09	0.04	0.01
SO ₄ ²⁻	36.0	8.9	5.5	6.9	11.2	7.5
SiO ₂	58.2	57.9	66.7	54.9	68.4	59.7
全蒸発残留物	371.3	77.4	174.3	214.4	170.0	182.1

単位mg/L

表 1-7 県南部の水質

分析項目	試料番号 及び 採取地			
	53 日南市	57 日南市	58 日南市	61 日南市
井戸の深度	10m	8m	10m	湧水
pH	7.89	6.64	6.38	6.30
Cl ⁻	497.6	4.6	8.2	9.4
Na ⁺	309.0	7.0	7.4	8.7
K ⁺	23.1	1.3	2.0	0.3
Ca ²⁺	37.0	9.3	11.4	7.6
Mg ²⁺	42.7	1.8	1.7	2.6
有機物	2.0	0.3	0.2	0.3
Fe ²⁺	0.02	0.035	0.007	0.017
Mn ²⁺	0.000	0.000	0.000	0.000
NO ₃ ⁻ -N	1.3	3.6	5.0	13.3
NH ₄ ⁻ -N	0.008	0.08	0.07	0.000
PO ₄ ³⁻	0.77	0.02	0.14	0.02
SO ₄ ²⁻	100.3	8.6	7.3	12.0
SiO ₂	10.7	17.1	17.7	14.8
全蒸発残留物	1237.1	92.1	108.3	90.3

単位mg/L

10 m 前後の浅井戸が多く、 Na^+ 及び Cl^- 含量の多い塩水化している井水があった。そのため山の湧水を利用している工場もある。試料番号57及び58のような河川の伏流水では、溶解成分も少なく水質は良好であると認められた。

1.3.4 各地域の水質成分の特徴

前節の各地域の水質分析の結果をもとに、各成分の比較を表1-8A・B・Cにまとめた⁵⁶⁾。参考として嘉納の行った全国の清酒醸造用水⁵⁷⁾のデータを併せて表中に記載した。pHはほとんどが6~7にあり、 Cl^- は塩水化していると考えられる南部の井水以外は清酒用水に比べて少なかった(表1-8A)。 PO_4^{3-} は南部に8.23ppmと高い井水1本を除いて大部分の井水では1ppm以下であり、 K^+ や Ca^{2+} も概して少なかった(表1-8B)。 PO_4^{3-} 、 K^+ 、 Ca^{2+} 等の成分は麹菌や酵母の増殖及び酵素の溶出を促進すると報告されている⁵⁸⁾。清酒における銘醸地の水はこれらの成分が多いことで知られており^{59) 60)}、有効成分と考えられるが、焼酎の場合は、 PO_4^{3-} 、 K^+ 、 Ca^{2+} 等の成分は清酒と違って粗白米である麴米からの供給で十分であると推測される。 NH_4^- -N、 NO_2^- -N、 NO_3^- -N及び有機物等は汚染の指標となる成分であり、特に NH_4^- -Nと NO_2^- -Nを同時に含む水は衛生的に好ましくない⁶¹⁾。今回の調査対象の中にはそのような試料は検出できなかった(表1-8C)。

表 1-8 A 各地域の焼酎製造用水成分比較

分析項目	北部	東部	南西部	南部	清酒醸造用水 ^d	
pH	a	6.84	6.53	6.64	6.95	6.75
	b	0.23	0.44	0.35	0.68	0.41
	c	6.60 ~ 7.22	5.76 ~ 7.10	6.27 ~ 7.33	6.30 ~ 8.28	5.8 ~ 7.8
Cl ⁻	a	20.8	11.9	12.9	54.2	44.04
	b	12.84	9.82	9.53	135.0	29.18
	c	2.9 ~ 32.5	2.9 ~ 51.5	2.4 ~ 39.3	3.5 ~ 497.6	10.0 ~ 160.8
Na ⁺	a	9.6	11.0	13.6	38.0	32.12
	b	9.6	7.2	7.7	83.6	15.54
	c	3.2 ~ 26.4	3.6 ~ 30.2	5.9 ~ 37.3	4.8 ~ 309.0	6.0 ~ 93.0
K ⁺	a	2.3	4.3	5.5	6.2	13.06
	b	1.8	4.5	3.7	8.7	8.98
	c	0.1 ~ 5.2	0.4 ~ 17.3	2.5 ~ 17.1	0.2 ~ 23.1	0.2 ~ 49.3

a 平均値

mg/L

b 標準偏差

c 最少値及び最大値

d 文献57) より引用

表 1-8 B 各地域の焼酎製造用水成分比較

項目	北部	東部	南西部	南部	清酒醸造用水 ^d
Ca ²⁺	a 11.8	15.4	15.1	17.4	28.51
	b 6.4	8.6	12.3	13.4	13.12
	c 7.4 ~ 22.9	4.9 ~ 37.4	6.1 ~ 40.3	6.5 ~ 51.2	8.7 ~ 51.3
Mg ²⁺	a 3.0	4.1	4.2	7.5	6.77
	b 0.86	3.0	3.5	11.9	3.88
	c 2.4 ~ 4.4	1.0 ~ 12.4	0.2 ~ 13.6	0.7 ~ 42.7	1.4 ~ 17.8
PO ₄ ³⁻	a 0.14	0.05	0.23	0.94	1.50
	b 0.09	0.06	0.39	2.25	2.39
	c 0.01 ~ 0.23	0.00 ~ 0.11	0.02 ~ 1.65	0.00 ~ 8.23	0.09 ~ 8.55
Fe ²⁺	a 0.029	0.027	0.046	0.018	0.0055
	b 0.042	0.019	0.0737	0.014	0.0071
	c 0.10 ~ 0.085	0.000 ~ 0.093	0.000 ~ 0.213	0.006 ~ 0.049	0.001 ~ 0.052
Mn ²⁺	a 0.013	0.012	0.024	0.001	0.048
	b 0.028	0.038	0.061	0.003	0.22
	c 0.000 ~ 0.063	0.000 ~ 0.186	0.000 ~ 0.260	0.000 ~ 0.012	0.002 ~ 1.9

a 平均値

b 標準偏差

c 最少値及び最大値

d 文献57)より引用

mg/L

表 1-8 C 各地域の焼酎製造用水成分比較

分析項目	北部	東部	南西部	南部	清酒醸造用水 ^d
有機物	a 0.4	0.4	0.4	0.7	5.21
	b 0.2	0.5	0.3	0.7	2.30
	c 0.1~0.6	0.1~2.2	0.1~1.5	0.1~2.0	1.6~16.6
NO ₃ -N	a 5.4	11.6	9.4	12.7	5.08
	b 4.5	10.42	8.0	21.2	3.02
	c 1.8~13.1	0.2~42.2	0.3~26.2	1.3~74.8	0.0~19.1
NH ₄ -N	a 0.070	0.005	0.013	0.012	0.015
	b 0.044	0.013	0.017	0.034	0.0395
	c 0.018~0.140	0.000~0.047	0.000~0.060	0.000~0.080	0.000~0.20
SO ₄ ²⁻	a 5.3	17.8	14.4	21.4	
	b 1.0	12.5	9.4	27.0	
	c 3.9~6.7	4.9~54.6	3.9~36.0	7.3~100.3	
SiO ₂	a 31.4	22.9	55.8	17.0	22.69
	b 12.9	14.3	13.5	5.2	6.19
	c 14.9~48.3	5.1~54.1	15.6~69.6	10.7~24.9	8.8~40.3
全蒸発 残留物	a 142.8	150.9	208.7	244.7	262.4
	b 53.3	96.2	80.9	328.1	108.0
	c 98.9~225.0	52.5~355.8	123.3~449.9	80.1~1237.1	59~524

a 平均値

b 標準偏差

c 最少値及び最大値

d 文献57)より引用

mg/L

しかし NO_3^- -Nについてはかなりその含量の多い試料も存在した。

図1-4に県南西部の井水中の NO_3^- -Nと井戸の深さの関係を示す。浅井戸の方が NO_3^- -Nの含量が多く深井戸ほど少なかった。家庭排水、化学肥料由来の NH_4 化合物の最終酸化物である NO_3^- -Nの量が多いのは、地下水を汲み上げる採水口の位置が地表面より深くない浅井戸の方が、井水中に混入しやすいためと考えられる⁴²⁾。また5箇所の浅井戸の井水について水質の採取時期を変えて調べたところ、図1-5、6及び7に示すように、深度の値が時期に捕らわれずほぼ一定であるのに比べ、 NO_3^- -N、 Fe^{2+} 及び SO_4^{2-} の変動が特に大きかった。浅井戸水を焼酎原酒の割水に使用する際には特に注意を要することが分かった。

Fe^{2+} や Mn^{2+} は、清酒においては着色の原因となるなど最も嫌われる成分であるが、焼酎においても油性成分と凝集してオリを生成したり臭気の原因となり好ましくない。清酒においては用水中の Fe^{2+} の許容量は0.02ppm以下と言われている⁴⁸⁾。焼酎においては臭味に関する感知濃度から、0.04ppmが焼酎に悪影響を及ぼさない限界濃度と考えられる。県南西部の深井戸は Fe^{2+} 及び Mn^{2+} を多く含む地下水が多かった。しかし、水中に溶解してい

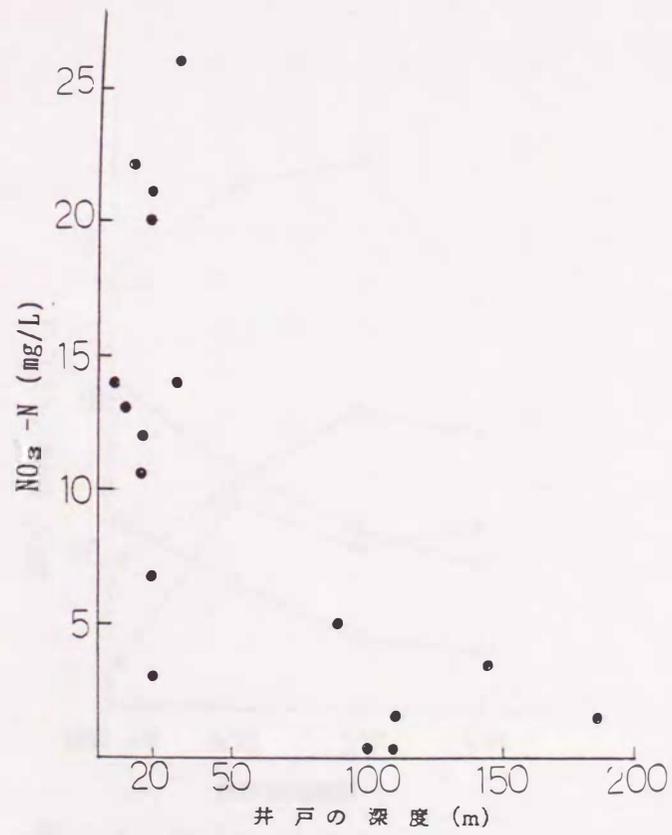


図1-4 県南西部における井戸の深度とNO₃-Nの関係

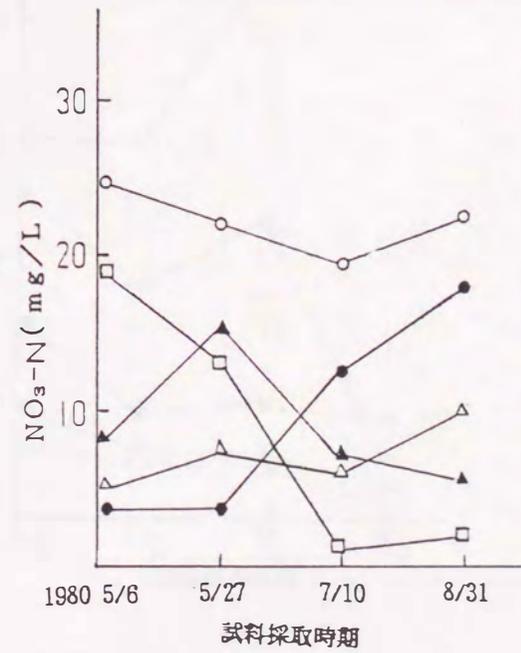


図 1-5 NO₃-N の変動
 ○, 試料番号 28 ; ●, 同 21
 △, 同 25 ; ▲, 同 27
 □, 同 7

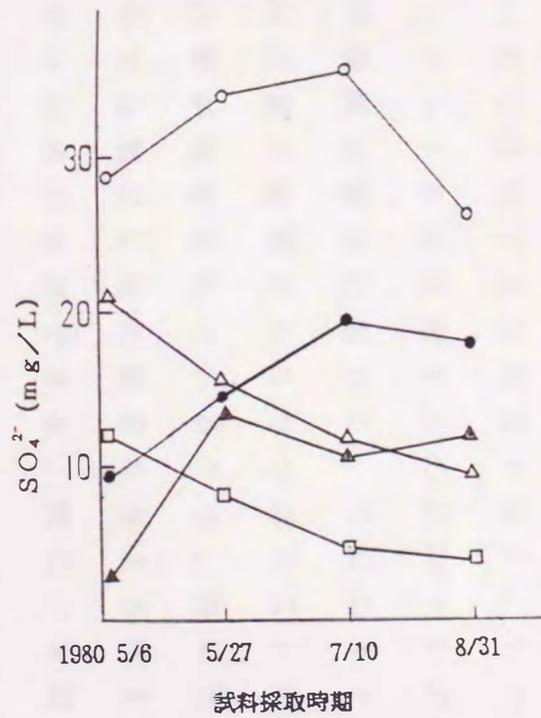


図 1-6 SO₄²⁻ の変動
 ○, 試料番号 28 ; ●, 同 29
 △, 同 22 ; ▲, 同 58
 □, 同 53

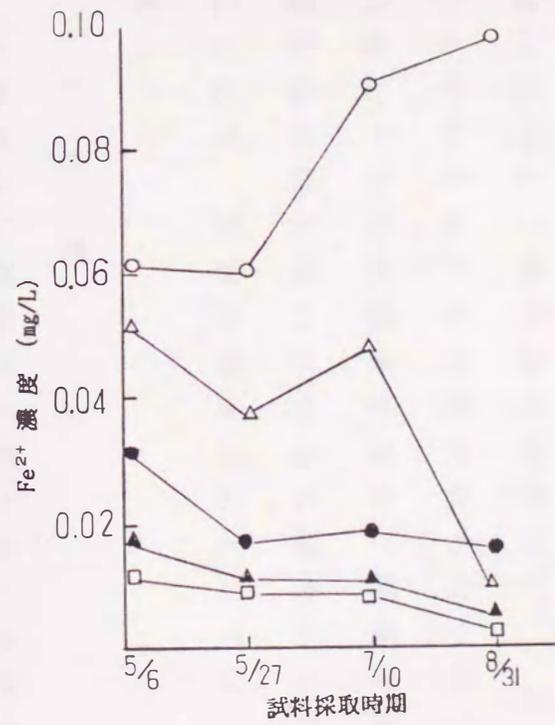


図 1-7 Fe²⁺ の変動
 ○, 試料番号 30 ; ●, 同 23
 △, 同 25 ; ▲, 同 28
 □, 同 22

るこれらの除去法については、空気酸化を利用した気曝法などの比較的簡単で経済的な方法や表1-9に示す塩素酸化法が除去効率も良く、重大な問題にはならないであろう。ただ多量の SiO_2 が共存する状態では、第二鉄の凝集pHは著しく酸性側に移動し⁶³⁾、また中性領域ではたとえ酸化されても沈殿にならないので、気曝法で除鉄を実施しても除去効果は少なく問題を残した。イオン交換樹脂処理法を用いている工場もあったが、除去率は約40%であり、焼酎の割水用水としては不十分な除去効果であった。

1.4 考 察

宮崎県は比較的降水量も多く水源涵養機能の大きい山地や台地にも恵まれており、海岸平野や内陸盆地には概して透水性の大きい堆積物が発達し、沖積低地の面積の狭い割には地下水が豊富である。しかしながら、製品1キロリットルを生産するのに20トン前後の水を使用する本格焼酎の製造において、良質の水を多量に確保することは次第に困難になりつつあることが分かった。表流水の汚染が懸念されている今日、特に浅井戸水を使用する工場では製品に直接影響を与える割水用水の水質には、十分な配慮が必要である。特に、家庭排水や化学肥料あるいは農畜産廃棄物由来の NH_4 化合物の最終酸化物であ

表 1-9 Fe²⁺, Mn²⁺の除去率

項目	試料No 32		試料No 40	
	Fe ²⁺	Mn ²⁺	Fe ²⁺	Mn ²⁺
井戸の深さ (m)	120		110	
処理法	塩素酸化法		イオン交換樹脂	
原水 (mg/L)	0.150	0.142	0.213	0.055
処理水 (mg/L)	0.044	0.006	0.123	0.032
除去率 (%)	71	96	42	42

表 1-10 蒸留機冷却水の使用量

蒸留方法	減圧度	蒸留機の容量	
		3.0 KL	6.0KL
常圧蒸留	760 cmHg	17.5	35.0
	100 cmHg	32.5	65.0
減圧蒸留	70 cmHg	82.5	165.0

単位 KL

る $\text{NO}_3\text{-N}$ が成分的に問題になっており、その含量の測定値が水質悪化の重要な指標の一つになると考えられる。実際に小林¹⁵³⁾も指摘しているように浅井戸水中の $\text{NO}_3\text{-N}$ 含量は年々増加する傾向にあり、今後新たな水源確保や水処理による良質水へ改質技術の開発が課題であると考えられる。

本格焼酎の酒質は減圧蒸留法の導入などで淡麗化の方向に向かいつつあり、割水に使用する水質が酒質を大きく左右する。水質に与える影響の大きいFe含有量も常に把握しておかねばならない成分であり、効果的な除去法など今後更に開発し検討して行かねばならないであろう。現在使用されている処理方法の現場に合った選択や組合せも有効と推考された。さらに、減圧蒸留法は表1-10に示すように、多量の冷却水を必要とする。冷却水の水量の確保にも十分注意を払わねばならないと考えられる。

1.5 小 括

宮崎県は降水量も多く、地下水も豊富であるが、製品1キロリットルを生産するのに20トン前後の良質の水を使用する本格焼酎の製造において、水の確保は重要な問題であると考えられた。宮崎県内の焼酎製造工場で使用している用水を中心に64箇所より試料を採取し、水質分析を行ったところ、下記に示すような結果を得るととも

に環境の変化や悪化等に留意しながら用水の確保や処理をしなければならないことが明らかになった。

1. 北部では主に湧水を利用しており、溶解成分の少ない良好な軟水であった。しかし、水量は十分でなく、今後水量確保に留意しなければならない。

2. 浅い井戸が大部分の東部は、水量は豊富であるが、 $\text{NO}_3\text{-N}$ や Fe^{2+} などの成分の多い地下水が混在した。

3. 南西部では深度100m前後の深井戸が多く水量も豊富であった。中には Fe^{2+} や Mn^{2+} の多い地下水も存在し、全般的に SiO_2 含量が高かった。これらの除去には現場に合った処理方法の選択や組合せの有効性が示唆された。

4. 南部では海水が井戸に混入し、塩水化した地下水が存在したが、一般的には河川の良質な伏流水の利用が可能である。

第2章 本格焼酎醪の蒸留条件の設定

2.1 緒言

本格焼酎製造に用いられる蒸留機は酒税法上単式蒸留機に規定されている²⁾。連続式蒸留機によって純粋エタノールを製造する甲類焼酎と異なりエタノール以外にエステル、フーゼル油等の香味成分を有する留液が得られる。またウイスキーやブランデーの蒸留法は本格焼酎と同様単式蒸留法であるが、前者が一度醪を蒸留して粗留液を取りこれを再び蒸留する再留を行うのに対し、本格焼酎では一回のみである。従って原醪の蒸留法の適否がそのまま製品の良否につながる。

単式蒸留法は常圧、減圧及び加圧蒸留に分類される。単式蒸留の加熱方式は間接加熱か直接蒸気を醪に吹き込む直接加熱方式があり、本格焼酎では蒸留缶に直接蒸気を吹き込む加熱法が一般的である。立ち上がり部分に精留棚や還流器を備えた蒸留機もあり、わたり部分の角度や材質、冷却器の種類等が大きく酒質に影響を与える。

減圧蒸留法¹⁵⁾は蒸留缶の中を減圧状態にすることにより揮発成分の沸点を下げ、蒸留時の加熱による二次生成物をできるだけ抑えて、醪の特徴を損なうことなく留液に移行させることが可能である。

蒸留機の立ち上がりの部分に還流器を備え付けた蒸留

機は、エタノールや他の微量揮発成分の留出が制御でき、成分の濃縮やエタノール収量の増加等が期待される。

この減圧蒸留機及び還流機能を有する蒸留機と従来の常圧蒸留機の留出成分を比較することにより、その特性を明らかにすることは焼酎製造における酒質設計上重要であると考えられた。そこで試験蒸留、留出成分の検討及び官能評価を行いその有効性について検討した。

単式蒸留においては、原料選別の不徹底などにより製品に好ましくない影響を与える成分も留出する。その中のひとつに甘藷製醪から留出する苦味成分^{65, 66}がある。甘藷は黒斑病菌 (*Ceratocystis fimbriata*) に感染すると甘藷中にイボメアマロンを主体とするフラノテルペン類が蓄積する^{67, 68}。また線虫の侵入や表皮の打撲及び摩擦によってもこれらの成分が生成される^{69, 70}。イボメアマロンに代表される苦味物質は蒸留により初留区分に集まり、エタノールや他のエステル成分等と蒸留における行動を共にするため、常圧、減圧を問わず分離除去は困難である。化学的反應による除去法は、使用できる薬剤が食品衛生法⁷¹や酒税法⁷²で厳しく規制されているので使用できない。以上のことから、イボメアマロンを排除する実用上の方法として活性炭による除去を試験した。

2.2 実 験 方 法

2.2.1 減 圧 蒸 留 試 験 法

減 圧 蒸 留 機⁷³⁾による試験は以下の方法で行った。

(1) 蒸 留 機 試験に用いた蒸留機を図 2-1 に示す⁷⁴⁾。

この蒸留機は蒸留缶の加熱にジャケットを用いた間接加熱方式を採用しており、わたりの部分は多管式の冷却管構造になっている。蒸留液のサンプリングのために①の部分にはバルブを二箇所付けている。なお蒸留缶の内部には攪拌等の設備はない。対照として蒸留缶に直接蒸気を吹き込んで蒸留する常圧蒸留機（醪容量150 L）を用いた。

(2) 仕 込 配 合 蒸留に供した焼酎醪の仕込配合を表 2-1 に示す。

2.2.2 還 流 機 能 を 有 す る 蒸 留 機 に よ る 蒸 留 試 験 法

還 流 機 能 を 有 す る 蒸 留 機 の 試 験 は 以 下 の 方 法 で 行 っ た 。

(1) 蒸 留 機

児湯郡川南町（資）都乃泉酒造に設置された図 2-2 に示す河内源一郎商店（株）製蒸留機⁷⁵⁾を用いた。醪容量は2,000Lで、立ち上がりの部分には6個の精留棚が取り付けられており、各棚は大型のキャップ1個からなり溢流管は付属されてない。最上部の棚は水冷により塔頂温度の調節ができ、3本のわたりの部分は蒸留途中でも

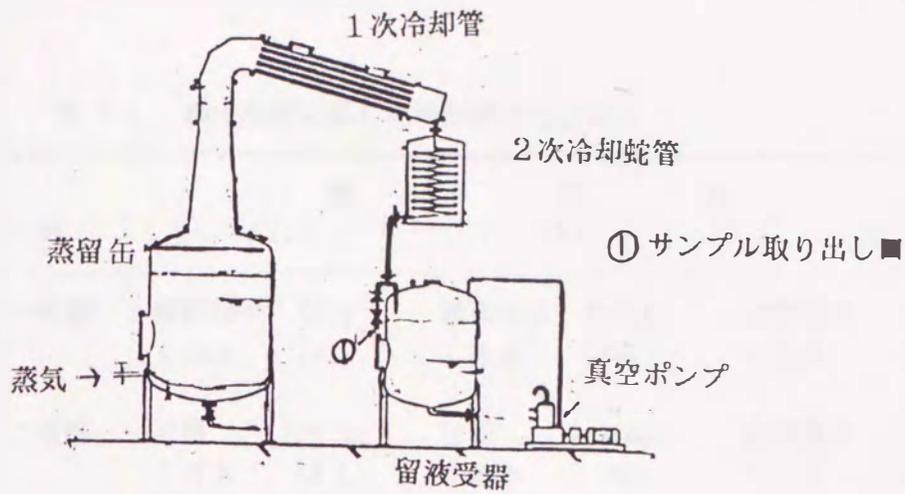


図2-1 減圧蒸留機の構造
 ケーアイ酒造機(株)製
 蒸留缶容量 300L
 真空ポンプ 揚程40~120m

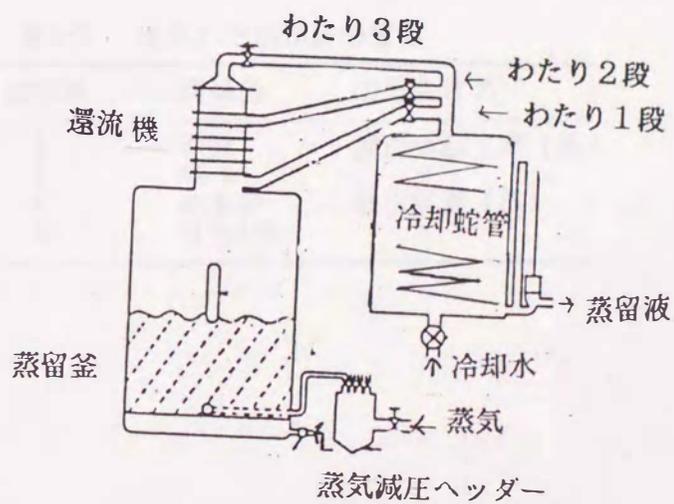


図2-2 還流機能を有する蒸留機の構造
 河内源一郎商店(株)製 NSL型

表 2-1 減圧蒸留に供した焼酎醪の仕込配合

工程	醪 の 種 類					
	(1)		(2)		(3)	
一次醪	破碎精米	20kg	破碎精米	450kg	破碎精米	20kg
	くみ水	24L	くみ水	540L	くみ水	24L
二次醪	甘藷	100 kg	甘藷	2,250kg	破碎精米	40kg
	くみ水	48 L	くみ水	1,300L	くみ水	48L

表2-2 使用した活性炭の種類

活性炭	商品名	製造会社名
A	白鷺	武田薬品工業(株)
B	MC-L	〃
C	かもめ	品川炭素(株)
D	リカ5号	〃

任意の経路に切り替えられる構造になっている。わたり一段のみを使用した場合には、従来の常圧蒸留機と同様に揮発成分は全く還流機を通過しない。

蒸留に際して、還流機の効果をみるため蒸留缶に熱源として供給される蒸気量を調節した。すなわち初留液の留出が始まると同時に蒸気圧を 0.25 kg/cm^2 もしくは 0.20 kg/cm^2 に調整し、蒸留終了までその蒸気圧を保持して蒸留した。対照として菅原醸機(株)製 醪容量 $1,000\text{ L}$ の従来型の常圧蒸留機を用いて蒸気圧 0.22 kg/cm^2 で蒸留を行った⁷⁶⁾。

(2) 試験に供した焼酎醪

エタノール濃度 13.7% の甘藷醪 $2,143\text{ L}$ を本蒸留機に供し、 $1,043\text{ L}$ を対照の蒸留機に使用した。またエタノール濃度 16.9% の大麦製醪、 16.7% のとうもろこし製醪を使用した。なお本稿においては、エタノール濃度(%)は全てV/Vで表示した。

2.2.3 活性炭処理試験法

(1) 試料

苦味の強い甘藷製蒸留液をエタノール濃度 25% に希釈調整して用いた。また活性炭処理の効果を調べるために香味に特別欠点のない麦製及び甘藷製の蒸留液をエタノール濃度 25% に調整して用いた。

(2) 活性炭

活性炭は表2-2に示すA、B、C及びDの4種類を用いた。Aは清酒用として広く用いられているものであり、Bは分子篩の特性を有する活性炭^{77・78)}で、吸着にあずかる細孔径が一般の活性炭が 50\AA 程度まで広範囲であるのに対し、 10\AA 近辺に集中している。C、Dは焼酎用として広く使用されている活性炭である。

(3) 活性炭の性能試験法

活性炭の性能試験法は以下のように行った⁷⁹⁾。

イ. 水抽出液のpH

試料5gを500mlの蒸留水に懸濁させ30分間攪拌後、No5Cろ紙でろ過したろ液のpHをガラス電極pHメーターで測定した。

ロ. メチレンブルー脱色力

メチレンブルー1.2g(乾燥重量換算)を0.067Mリン酸緩衝液に溶解させ1Lとし、この溶液に試料0.2g(乾燥重量換算)を加え30分間振とう攪拌した後、No5Cろ紙を用いて吸引ろ過し、ろ液の吸光度を波長665nmで測定した。ろ液の吸光度が、メチレンブルー溶液の $1/5,000$ と同じ吸光度となるのに必要なメチレンブルー液の添加量(ml)を求め、次式により試料1g当りの脱色量で表示した。

メチレンブルー脱色力 (ml/g) = $a \times 1 / \text{試料 (g)}$

(4) 標準イポメアマロン

標準イポメアマロンとして名古屋大学農学部植物病理学教室において調製された標品を使用した。この物質はヘキサン：酢酸エチル = 4 : 1 の展開溶媒を用いて薄層クロマトグラフにより展開すると、 $R_f = 0.7$ 付近にエールリッヒ試薬 (5% p-ジメチルアミノベンツアルデヒド / エタノール : 濃塩酸 = 1 : 1) でオレンジ色に発色するスポットとして検出される⁷⁰⁾。

(5) 活性炭処理条件

活性炭処理は以下の方法⁸⁰⁾で行った。20℃の恒温室にて試料1Lに対し、0.01%または0.03%の活性炭を加えて60分間攪拌しながら反応させ、No5Cのろ紙でろ過したろ液を活性炭処理試料とした。対照区としてろ紙ろ過のみを行った試料を用いた。

2.2.4 成分分析法

成分分析は以下の方法で行った。

(1) pH, 酸度

pHはpHメーターを用いて測定し、酸度は0.01N NaOHによりpH7まで滴定して検体10mlあたりの滴定数(ml)を酸度として表示した⁸¹⁾。

(2) 低沸点成分

検体を直接マイクロシリンジで注入し以下の条件でガスクロマト分析を行った。内部標準物質として n -アミルアルコールを使用した⁸²⁾。

ガスクロマトグラフ条件

使用機種 : 島津製作所(株)製 GC-7A
カラム : PEG-1000 (10%), 3mm X 1m
温度 : カラム 70 °C
 : 注入口, 検出器 120 °C
キャリアガス : N_2 40 ml/min

(3) 中高沸点成分

エタノール濃度 25% に希釈した検体 200 ml に塩化ナトリウムを飽和させ 70 ml のエチルエーテルで二回抽出し水洗、濃縮を行い 2 ml のエタノールに溶解させガスクロマト分析試料とした⁸³⁾。ガスクロマト分析は以下の条件で行った。内部標準物質としてはセチルアルコールを用い、標準試薬は市販特級試薬を用いた。なお β -フェネチルアルコールは上記の方法では回収率が低く、蒸留液を直接注入する方法により分析した。

ガスクロマトグラフ条件

使用機種 : 島津製作所(株)製 GC-7A
カラム : PEG-20M (10%), 3mm X 1m
温度 : カラム 80 °C ~ 200 °C 4 °C/min
 : 注入口・検出器 220 °C
キャリアガス : N_2 40 ml/min

2.3 結果

2.3.1 減圧蒸留における蒸留結果

(1) 蒸留経過

減圧蒸留機を用いた蒸留における蒸留缶内の減圧度及び温度経過を図 2-3 に示す。真空ポンプを作動させ蒸留缶内を 300 ~ 200 mmHg 程度の減圧度にして、ジャケットに蒸気を入れることにより醪を加熱し、蒸留缶内を 150 mmHg、60℃ に保ちながら蒸留した。

(2) 蒸留時間

減圧蒸留機による蒸留に要する時間を図 2-4 に示す。甘藷醪の蒸留では直接水蒸気を吹き込む常圧蒸留と異なり、蒸留開始までの加熱に、醪容量が増えるにしたがい長時間を要した。米製等の穀類製醪と異なり甘藷醪の有する高い粘性が、醪の対流を妨げていることが原因と考えられた。この蒸留試験後、減圧蒸留機に攪拌機を備え付け醪全体が均一に加熱されるように改良し、蒸留時間を短縮することができた⁸⁴⁾。

(3) 蒸留歩合

蒸留結果を表 2-3 に示す。この蒸留試験においては終始真空ポンプを作動させたので、ポンプより機外にエタノールが逃げ蒸留歩合が若干低くなったが、蒸留缶内は一定の減圧状態になったらポンプを止めてもその減圧状態のまま蒸留が続けられるので、エタノールの損失は少なくなると推察される。

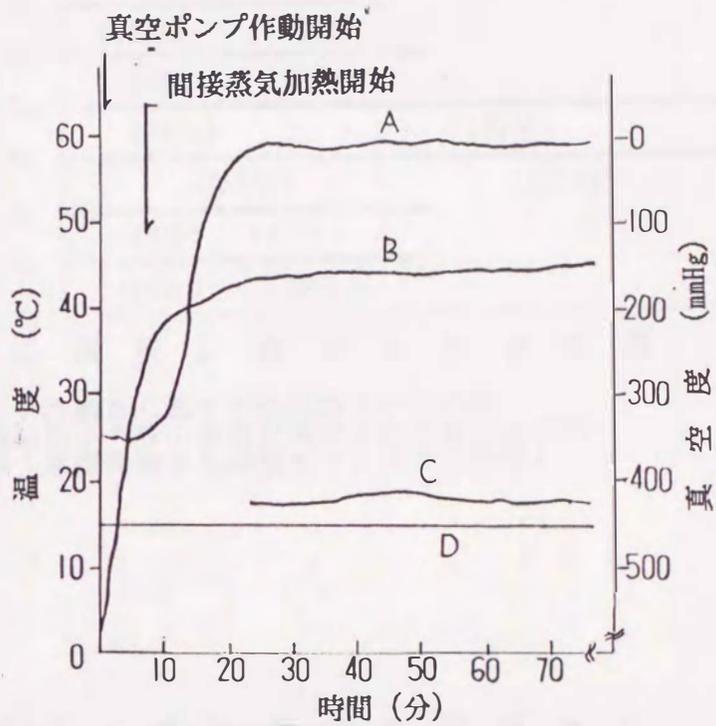


図2-3 米製醪の減圧蒸留における蒸留缶内の減圧度及び缶内醪温度の経時的変化

- A: 醪温度 C: 蒸留液温度
 B: 減圧度 D: 冷却水出口温度

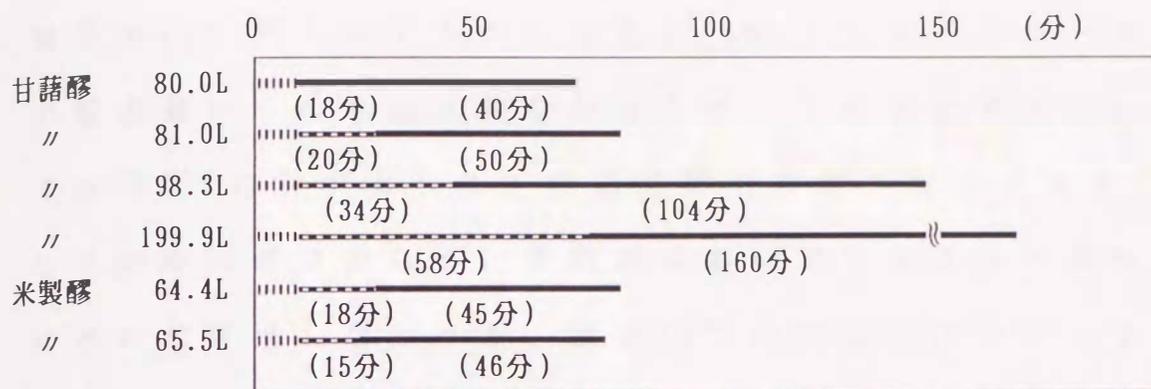


図2-4 減圧蒸留における蒸留時間

〰〰〰〰 真空ポンプ作動から蒸留開始までの時間
 ————— 蒸気加熱開始から蒸留カットまでの時間

表2-3 減圧蒸留の蒸留歩合

	醪量 L	醪エタ ノール %	留出量 L	留出液エタ ノール %	未留 カット %	蒸留歩 合 %
甘藷醪	81	14.2	38.93	27.5	1.3	93.1
	80	14.1	33.52	33.5	3.3	96.0
	199.9	13.8	74.32	32.0	4.3	93.3
米製醪	98.3	14.5	33.42	43.2	6.4	89.6
	64.4	18.4	25.34	36.6	6.5	94.3
	65.5	18.1	25.40	42.6	4.7	93.4

(4) 留液の低沸点成分の比較

常圧蒸留と減圧蒸留の留出経過を比較すると、低沸点成分の iso-アミルアルコール及び iso-ブチルアルコールの留出量については大差なかったが、アルデヒドについては図2-5に示すように、減圧蒸留の方がアセトアルデヒドの留出量は少なく、後留部においてフルフラールもほとんど留出しなかった。沸点23℃のアセトアルデヒドは、ポンプより機外に排出されたと考えられる。また常圧蒸留においては蒸留缶内は100℃近くまで加熱されるのに対し、減圧蒸留では60℃前後と低いので、醪中に残存する糖類のフルフラール等への変化など蒸留時の二次生成物は、常圧蒸留に比べてかなり少なくなった。

蒸留直後においては常圧蒸留の留液はガス臭や舌を刺す刺激味があるが、減圧蒸留液にはそれらがほとんどなかった。したがって常圧蒸留の留液のようなガス抜き操作は必要なく、蒸留後の調熟も容易であると判断した。

(5) 高沸点成分の比較

醪中の脂肪酸は酵母のエステラーゼによりエタノールと結合してエチルエステルとなり、蒸留液中に留出する⁸⁵⁾。これらは焼酎を白濁させ、あるいは金属と結合してフロック状の沈殿を形成する。特にリノール酸エチルは油臭を製品に付け製品を劣化させる原因物質である^{86, 87)}

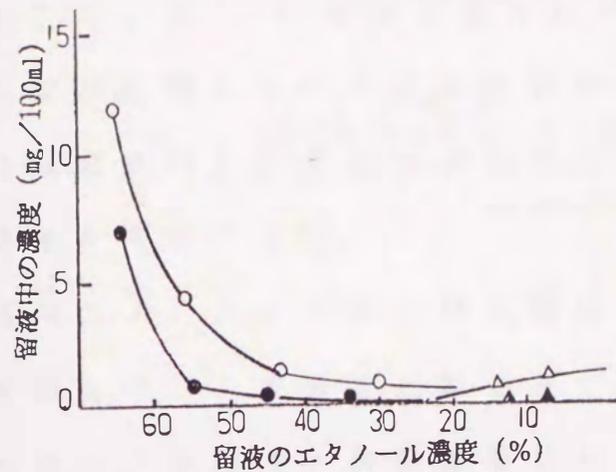


図2-5 米製醪蒸留中のアルデヒドの留出経過
 ○:常圧蒸留中のアセトアルデヒド △:常圧蒸留中のフルフラール
 ●:減圧蒸留中のアセトアルデヒド ▲:減圧蒸留中のフルフラール

表2-4 減圧蒸留による高級脂肪酸エステルの留出量

醪の種類	蒸留法	高級脂肪酸エチルエステル (ppm)				
		C _{16:0}	C _{18:0}	C _{18:1}	C _{18:2}	C _{18:3}
甘藷製醪	減圧蒸留	4.6	0.3	0.4	1.5	-
	常圧蒸留	40.7	9.5	12.9	23.0	2.0
米製醪	減圧蒸留	19.0	1.2	2.8	6.7	-
	常圧蒸留	72.6	3.2	14.2	29.2	0.7

蒸留液をエタノール25%になるように割水調整後分析した。
 C_{16:0}: パルミチン酸エチル C_{18:0}: ステアリン酸エチル
 C_{18:1}: オレイン酸エチル C_{18:2}: リノール酸エチル
 C_{18:3}: リノレン酸エチル

減圧蒸留における脂肪酸エステル類の留出量を測定したところ、表 2-4 に示すように常圧蒸留に比べてかなり留出量が低減していることが分かった。西谷もカプリン酸（炭素数10）以上のエチルエステルは留出量が減少する結果を得ている⁸⁸⁾。

県内のメーカーで同一醪を常圧及び減圧蒸留機で別々に蒸留を行い、成分を比較したデータを表 2-5 に示す。本研究の工場規模の蒸留試験結果とほぼ同様の結果であった。

(6) 官能評価

県内焼酎製造業者17名による官能評価を行ったところ、表 2-6 に示すように米製では減圧蒸留の方が評価が高かったが、甘藷製では逆に低くなった。米製では香りが淡麗となり、甘藷製では原料臭が直接製品に出て酒質が重くなる傾向があった。減圧蒸留は特に穀類を原料とする焼酎において淡麗な香りをもつ蒸留液が得られ、甘藷製では特有の甘味成分の留出量が常圧蒸留の方に多いためか、味が淡白になる傾向が見られ減圧蒸留による焼酎香味の改良が可能であることが示唆された。

2.3.2 還流機能を有する単式蒸留機による蒸留結果

(1) 蒸留時間と留液中のエタノール濃度

本蒸留機の還流効果を調べるため醪加熱用に吹き込む

表2-5 工場規模でのそば製醪の減圧蒸留と常圧蒸留の比較

成 分	常圧蒸留機	減圧蒸留機
エタノール	42.2%	44.3%
pH	4.87	4.65
酸度	1.10	1.14
アセトアルデヒド	31	24
酢酸エチル	254.4	287.6
n-C ₃ OH	152.7	166.0
i-C ₄ OH	314.2	300.2
i-C ₅ OH	759.8	726.6
乳酸エチル	4.0	2.1
カプリル酸エチル	4.9	2.4
フルフラール	12.3	-
ノナン酸エチル	1.4	0.8
カプリン酸エチル	12.9	4.5
酢酸フェネチル	4.8	4.2
ラウリル酸エチル	1.9	0.9
β-フェネチル	102	59
アルコール		
ミリスチン酸エチル	3.4	2.2
パルミチン酸エチル	5.5	4.4
ステアリン酸エチル	2.6	0.3
リノール酸エチル	1.2	0.3

単位：酸度、試料10mlあたりの0.01N NaOH 滴定数 (ml)
 エタノール、pH、酸度以外 mg/L

表 2-6 減圧及び常圧蒸留の官能評価成績*

項目	甘藷製		米製	
	減圧	常圧	減圧	常圧
1 ガス臭	17	40	16	38
2 原料臭	37	21	32	22
3 味	31	25	34	19
4 総合評価	31	25	19	27

※ 採点方法は1~3点法により行った。強い3点、強い3点、淡い3点、不良3点
 1 方臭 1点 普通2点
 2 原料臭 少ない1点 普通2点
 3 味 濃厚1点 普通2点
 4 総合評価 良好1点 普通2点
 審査員17名

蒸気の圧力を0.25及び0.20kg/cm²に保持し、わたり3段目のみを使用して蒸留を行った。また、わたり1段目のみを使用した一般的な単式蒸留機と同様の蒸留法も実施した。図2-6に示すように、わたり3段目を使用すると1段目のわたりを使用した場合より留液中のエタノール濃度は高くなった。さらに蒸留缶内の醪加熱用の蒸気圧を下げ、蒸留速度を遅くしたほうが還流濃縮がより効果的になり、留液のエタノール濃度も上昇した。

蒸留歩合は一般の単式蒸留においては末留液を多く回収することにより上げることができる。その場合蒸留液量が多くなりエタノール濃度(検定度数)は低下し、普通留液のエタノール濃度が5~10%前後で蒸留を停止すると言われている。本試験においては留液のエタノール濃度が上がり、かつ蒸留歩合が上昇することから精留効果が確認された。

連続式蒸留機等の精留塔には、夫々の精留棚間に上の棚から下の棚へ液がもどる溢流管⁸⁹⁾があるが、使用した蒸留機にはついていなかった。溢流管があるほうが精留効果は当然上がるが蒸留に長時間を要すると考えられた。本蒸留機の蒸留時間は従来の常圧蒸留機とほとんど変わらず、精留効果を有し蒸留歩合も上昇させることができた。

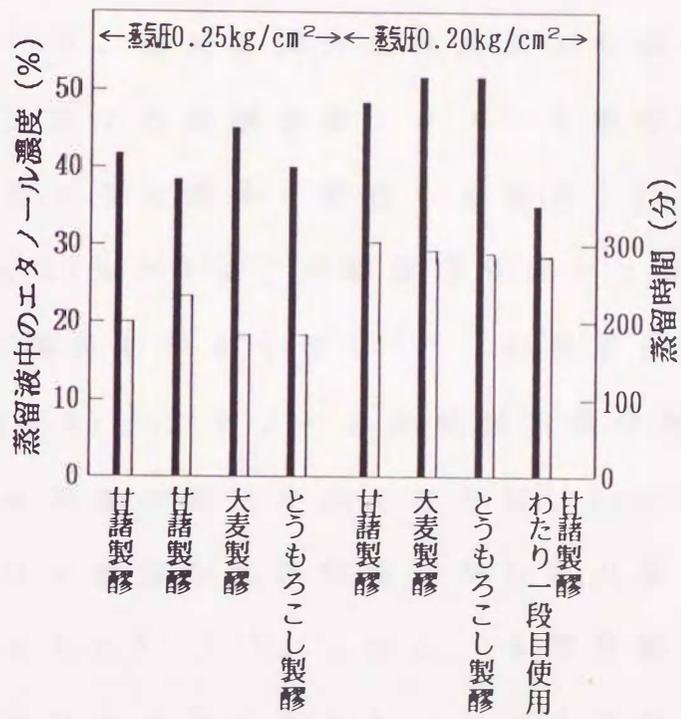


図2-6 わたり3段目使用による蒸留液エタノール濃度と蒸留時間

— : 蒸留液エタノール濃度
 = : 蒸留時間

(2) 留出成分の検討

図2-7にエタノールの留出経過を示す。わたり3段目を使用した場合は1段目を使用した場合より高濃度の留出経過をたどった。低沸点成分はエタノールとほとんど同じような留出経過をたどり、初留部に多く留出し漸次留出量が減少した。低沸点成分は従来型より留出量が増加した。蒸留に供する焼酎醪のエタノール濃度は20%以下であり、このような液体を蒸留した場合、iso-アミルアルコール(bp. 130℃)などの微量成分は、エタノール(bp. 78.3℃)より揮発しやすくなり⁹⁰⁾、初留部に留出量が多くなった(図2-8)。エタノール濃度が本蒸留機の還流機能により、高濃度の留出が続くならば、iso-アミルアルコールなどは中留部から後留部にかけて留出量が多くなることも考えられた^{91・92)}。しかし、本蒸留機の構造機能では十分な精留を發揮できなかつたとも推考された。

中沸点成分については図2-9、10に示すようにカプリル酸エチルは初留から中留にかけて大部分留出し、カプリン酸エチルは初留に多く留出した後、中留から後留にかけて徐々に減少した。酢酸フェネチルも初留から後留にかけて徐々に留出した。これら中沸点物質の留出パターンは従来型蒸留機とほとんど変わらなかつた。

高沸点成分の留出経過例として図2-11にリノール酸エ

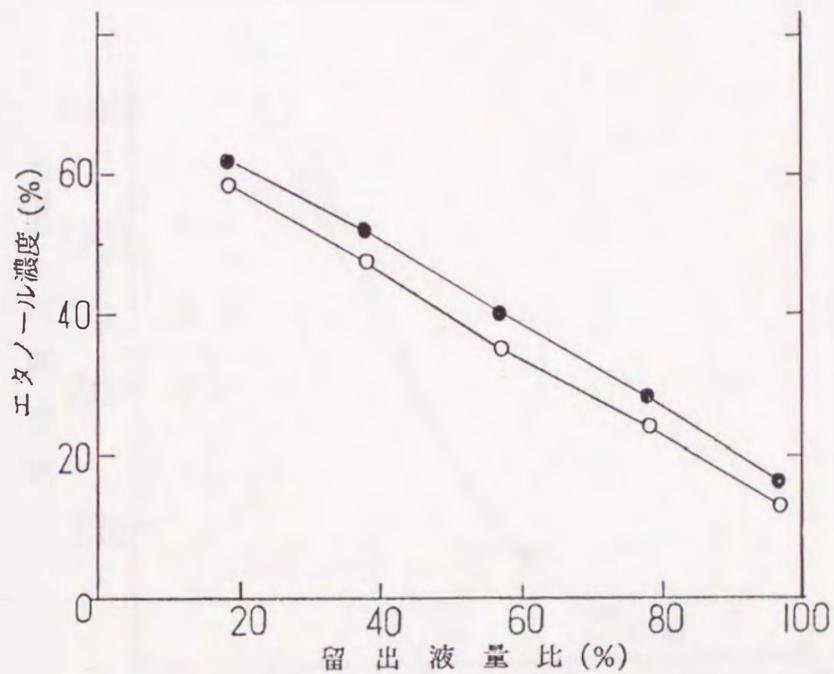


図2-7 甘藷醪中のエタノールの留出経過
 ●:わたり3段目使用蒸留 ○:従来型蒸留
 蒸留条件
 (わたり3段目使用蒸留 醪加熱用蒸気圧 0.25kg/cm^2
 従来型蒸留蒸留 醪加熱用蒸気圧 0.22kg/cm^2
 蒸留液は50Lずつ分画採取した。
 蒸留は留液中のエタノール濃度が7%になったら終了させた。

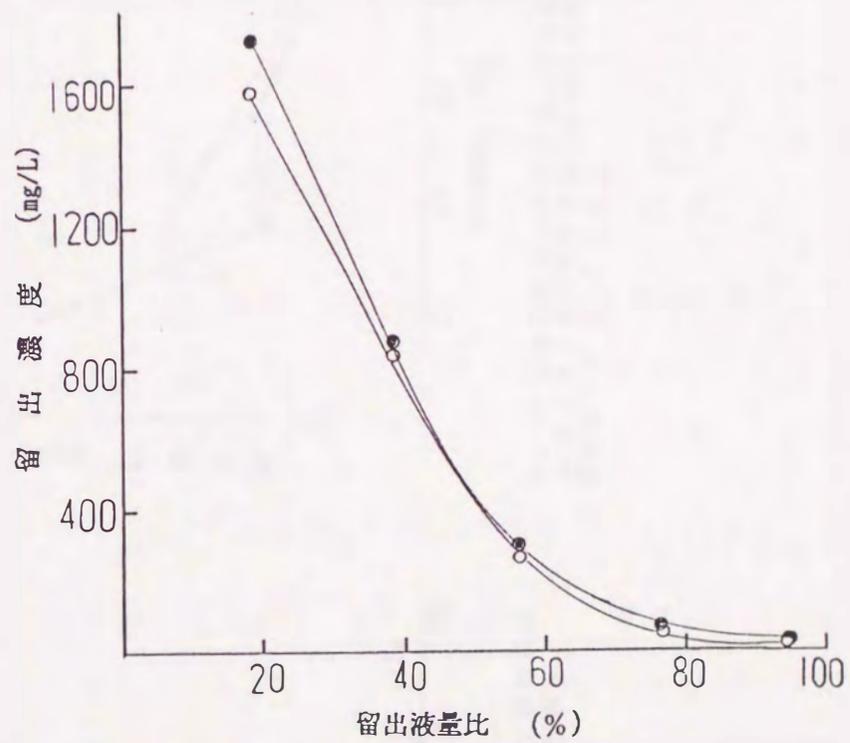


図2-8 甘藷醪中のイソアミルアルコールの留出経過
 ●:わたり3段階目使用蒸留 ○:従来型蒸留
 蒸留条件は 図2-7 に同じ

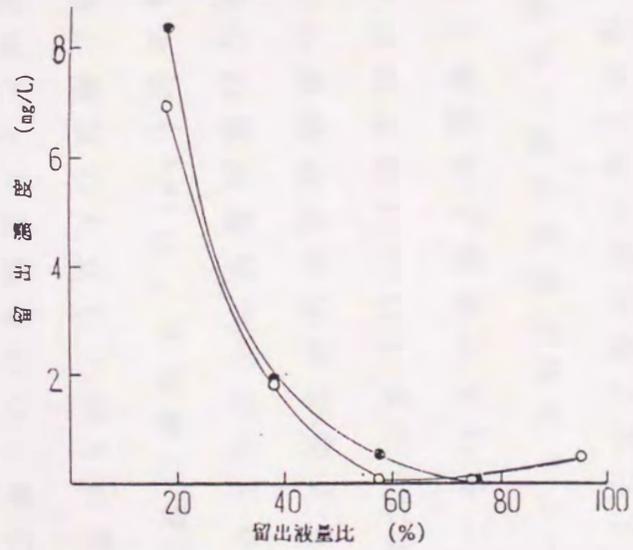


図2-9 甘藷糖中のカプリル酸エチルの留出経過
●: 3段目使用蒸留 ○: 従来型蒸留
蒸留条件は 図2-7 に同じ

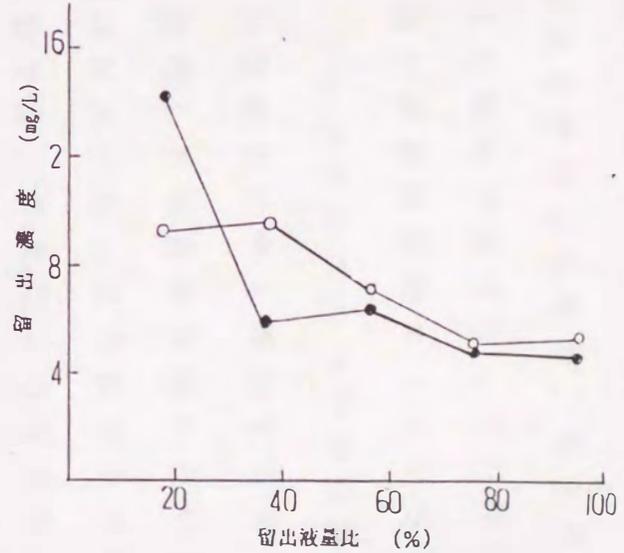


図2-10 甘藷糖中のカプリン酸エチルの留出経過
●: 3段目使用蒸留 ○: 従来型蒸留
蒸留条件は 図2-7 に同じ

チルの留出経過を示したが、高級脂肪酸エチルなどの高沸点成分は醪に蒸気を吹きこんで蒸留する場合、水に溶解しにくいため沸点低下がおこり留出してきた。わたり3段目を使用した場合、従来型よりも後留部に留出量が増える傾向があった。この傾向はパルミチン酸エチル等の他の高級脂肪酸エステルも同様であった。

β -フェネチルアルコールは後留部のエタノール濃度の低い留液中に多く留出する成分であるが、わたり3段目を使用した場合初留部においてより留出量が少なくなる傾向があった。これはわたり3段目を使用した場合に初留部では、従来型より留液中のエタノール濃度が高くなっているためと考えられる(図2-12)。

蒸留終了後の精留棚に残存する成分を調べたのが表2-7であり、特に高沸点物質や β -フェネチルアルコールが各棚に留出せず残存していることが分かった。また留出成分量の比較について表2-8に示すように、エタノールなどの低沸点成分は従来型より留出量が多くなり、高沸点成分の留出量が若干少なくなった。

なお碓ら⁹³⁾は、本試験に使用した還流機を有する蒸留機に類似した立ち上がりの部分に2個の棚段を有する蒸留機により試験を行い、醪に吹き込む加熱用蒸気の蒸気圧を下げて蒸留を行うことにより、初留分におけるエ

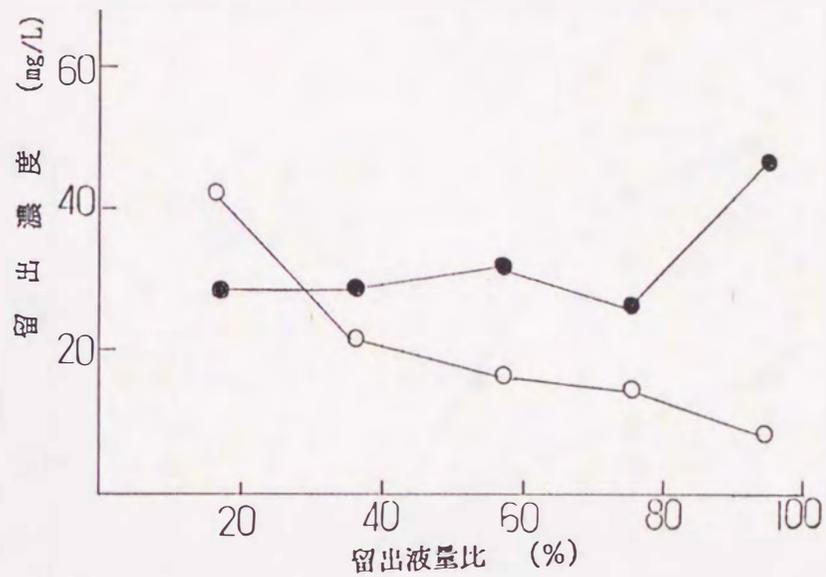


図2-11 甘藷醪中のリノール酸エチルの留出経過
 ●:わたり3段目使用蒸留 ○:従来型蒸留
 蒸留条件は 図2-7 に同じ

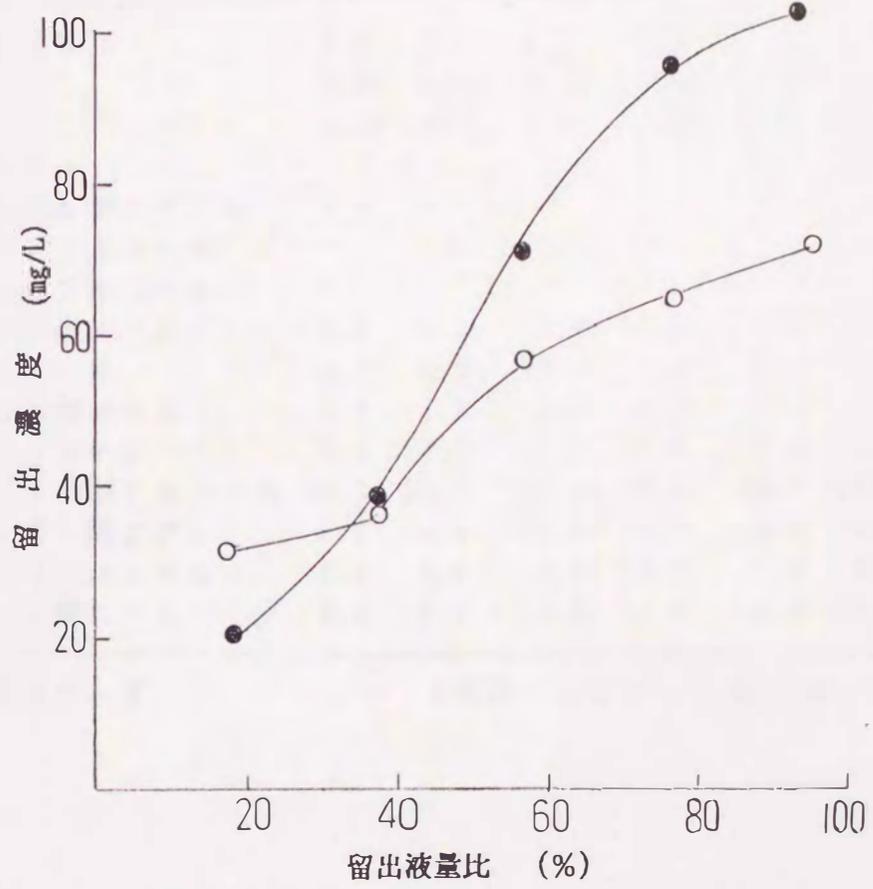


図2-12 β -フェニチルアルコールの留出経過

●: わたり3段目使用蒸留, ○: 従来型蒸留

表2-7 甘藷醪蒸留後の精留棚残留液の組成

成分	精 留 棚 (下から)					
	1 段	2 段	3 段	4 段	5 段	6 段
エタノール (%)	0.8	0.7	0.8	0.9	1.2	1.7
pH	4.07	4.09	4.13	4.15	4.08	4.18
酸度	1.24	1.15	1.12	1.06	1.11	0.88
酢酸エチル	-	-	-	-	-	-
n-プロピルアルコール	1.3	-	-	1.3	-	0.7
i-ブチルアルコール	-	-	-	-	-	-
i-アミルアルコール	-	-	-	-	-	-
カプリル酸エチル	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	-
フルフラール	0.4	0.2	0.4	1.7	1.2	0.6
カプリン酸エチル	1.9	1.8	1.6	1.8	1.8	2.2
酢酸フェネチル	2.4	1.7	1.8	2.0	1.7	2.5
β -フェネチルアルコール	99.3	88.9	80.0	100.0	99.7	139.0
パルミチン酸エチル	6.8	5.4	12.8	17.2	9.6	14.4
ステアリン酸エチル	5.4	5.0	4.0	13.2	7.4	8.0
リノール酸エチル	6.2	5.2	3.8	14.0	6.6	14.0

- : 検出されず

(単位: エタノール以外 mg/L)

表2-8 甘 藷 製 醪 の 留 出 成 分 の 比 較

成分	従来型に よる蒸留	わたり3段目 使用による蒸留
エタノール	127.7 L	131.7 L
揮 発 酸	17.6	14.1
酢酸エチル	57.9	57.5
n-プロピルアルコール	79.2	86.7
i-ブチルアルコール	76.7	82.2
i-アミルアルコール	193.4	206.3
乳酸エチル	1.0	1.3
カプリル酸エチル	0.9	0.9
フルフラール	0.9	0.5
ノナン酸エチル	0.5	0.6
カプリン酸エチル	3.3	3.0
酢酸フェネチル	1.2	1.0
ラウリル酸エチル	1.2	1.1
β -フェネチルアルコール	28.0	25.4
ミリスチン酸エチル	1.1	1.1
パルミチン酸エチル	16.8	15.3
オレイン酸エチル	4.0	3.1
リノール酸エチル	9.7	7.7

各成分は醪1000 L当たりの留出量(エタノール以外単位g)で表示した。

揮発酸は滴定酸度を酢酸に換算して表示した。

タノール濃度が高くなり精留の度合が大きくなる結果を得ている。

(3) 官能評価

官能評価の結果を示す表2-9のように、甘藷製焼酎では、従来型常圧蒸留機による製品の方が、還流機を有する蒸留機による製品よりも評価が高かった。減圧蒸留の場合でも甘藷製については常圧蒸留の方が評価が高かった。このことは、甘藷製焼酎においては常圧蒸留の製品のほうが甘藷特有の甘味を持っているが、減圧蒸留でも還流機を有する蒸留機でも、この甘味成分の留出量が少なく、評価が低くなつたと推察された。しかし甘藷製焼酎の甘味成分は同定されてはいない。常圧蒸留における留液の官能評価を蒸留中に経時的に行うと、甘味成分は比較的后留部に留出することが分かった。

麦やとうもろこし製焼酎においても、わたり3段を使用し還流機を終始使用した製品は評価が低かったが、後留部のみ還流機を使用した製品は評価が高かった。

2.3.3 活性炭処理による蒸留液成分の変化

甘藷製及び大麦製焼酎の蒸留液について、活性炭処理による成分変化を検討した。表2-10に処理に使用した原液の組成を、また表2-11に供試活性炭の性質を示す。

(1) アルコール類の変化

表2-9 官能評価[※]

原料	蒸留法	評点	短評
甘藷	わたり3段使用	13	甘藷の甘みがない
〃	〃	13	淡白
〃	従来の常圧蒸留	9	丸味
とうもろこし	わたり3段使用	13	原料臭あり、淡白
〃	後留部のみ	8	甘味あり
大麦	わたり3段使用	10	原料臭少ない、味濃厚
〃	後留部のみ	10	
〃	わたり3段使用	7	香味良好

※ 採点は1~3点法により行った。
 評点 良好 1点 普通 2点 不良 3点
 審査員6名

表2-10 活性炭処理に供した蒸留液の成分

成分	甘藷製	大麦製
エタノール	25.1%	24.7%
酢酸エチル	64	36
n-プロピルアルコール	61	110
iso-ブチルアルコール	209	141
iso-アミルアルコール	320	405
カプリン酸エチル	0.85	0.62
フルフラール	2.08	4.56
カプリル酸エチル	1.52	1.02
酢酸フェネチル	1.81	1.71
β-フェネチルアルコール	46	47
パルミチン酸エチル	1.33	3.38
リノール酸エチル	0.85	1.41

エタノール以外単位 mg/L

活性炭処理による *n*-プロピルアルコール、*iso*-ブチルアルコール、及び *iso*-アミルアルコールの除去率は、甘藷製では活性炭0.01%添加で3~5%、0.03%添加で5~6%であった。麦製ではさらに除去率は低く、両者とも20時間までに処理時間を延長しても除去率は10%を超えなかった。活性炭処理については、長野^{93a)}が1%添加の24時間処理で36%の除去率を得たという報告や、椎木⁹⁴⁾らが石綿併用で活性炭0.003%添加で除去率0%であったとの報告がある。*β*-フェネチルアルコールについては麦製では0.01%添加で4~8%、0.03%添加で10~14%と除去率は若干上昇した。

(2) 酢酸エチル含量の変化

図 2-13 に各々の活性炭処理後の酢酸エチル含量の変化を示す。活性炭処理によって麦製では酢酸エチル含量は減少せずに逆に増加した。長野^{93a)}は焼酎を活性アルミナや活性炭による処理の際、エステルが減少する場合と増加する場合があると報告した。またウイスキーでは、活性炭処理によりアルデヒドの酸化と初めから存在していた有機酸が、高級アルコールと結合してエステルを形成する反応が促進される⁹⁵⁾。焼酎を活性炭で処理した場合にもエステル生成が促進される場合があると推察される。

表2-11 使用した活性炭の性質

分析項目	A	B	C	D
pH	4.82	4.02	6.20	9.35
メチレンブルー 脱色力 ml/g	195	140	220	99

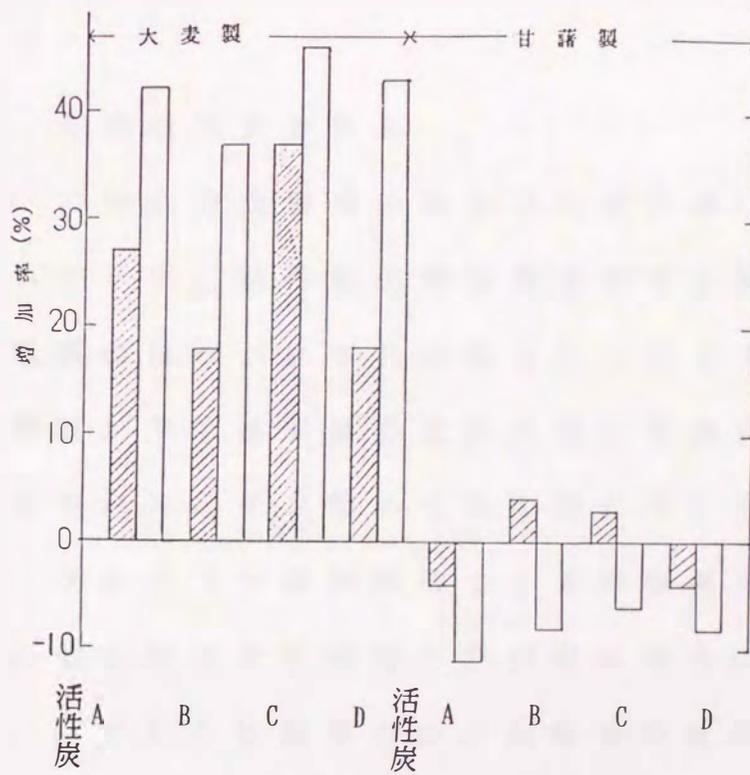


図2-13 活性炭処理による酢酸エチルの増加
 □ : 添加量0.03%
 ▨ : 添加量0.01%

(3) 酸度の減少

表2-12に活性炭Dを用いた場合の酸度の減少を示すが、Dの有機酸の吸着量は最も大きかった。酸敗醪の蒸留液には酢酸等が多く強い酸臭を有するが、この酸臭除去にDは有効であると推察された。一方、他の3種の活性炭は酸度に与える影響は小さかった。25%エタノール液に酢酸を溶解させたモデル系で行った実験でもDは最も酢酸の除去率が高かった。Dによる効果は活性炭浸出液のpHがDのみアルカリ側であることに起因するものと推考された。

(4) 中、高沸点物質の除去

図2-14に中高沸点物質の除去率を活性炭Aを用いた場合について示す。活性炭の添加量を増すと除去率も上がるが甘藷製のほうがいずれの成分についても除去率が高く、炭素数が多く溶解度の比較的低い高沸点のリノール酸エチルやパルミチン酸エチルの除去率が高かった。麦製では、フルフラールが酢酸エチル同様減少せず逆に増加した。他の活性炭を使用した試験結果もほぼ同様であったが、いずれも甘藷製のほうが除去率は高かった。データは上げていないが、同一添加量で比較すると分子篩型のB及びCを用いた処理における除去率が高かった。

2.3.4 苦味物質イポメアマロンの除去

表2-12 活性炭D処理による酸度の減少

処理区	甘藷製		大麦製	
	pH	酸度	pH	酸度
未処理	5.15	0.50	5.57	0.22
活性炭0.01%添加	5.20	0.49	5.67	0.19
// 0.03%添加	5.30	0.42	5.95	0.12

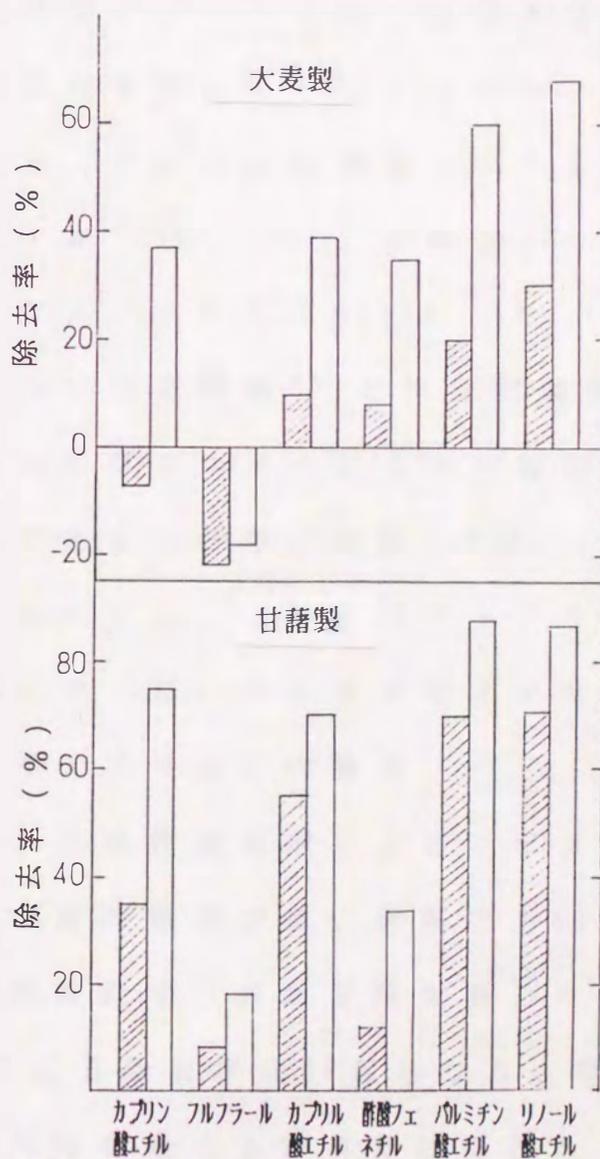


図2-14 活性炭A処理による焼酎成分の除去率

□ : 添加量 0.03%
 ▨ : 添加量 0.01%

(1) イポメアマロンの同定

黒斑病に罹った甘藷が正常な甘藷に混入し、それらを使用して製造した甘藷醪の蒸留液は強い苦味を有する。この苦味物質の活性炭処理による除去を試験した。

図 2-15 には苦味の強い甘藷製焼酎のガスクロマトグラムを示すが、ピーク a は、正常な甘藷製焼酎では小さなピークになるものであり、イポメアマロンのピークと推測された。ピーク a の質量スペクトルを図 2-16 に示すが、分子イオン $M^+ = 250$ 、基準ピーク $m/z 85$ のほか特徴的なフラグメントとして $m/z 43$ 、57、149 が認められ、イポメアマロンの文献値⁹⁶⁾ とほぼ同値を示した。また、薄層クロマトグラフィーにより展開後、エールリッヒ試薬によってオレンジ色に発色し⁹⁷⁾、 R_f 値もイポメアマロン標品と一致し、ガスクロマトグラフにおける R_t 値も一致したので、ピーク a をイポメアマロンと同定した。

(2) イポメアマロンの除去

表 2-13 に各活性炭処理によるイポメアマロンの除去率を示す。一時間処理では、最高でも 51% で 5 人の審査員による官能審査で全員が苦味を感じた。20 時間処理では活性炭 C による除去率は 94% となり、官能審査の結果でわずかに苦味を感じるかまたはほとんど感じない程度にまで除去することができた。

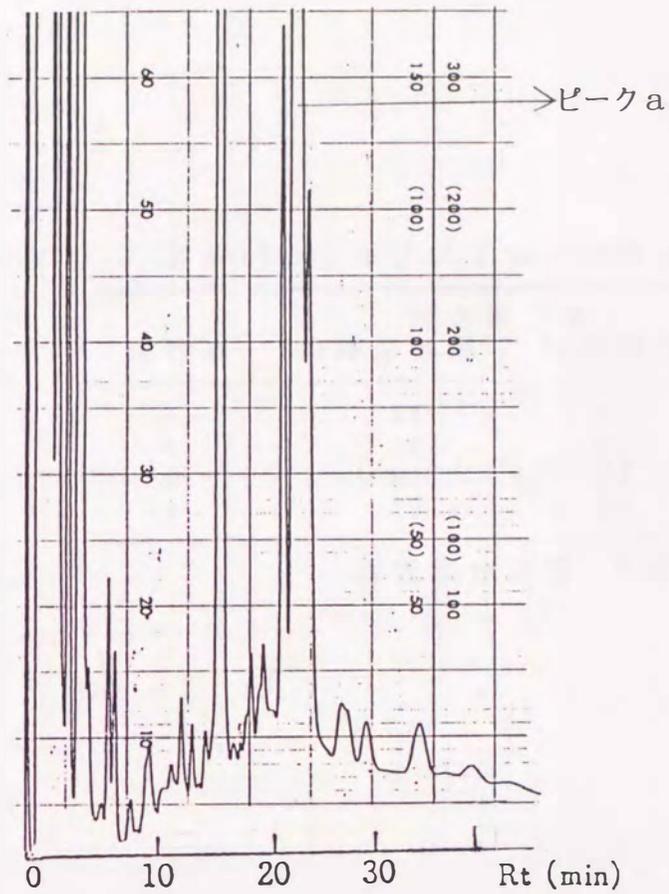


図2-15 苦味の強い甘藷焼酎の中高沸点化合物のガスクロマトグラム

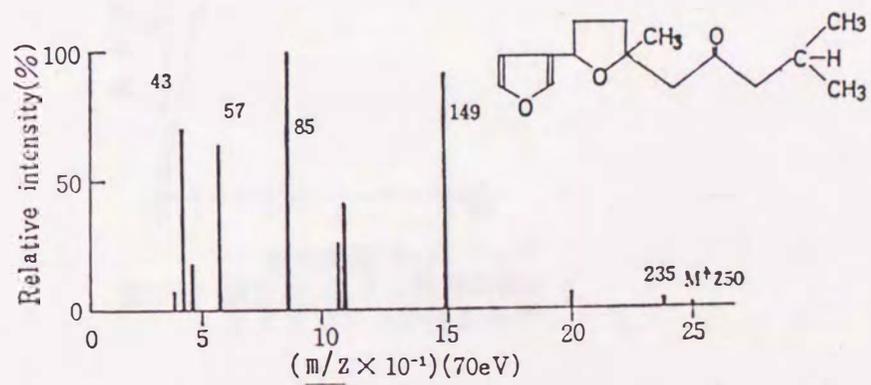


図2-16 ピーク a (図2-15)のGC-MS

表2-13 イボメアマロンの除去率

活性炭	除去率 (%)	
	1時間処理	20時間処理
A	44	69
B	36	83
C	51	94
D	29	56

活性炭添加量 0.03%

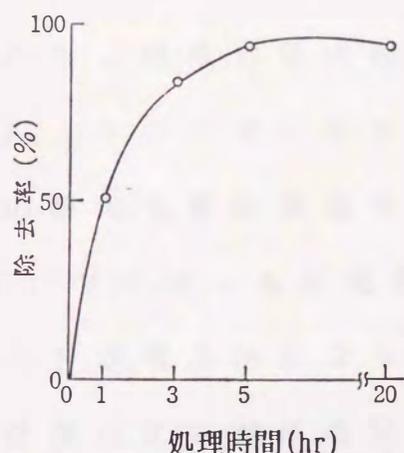


図2-17 活性炭Cによる処理時間とイボメアマロンの除去率⁹⁸⁾

活性炭Cによるイポメアマロンの除去率の経時的变化を検討したところ、図2-17に示すように、ほぼ5時間で除去率は最高に達した。従って、0.03%添加では5時間処理で苦味を感じない程度に除去できると結論した。

2.4 考 察

ウイスキーなどの蒸留酒と異なり、本格焼酎では製品の着色度に制限があるため、長期の樽貯蔵による熟成、品質向上効果は多くを望めない。そのため品質を向上させるには蒸留技術の改良は欠かせないと考えられた。また他の酒類と異なり、甘藷や米、麦等の多種類の澱粉質原料が用いられ、それぞれの原料に由来する固有の成分や発酵副生産物が蒸留によって留出し香味に影響を与えていると推考された。原料甘藷の特徴香を形成するリナロール、ネロール、ゲラニオールなどのモノテルペンアルコールは醪中の酵母や常圧蒸留中の熱と酸により、 α -テルピネオール、リナロールに変換され甘藷製焼酎の香味を形成することが明らかになっている¹⁵⁴⁾。一方、甘藷製醪の加熱温度の低い減圧蒸留では原料臭が強くなる傾向にあった。これについては、常圧加温にみられた変換反応が進行せず原料甘藷臭が強くなったと推測した。

還流機能を有する蒸留機でも官能評価が低くなったが、これは甘藷特有の甘味成分の留出量が少なかったことに

原因があると考えられる。甘藷の甘味成分の明確な同定がなされてはいないが、常圧蒸留において、留出液中のエタノール濃度の低くなる後留部に留出することから、比較的高沸点化合物であろうと推察される。

2.5 小 括

本格焼酎の品質に大きな影響を及ぼす蒸留工程について検討した。減圧下で蒸留を行う減圧蒸留法は、常圧で蒸留を行う従来の蒸留法と異なり、低い温度で蒸留が進行するためにフルフラールなどの蒸留時の二次生成物が少なく、蒸留終了時においてもガス臭がほとんどない留液が得られた。高級脂肪酸エステルの留出量も従来の常圧蒸留法よりかなり少なくなった。この製法による品質の官能評価は穀類製焼酎については淡麗な酒質になり評価が高く、一方甘藷製焼酎では逆に評価が低かった。

還流機能を有する蒸留機は蒸留歩合を上げることができ、 β -フェネチルアルコールや有機酸など後留部に多く留出する成分の留出が少なくなった。高級脂肪酸エステルの留出パターンも、後留部に留出量が多くなるなど従来の常圧蒸留機と異なる留出経過となることが明らかになった。官能評価については還流部を終始使用して蒸留した場合には評価が低くなる傾向があり、穀類焼酎では後留部のみ還流機を使用した場合の評価が高いことが

分かった。

蒸留により分離除去できない甘藷焼酎の苦味物質を活性炭処理による除去を試み、苦味物質イポメアマロンは活性炭添加量0.03%、29時間処理により94%除去でき、官能評価でもほとんど苦味を感じないことが分かった。