はじめに

市場での清酒の安定性

近年、消費者の嗜好の多様化、高級化に対応して吟醸酒、純米酒及び本醸造酒等の特定名称の清酒や長期貯蔵酒、低アルコール清酒などのさまざまな清酒が市場にあふれている。

これらの多品種少量製品をはじめとする市販清酒全般の流通市場における品質管理技術上の留意点について、シェルフライフ（商品寿命）の観点から解説していただいた。

高橋康次郎

平成元年の級別制度の廃止により、清酒の市場は大きく変わりつつある。普通酒がやや落ち込み特定名称清酒の吟醸酒、純米酒及び本醸造酒がその落ち込みをカバーしながら全体ではどうにか前年並の消費数量を保っているという状況がここ数年続いている。

第1表に種類別清酒の課税移出数量比の経年変化を示したが、特定名称清酒の占める割合は年々増加し、平成4年には22%程度に達した。また、今後もまだ伸びることが予想される。

清酒の需要を維持し、さらに消費拡大を図るには、まず品質と価格が消費者の納得できるものでなければならない。特に、吟醸酒や純米酒など高付加価値商品として位置づけられているものは品質がよく、かつ、安定していることが要求される。ところで、清涼飲料水などについては平成7年4月から2年間の移行期間を経てこれまでの製造年月日に替えて品質保持期限を表示することになったが、このような動きは酒類業界においても他人事ではない。この機会に、清酒の市場での安定性、商品寿命について考えてみたい。

1. 清酒が消費されるまでの月数

清酒は工場で瓶詰めされた後、卸を通して、または小売店に直接配達され、ある期間を経て店頭に並べられる。

買上げられた商品が消費者の口に入るまでがメーカーの責任になるが、その実態はメーカーとしてもなかなか把握できにくく、着色がひどくて戻入された場合やクレームを受けた時に初めて知るのが実情であろう。

国税庁鑑定企画官室及び各国税局鑑定官室が実施した平成5年度市販清酒の買上げ調査結果¹⁾によると、税務署員により小売店から買上げられた主力製品及び純米酒

第1表 普通酒と特定名称清酒の課税移出数量の推移（全国）（%）

	酒 造 年 度								
	昭59	60	61	62	63	平1	2	3	4
普通酒	93.7	93.0	91.1	88.8	86.5	84.1	82.3	81.8	78.0
純米酒	1.3	1.4	1.9	2.6	2.4	2.6	2.9	3.1	3.6
本醸造酒	4.7	5.1	6.3	7.8	9.7	11.4	12.5	12.4	14.9
吟醸酒	0.3	0.5	0.7	0.8	1.4	1.9	2.3	2.8	3.5

第1図 主力製品の買上げまでの瓶詰め後月数

第2図 純米酒の買上げまでの瓶詰め後月数

の瓶詰め後月数は第1, 2図のとおりである。買上げた人を一消費者と考えれば、消費者までのおおよその日数が理解できよう。なお、主力製品とは抽出された製造者が出荷している1.8ℓ詰市販清酒（紙パックを含む）のうち、最多販売商品をさす。

この結果によると、主力製品と純米酒の間の差はほとんどなく、買上げられた清酒の平均瓶詰め後月数は2.1～2.3ヵ月以内であり、82～87%が瓶詰め後4ヵ月以内であった。なお、吟醸酒及び本醸酒もほぼ同様の傾向であり、清酒の種類による差は特に認められなかった。

2. 瓶詰め後月数と品質特性との関係¹⁾

主力製品と純米酒について瓶詰め後の月数と品質特性との相関関係を第2表に示した。

調査項目は8成分（アルコール度数，日本酒度，エキ

第2表 瓶詰め後月数と品質特性との相関関係

	相 関 係 数	
	主力製品	純米酒
着色度	0.249**	0.170*
総合品質	0.224**	0.164*
味の濃淡	0.224**	0.307**
味の甘辛		0.144*
味のきれいさ	-0.268**	-0.242**
熟度	-0.333**	-0.281**
試料数	361	206

(* 5%, ** 1% 以下の危険率で有意)

ス分，酸度，アミノ酸度，着色度，紫外外部吸収，直接還元糖）及び5官能特性（総合品質，味の濃淡，味の甘辛，味のきれいさ，熟度）であるが，主力製品と純米酒で共通して有意な関係のみられた項目は，成分では着色度が，官能特性では総合品質，味の濃淡，味のきれいさ及び熟度であった。つまり，瓶詰め後の月数がたった清酒は色が増え，味が多くなってきれいさも失われ，熟度も過熱になり，総合的な品質が低下することになる。

3. 清酒の品質劣化に影響する外部要因

瓶詰め後の清酒は，車での配送時及び店頭に陳列された時点から，太陽や蛍光灯などの光線や温度の影響を受けることになり，その影響は市場での期間が長くなるほど大きくなる。このように，品質劣化に及ぼす主な外部要因として，時間，光線及び温度があげられる。

3.1 時間の影響

時間に関しては，瓶詰め後月数と総合品質とが有意な関係にあることから，瓶詰め後できるだけ新しい状態で消費者の口に入ることが望ましいが，現状は第1, 2図に示したように，瓶詰め後2ヵ月以内で37～41%，3ヵ月以内で69～74%，4ヵ月以内で81～86%の製品が買上げられたことになる。中には，月数が10～11ヵ月のものも散見されることから，メーカーとしては小売店に対して先入れ先出しの徹底などきめ細かな指導が必要である。

3.2 光線の影響

一方，光線の影響に関してはどうか。酒質の

第3表 清酒の容器の種類

清 酒	使用 割合 (%)						試料数
	茶瓶	緑瓶	青瓶	特殊瓶	紙パック	その他	
主力製品	91.6	2.7	0.3	0.3	5.1	0	369
純米酒	50.5	43.6	0	2.7	3.2	0	220
本醸造酒	87.9	8.5	0	1.8	1.8	0	223
吟醸酒	17.7	50.2	0.8	30.9	0	0.4	265

第4表 日光照射による清酒成分の変化

成 分	未照射	照 射	
		包 装	未包装
日本酒度	-6	-6	-6
酸度	1.2	1.2	1.2
アミノ酸度	1.8	1.8	1.8
着色度(430nm, 30mm)	0.042	0.048	0.179
タービディティー	24	22	121
メチルメルカプタン(ppb)	不検出	不検出	425

包装はアルミホイルで行い、容器は三角フラスコを用いた。

第3図 日光による清酒の着色機構

保持には着色反応が起こる 280~380 nm の紫外線を透過しない茶瓶及びエメラルドグリーン瓶が望ましく、青瓶や無色瓶は好ましくない。また、同じ色の瓶でもロットによって透過率が異なる場合も見られるのでよく注意する必要がある²⁾。最近の清酒容器は、第3表に示したように、いずれも紫外線をよくカットする色調のものが使用されていることから¹⁾、瓶詰め後長期間たった製品以外は光線の影響は少ないものと考えられる。なお、容器の色は酒の種類で特徴がみられ、主力製品と本醸造酒は茶瓶が圧倒的に多く、純米酒では茶瓶と緑瓶が、吟醸酒では緑瓶と特殊瓶がよく使用されていることがわかる。

太陽光線に長く晒された清酒の成分変化を第4表に示したが³⁾、日本酒度、酸度、アミノ酸度などには変化は見られないが、着色度が著しく増加するほか、場合によっては濁りを生じることがある。香りではメチルメルカプタンが増加し、日光臭が発生することにより不快感が増し、ひどい場合には飲用に耐えられないものとなる。

日光による着色機構は中村ら⁴⁾によって詳細に検討されており、第3図の3つの反応経路が提案されている。

反応系Aはチロシン、トリプトファンなどのアミノ酸がキヌレン酸やリボフラビン(光増感剤)の存在下で酸化され赤褐色の色素になる反応であり、反応系Bは麹菌

の生産するデフェリフェリクリシンとオキシ酸やケト酸及び Mn が反応系Aに加わった反応、反応系Cは酵母が生産するインドール酢酸や麹菌が生産するプロトカテキュ酸のような極めて酸化されやすい物質の酸化反応である。それぞれの割合は反応系Aが 50%、Bが 20%、Cが 30% 程度と考えられている。

3.3 温度の影響

清酒の変化は化学反応によって進むことから、温度の影響は大きく、温度が 10℃ 高くなると着色反応やコハク酸とエタノールのエステル化反応などの速度は2~3倍になる。第4図に各温度による着色度の変化を示したが⁵⁾、いずれの温度でも着色度は増加するが、40℃ 以上になると特に激しくなる。店頭で 40℃ 以上になることはめったにないが、製造場での火入れ充填後の降温時間に手間取ると、高温の期間が長くなり着色が進むという報告がある。

第5表に 66℃ の火入れから 40℃ までの降下時間と着色増加の関係を示した⁵⁾。降下時間が長くなるほど着色度が大きくなり、急冷した場合と 24 時間を要した場合では着色度(430 nm, 20 mm セル)で 0.005 の差が生じることになるが、この差は 40℃ で数日間の保管、30℃ では約1カ月の保管中の変化に相当する。

従って、瓶詰め後の冷却及び保管場所の温度管理は重

第4図 貯蔵温度と着色度の変化

第5表 火入れ後冷却時間と着色増加の関係

冷却に要する時間(時間)	経過時間(時間)と着色度(430nm, 20mm)			
	0	6	12	24
急冷	0.016	0.017	—	0.018
6	0.016	0.018	—	0.019
12	0.016	0.020	0.021	0.022
24	0.016	0.022	0.023	0.024

冷却時間は、66℃から 40℃ までの時間である。

第5図 総合品質と有意な相関関係の見られた項目
数字は相関係数を示す。
 $r(40, 0.05)=0.304$, $r(40, 0.01)=0.393$

第6表 清酒の各区分の貯蔵着色に対する寄与率

区 分	寄与率 (%)	関与する主な成分
金属区分	18.6	Mn^{2+} , Cu^{2+} , Fe^{3+}
塩基性区分	0	
中・酸性アミノ酸区分	50.0	トリプトファン 8~10% アミノ酸全体 16~20%
酸性区分	21.2	有機酸, 未知成分
中性区分	10.2	グルコース

清酒：新酒（生）

要であり、特に夏場を経過する製品については細心の注意が必要である。

清酒の温度（貯蔵）による着色反応は極めて複雑であり、十分には解明されていないが、着色物質が主にメラノイジンであることから、アミノ-カルボニル反応が主体であると考えられている。

清酒の各成分の着色への寄与率を第6表に示した⁶⁾。最も寄与率の高い区分が中・酸性アミノ酸区分であるが、その中でトリプトファンが8~10%を示す以外アミノ酸全体でも16~20%程度の寄与率であり、残りは窒素配糖体など未知物質と推定されている。金属区分の中では、Mn, Cu, Feに着色反応を促進する効果が認められている。

一方、香りや味の変化も着色の増加とほぼ同時に進行する。香りは新酒時にみられたエステル成分によるフレッシュな感じが消え、落ち着いた穏やかな香りとなるがより進行すると焦げ臭を伴った老ね香となる。焦げ臭の生成については次項で述べる。味の方はきれいさが消え、味が多くなり濃さを増し、度が過ぎると雑味として感じられるようになる。この味の変化には貯蔵中に増加する苦味成分等が関与していると考えられている。

なお、着色反応がアミノ-カルボニル反応であることから、その中間体である3-デオキシグルコン（3-DG）を指標とした出荷管理法が岩野ら⁷⁾によって提案さ

第7表 アミノ酸度と相関関係の見られた項目

区 分	項 目	相関係数
窒素関連成分	アルカリ性側緩衝能	0.938**
	紫外外部吸収	0.914**
	蛋白質量	0.842**
	フォーリン反応	0.544**
着色関連成分	着色増加量	0.709**
	3 DG-増加量	0.548**
	着色度	0.383*
	pH	0.308*
製 造 法	醪掛米精米歩合	0.565**
	酒母掛米精米歩合	0.444**
	醪最高温度	0.484**
	醪15日目温度	0.433**
	醪18日目温度	0.414**
	汲水歩合	-0.415**
酒 質	総合品質	0.470**
	味の濃淡	0.447**
	味のきれいさ	-0.432**

$r(40, 0.05)=0.304$ (*), $r(40, 0.01)=0.393$ (**)

れている。

4. 清酒の品質に及ぼす内部要因

清酒の品質と各種成分との関係については多くの報告があり、得られた結果もおおよそ同じである。そこで、筆者ら⁸⁾が仙台局管内の純米酒42点について統計解析を行った結果について紹介する。

総合品質と各成分との相関関係を求めたところ、第5図に示した結果が得られた。これらは単相関係数なのでいろいろの代用特性も含み直接的な因果関係を示していない場合もあるが、実際の造りも勘案して判断すると、アミノ酸に代表される窒素成分が多く、着色度や酸度の高い清酒さらには貯蔵後の着色増加量の多い清酒は総合品質が劣ると言える。製造工程との関係では、酒母及び

醪掛米の精米歩合、仲添え時の温度との間に有意な関係が得られた。

清酒中のアミノ酸やペプチドは清酒の旨味や味の幅、緩衝作用などに寄与しており、ある程度の量は必ず必要である。ここで問題にしているのは、それが過剰の場合である。

4.1 アミノ酸

アミノ酸度と有意な関係のみられた項目を第3表に示した。紫外吸収、アルカリ性側緩衝能、フォーリン反応及び蛋白質量は因子分析から、アミノ酸と同義と解釈される。アミノ酸の多い清酒は pH が高く色も濃く、貯

第6図 浸水歩合と製成酒のアミノ酸度との関係

蔵後の色の増加量も多い。製造工程との関係では、浸水歩合が高いとアミノ酸は少なくなり、掛米の精米歩合、15~18 日目の醪温度や最高温度が高くなると多くなると言える。浸水歩合とアミノ酸度の関係は第6図に示したように小仕込試験でも確認された⁹⁾。

アミノ酸の中でどのアミノ酸が酒質の変化に関与するのであろうか。清酒を火入れ後貯蔵した場合、ほとんどのアミノ酸が減少するが、中でもスレオニン、トリプトファンが特に顕著であり、シスチンやメチオニン等の含硫アミノ酸の減少も大きい^{10,11)}。スレオニンは第7図に示したように、分解後アセトアルデヒドと縮合して、老ね香の主成分である 3-ヒドロキシ 4,5-ジメチル-2 (5H)-フラノン (別名ソトロン) に変化する¹²⁾。この物質は濃度によって香りの性質が変わり、濃い場合はカレー様の香り、ごく薄い場合 (0.1 ppb) は糖蜜臭、その中間の濃度で焦げ臭 (老ね香) を示すという特徴がある。

トリプトファンはこれまでも述べてきたように、貯蔵及び日光による着色や苦味成分の生成に関与し、含硫アミノ酸はメルカプタンやジメチルジサルファイドなどの香り (老ね香の成分) に変化する。そのほかのアミノ酸も着色や雑味、さらには香り成分へと変化すると思われるが、まだ十分な解明はなされていない。

第8図に主力製品のアミノ酸度の経年変化を示したが¹⁾、ここ数年減少してきており、それだけ品質も向上し市場での安定性も増してきていると推定される。

第7図 3-ヒドロキシ-4,5-ジメチル-2(5H)-フラノン(HDMF)の生成と分解の経路

第8図 アミノ酸度の経年変化

第9図 精米歩合の経年変化

第10図 精米歩合と粗蛋白との関係

清酒中のアミノ酸は主に、原料米の蛋白質から麴の酸性プロテアーゼ及び酸性カルボキシペプチダーゼの作用により生成される。従って、原料米の精米歩合を低くするとそれだけ蛋白質が減少し、製成酒のアミノ酸度も減ることになるが、そのほかに、米の粗蛋白を加熱により変性させる方法（焙炒造り）や、蛋白質分解酵素をほとんど含まない酵素剤を利用する方法（液化仕込み、融米

造り）も実施されている。

4.2 精米歩合

原料米を高精白するとそれだけ酒質が良くなることは古くからわかってきた。従って、清酒の品質競争になると精米歩合を低くすることの競争になりがちである。第9図に示した経年変化からわかるように、ここ10年間平均精米歩合は年々減少し、平成5年には67.5%に達した。一方、特定名称清酒の方は低いところでほぼ定着してきたと考えられる。原料米を高度に精白していくと、品質に好ましくない脂肪、灰分は急激に減少する。灰分の中ではFe、Mg次いでK、Mnの減少が大きい。

Feは麴菌の生産するデフェリフェリクリシンと強固に結合し、活性炭素処置でも除去しにくい黄褐色のフェリクリシンとなるほか、貯蔵中の着色反応を促進する。Mnも前述したように貯蔵及び日光による着色反応を促進するので、これらは少ないほど望ましい。

蛋白質と精米歩合との関係を第10図に示したが¹³⁾、粗蛋白の減少は緩やかで、精米歩合50%に精白しても玄米の半分程度の4~5%に減少するだけである。最近、米蛋白の約90%はプロテインボディ(PB-IとII)と呼ばれる顆粒として存在し、精米歩合70%の白米では全蛋白質の22.9%をPB-Iが、55.6%をPB-IIが占めること、PB-Iは醗中では分解を受けず、アミノ酸の生成はPB-IIの分解によることなどが明らかにされた¹⁴⁾。従って、醗中でアミノ酸に分解される可能性のある米蛋白は全体の約半分量と考えられる。

このように、原料米の精米歩合が低くなると清酒中のアミノ酸やミネラルそのほか清酒の品質に好ましくない成分が少なくなり、品質の向上とともに安定性が増すことになる。

5. その他の品質劣化要因

上で述べたような品質の劣化は、その環境下におかれると何れの清酒にも起こり得るが、そのほかに酵素蛋白の熱変性による蛋白混濁（白ボケ）や微生物の汚染による火落ちなどで品質劣化をきたす例も稀にみられる。

5.1 蛋白混濁

蛋白混濁は麴由来のグルコアミラーゼ及び一部α-アミラーゼの熱変性によって起こる。これらの酵素蛋白が多いにもかかわらずおり下げを行わない清酒では、火入れ後に瓶内で混濁を起こし商品価値が失われる。しかし、最近の清酒造りが、麴歩合を少なくしたり若目の麴を使用する傾向にあること、また、製品の流通範囲が広域化したことから、各社ともおり下げ・ろ過を十分に実施していることなどから、蛋白混濁は以前より少なくな

ってきている。

おり下げ操作は、柿渋・ゼラチンによる物理的方法でも酵素法でも既に確立された方法であり、慣れた方法で行えば十分な透明度が得られるのが普通である。

5.2 火 落 ち

清酒中で生育する乳酸菌を火落菌と呼び、この菌が繁殖した状態が火落ちである。火落ちした清酒は、菌の繁殖により混濁が起こり、場合によっては酸の増加により酸臭が、またダイアセチルの生成によりつわり香を伴う場合がある。最近の火落ちは混濁のみで、酸の増加や香りの変化の少ないものが多いが、稀に滴定酸度が7mlを越す火落ちの例もみられるので油断は禁物である。

最近、純米酒などの端桶貯蔵による蔵内酒の火落ちが増えていたほか、生酒を多くの製造場が商品化することになったことで技術的に問題のある蔵も出てきたことや吟醸酒の生酒での出品や低温火入れの普及などにより、市販酒や鑑評会出品酒に以前より火落ちが多く見受けられるようになった。

後藤（山本）ら¹⁵⁾は、5 国税局管内の試料清酒を分析し、火落ちした原酒からは真性火落菌の *L.fructivorans*

（以前の *L.heterohiochii*）のみが検出され、市販酒や鑑評会出品酒からはこのほかに火落性乳酸菌 *L.hilgardii* が多く検出されること、アルコールが10%程度になるとこのほかに火落性乳酸菌 *L.paracasei* や *L.rhamnosus* も頻繁に検出されることを報告している。

火落菌が清酒中に混入する経路はさまざまであるが、器具類や容器類を介しての場合が多い。特に上槽操作により火落菌数が増加すると言われており、ろ布を十分洗浄し、時々薬剤殺菌するほか、蔵内や上槽場の清掃・殺菌を励行し、蔵内から火落菌をなくすることが大切である。

6. 品質の安定化法

市場での清酒の品質安定化の方法を第8表に示した。この中で、製成酒の活性炭処理は、脱色や香味の調整のほかに貯蔵及び日光着色の防止、さらには火落ち防止にも大きな効果を発揮する。

第9表に活性炭の使用量と着色防止との関係を示したが、貯蔵着色の防止に比較し日光着色の防止に効果が大きい。活性炭には日光着色を促進するリボフラビン、キ

第8表 市場における清酒の品質安定化のための方策

工 程	安定化のための方策	主 要 な 効 果
製造工程	1. 適度な精米歩合 2. 醪温度の適切な管理特に醪の最高温度及び醪後半の温度 3. 適度な粕歩合	粗蛋白、ミネラル、脂肪等の低減 蒸米の過溶解の抑制、酵母の活性状態の維持 不要成分の溶解抑制
製成酒	1. 適切な活性炭処理 2. 適切な貯蔵管理 3. おり下げ・ろ過の徹底 4. 確実な火入れ操作 5. 溶存酸素の除去 6. 火入れ後急冷の実施 7. 製品倉庫内の温度管理	日光及び貯蔵着色の防止、過熱防止、火落ち防止 貯蔵着色及び過熱防止、火落ち防止 蛋白混濁の防止 火落ち防止 貯蔵着色及び過熱防止 貯蔵着色及び過熱防止 貯蔵着色及び過熱防止
流通過程	1. 輸送時の遮光の徹底 2. 販売店への頻繁な訪問 3. 先入れ先出しの徹底 4. 一定温度での陳列 5. 着色瓶の使用	日光着色の防止 商品の回転促進、滞留防止 商品の回転促進、滞留防止 温度による変化の防止 日光着色の防止

第9表 活性炭の使用量と脱色及び着色防止効果

活性炭 濃度 (g/kl)	着色度 (OD ₄₃₀ ⁰)	脱色率 (%)	貯 蔵 後		日光照射後	
			着色度 (OD ₄₃₀ ⁰)	防止率 (%)	着色度 (OD ₄₃₀ ⁰)	防止率 (%)
0	0.136	0	0.329	0	0.330	0
250	0.058	57.4	0.238	6.7	0.216	18.6
500	0.042	69.1	0.203	16.6	0.157	40.7
1,000	0.033	75.7	0.180	23.8	0.114	58.3

スレン酸がよく吸着され、アミノ酸ではトリプトファン、フェニルアラニン、チロシンが、金属では Fe, Cu, Zn が比較的吸着される¹⁶⁾。

そのほか、清酒の温度による着色や日光着色、さらには熟成反応が酸化反応であることから、清酒中の溶存酸素を除去して瓶詰めにするにより品質の安定化を図る装置も開発されている¹⁷⁾。

お わ り に

これまで、市販酒の市場での動向や、品質に影響を及ぼす外部・内部要因及び品質の安定化策などについて触れてきた。メーカーは、これまで高品質で消費者に喜ばれる清酒の製造に関して十分に力を注いできたと言える。ただ、清酒の品質は消費者の口に入った時点で初めて評価されることから、市場での品質の安定化、品質管理にこれまで以上に意を注ぎ消費の拡大に努力していただきたい。

<国税庁醸造試験所>

文 献

- 1) 国税庁課税部鑑定企画官室：平成5年度全国市販酒類調査解析結果，(1994)
- 2) 栗山一秀：醸造論文集，30，36 (1975)
- 3) 未発表
- 4) 中村欽一：醸協，66 (1)，13 (1971)
- 5) 嘉納 明，向井静夫，大野裕作，近藤雅義：醸協，78 (8)，633 (1983)
- 6) 高橋康次郎：醸協，75 (2)，119 (1980)
- 7) 岩野君夫，来間健次，衣山陽三，中村伝一，河地元彦：醸協，65 (1)，59 (1970)
- 8) 高橋康次郎，下飯 仁，秋田 修，鈴木昭紀，石川雄章，白石常夫，小林信也，秋本雄一：醸協，78 (11)，886 (1983)
- 9) 高橋康次郎：北醸研，23，10 (1992)
- 10) 清酒製造技術，p. 275，(財)日本醸造協会 (1979)
- 11) 近藤恭一，中沢英五郎，草間 透，竹村成三：醸協，78 (10)，760 (1983)
- 12) K. TAKAHASHI, M. TADENUMA and S. SATO : *Agr. Biol. Chem.*, 40, 325 (1976)
- 13) 齋藤富男，木下 実，高安裕子，諏訪為治，窪田陽子：醸協，88 (1)，69 (1993)
- 14) 木崎康造，井上康裕，岡崎直人，小林信也：醸協，86 (4)，293 (1991)
- 15) 後藤 (山本) 奈美，角田朝子，福田 整，高宮義治，佐藤俊一，山岡 洋，岩下和裕，岸 伸彦，戸塚 昭，梅田紀彦：醸協投稿中
- 16) 佐藤 信，蓼沼 誠，大場俊輝，高橋康次郎：醸協，72 (3)，231 (1977)
- 17) 山下正純，木崎康造，伊田尚史，本田克久，荒巻功，小林信也，岡崎直人：平成4年日本醸造学会発表 (1992)