清酒醪の発酵温度とアミノ酸の動向

進 藤 齊・角田 潔和・吉 沢 淑・小泉 武夫

(東京農業大学農学部醸造学科)

平成5年7月12日受理

Effects of Fermentation Temperature on Amino Acid Composition of *Moromi* Mash During Sake Mash Fermentation

Studies on Fermentation Temperature of Sake (Part 1)

Hitoshi SHINDO, Toshitaka KAKUTA, Kiyoshi YOSHIKAWA and Takeo KOIZUMI

(Department of Brewing and Fermentation, Faculty of Agriculture, Tokyo
University of Agriculture, 1-1-1, Sakuragaoka, Setagaya-ku, Tokyo 156)

Effects of fermentation temperature on the amino acid composition of *moromi* mash during fermentation were studied on laboratory scale sake brewing carried out using Kyokai No.7 yeast.

As the result, it was possible to make distinctions among various fermenting processes by controlling temperature patterns during *moromi* mash fermentation. In the *moromi* fermented at low temperature (Max. Temp. 10~12°C), concentrations of lysine and methionine were lower than those in the mash fermented at high temperature (Max. Temp. 14~20°C). But these phenomena were not observed in the fermentation of *koji* extract media. In the *moromi* mash fermented at low temperature, the concentration of cystine in yeast cells was higher than that fermented at high temperature.

It was suggested that temperature is concerned with the uptake of amino acids by yeasts in parallel fermentation. The uptake of sulfur-containing amino acids were characteristic in the mash fermented in low temperature, and the fact was suggested to result in the appearance of hydrogen sulfide in the early stage of *moromi* mash fermentation.

Key words: 清酒醪・発酵温度・アミノ酸

緒 言

清酒醪の管理において特に重要なものの一つに品温経過があり、ほとんどの場合、ボーマ (BMD 値) とアルコールの経過分析に従って品温操作が行われている。この清酒醪の経過には昔から「発酵型式」という表現も用いられ管理の一指標とされてきた。

この清酒醪の発酵型式は、明治初期に中村により提唱されたと言われ¹⁾、その後、小六²⁾によって定義化がなされ、酒造場での経験的な酒質との関係が報告¹⁻⁴⁾されている。しかし、それらは単に傾向としてとらえられているにすぎず、成分の解析による綿密な追求は行われていない。このように醪経過は経験的に酒質を決める直接の要因でありながら、これまでその挙動と製成酒の酒質についての詳細な研究が行われていなかった。

一方、これら醪の経過、発酵型式に影響を与える条件としては、仕込配合、酒母の強弱、水の硬度等いくつかの仕込条件が挙げられている²⁾が、それらの仕込条件を同一にして仕込んだ清酒醪がたどる経過は、品温経過によって直接左右されと考えられる。

そこで本報告では清酒の主要な味成分の一つであるアミノ酸を取り上げ、同条件下の仕込みにおいて発酵温度経過の差異が醪中のアミノ酸組成にどのように影響を与えるのかについて検討を行った。

実 験 方 法

1. 供試酵母

協会7号を用いた。

2. 仕込方法

速醸酒母により総米 6 kg、精米歩合 67% の仕込みを行った。仕込配合を Table 1 に示した。仕込みは米、炭

清酒醪の発酵温度と酒質の関係 (第1報)

Table 1 Proportions of raw materials used for *moromi* mash in various fermenting processes.

	Total rice	Steamed rice	Rice- <i>koji</i>	Water
<i>Moto</i> mash	420	280	140	460
1st addition	840	600	240	760
2nd addition	1,680	1,290	390	2,020
3rd addition	3,060	2,510	550	4,560
Total	6,000	4,680	1,320	7,800

(unit. g)

水、麴、酒母等原料をすべて共通とし、代表的な発酵経過を発酵型式を参考に設定した。最高品温が、13日目に15°Cとなるよう設定した醪をA（前緩後急型）とし、以下同様に13日目に11°Cとした醪B（前緩後緩型）、8日目に14°Cとした醪C（前急後緩型）、8日目に16°Cとした醪D（前急後急型）の4種とした。なお、A～Dの仕込みを行うにあたり醪に各々の発酵経過を誘導するために添、伸、留の仕込温度に差を設けそれぞれの最高品温到達後は、醪の経過に従って品温を降下させた。

また、品温経過の他に清酒醪の発酵型式に影響を与える条件としては、酒母の強弱や水の硬度等の仕込条件がある²⁾が、それらを同一条件とした清酒醪間の発酵経過は品温経過の影響を大きく受ける。しかし、発酵型式はBMD曲線の差異やその醪の性状等により相対的に決定づけられる²⁾ものであるため、前記の仕込方法により個別化して試験したとしても、各醪の仕込温度や最高品温、またその到達日数等がまちまちで、設定条件が複合的であり、温度がアミノ酸の動向に与える影響を特定しきれない。

そこで醪の品温経過について更に詳細な検討を行うため、仕込温度も同条件で留品温を8°Cとし、最高品温を15°C、その到達日を8日目とする醪を対照（CTRL）とし、これに対し最高品温12°C、20°Cで最高品温到達日を8日目とした醪をそれぞれT12、T20、また最高品温15°C、その到達日が5、12日目の醪をそれぞれTP5、TP12と設定し、最高品温及びその到達日の違いによる製成酒のアミノ酸組成について検討した。なお、これらの仕込配合をTable 2に、誘導品温経過をFig. 1に示した。

更に醪の品温経過の差異が、酵母菌体内のアミノ酸組成に及ぼす影響を検討するため、別個に最高品温12、15、20°Cの醪をそれぞれK12、K15、K20とし、総米1kgの仕込みを行いアミノ酸組成の分析を行った。

3. 単行発酵系における発酵温度とアミノ酸組成

並行複発酵での醪中の酵母は、米粒の溶解に左右されながらアミノ酸の供給を受けている。従って、並行複発

Table 2 Proportions of raw materials used for *moromi* mash with different patterns of temperature.

	Total rice*	Steamed rice	Rice- <i>koji</i>	Water
1st addition	25	15	10	38*
2nd addition	40	32	8	50
3rd addition	85	70	15	107
Total	150	117	33	195

* Contains 0.5% lactic acid.

(unit. g)

Fig. 1 Patterns of fermentation temperature set in the model experiment.

Symbols : —△—, T12; —□—, T20; —■—, TP5; —○—, TP12; —●—, CTRL.

酵では麴由来の酵素群の作用が製成酒のアミノ酸組成に影響を及ぼすと考えられる。そのため単行発酵時における発酵温度がアミノ酸組成に与える影響について検討した。培地はオートクレーブで1気圧、達圧滅菌したボーム5の麴エキスを培地を用いて、酵母接種時の初発温度を6°C、最高温度（10°C、15°C、20°C）がそれぞれ8日目になるように昇温経過を設定し、それぞれをE10、E15、E20とした。なお、最高温度到達後はその温度を維持し、培養終了時のアミノ酸分析を行った。

4. 一般分析

国税庁所定分析法⁵⁾に従った。

5. 醪濾液及び酵母菌体内のアミノ酸組成

醪よりNo.2濾紙濾過により得られた濾液について、アミノ酸自動分析計（日立L-8500型）を用い分析を行った。分析条件はカラム温度57°C、反応槽130°Cとした。試料はアミノ酸分析用塩酸で適宜希釈して用いた。また、酵母菌体内のアミノ酸については吉沢ら⁹⁾の方法に従い、醪から遠心分離により酵母を分離、菌体内アミノ酸を熱水抽出し、同様に行った。

実験結果

1. 醪の発酵経過と製成酒一般分析

醪の品温経過をFig. 2に示す。AからDの醪経過で

Fig. 2 Changes in temperature during *moromi* mash fermentation using various fermenting processes.

Symbols: —□—, A (Zenkan-Koukyu); —■—, B (Zenkan-Koukan); —●—, C (Zenkyu-Koukan); —○—, D (Zenkyu-Koukyu).

仕込みを行うため品温をコントロールしながら醪を誘導したところ、4種の異なる経過の醪を得ることができた。次に Fig. 3 に BMD 値の比較を示す。醪AとB（前緩型）ではC、D（前急型）に比べBMDの最高値が高く、醪B、C（後緩型）はA、D（後急型）に比べBMD値の低下が緩やかであった。また、Table 3 にそれぞれの製成酒の一般分析値を示す。製成酒のアミノ酸度は2.1と同値であった。杉山⁷⁾は実地醸造における長期醪では短期醪に比べ、アミノ酸度が高くなることを報告しているが、これと異なる結果となった。これは原料米、酒母、麴が各仕込みに共通であることが原因と思われる。きき酒による官能評価では後緩型のB、Cが淡麗型で総合評価が高かった。また、醪末期の泡面は4種とも同様であった。これは発酵温度は醪の泡面に影響を及ぼさないという原ら⁸⁾の報告と一致した。

2. 醪の発酵型式及び発酵温度と製成酒のアミノ酸組成

製成酒のアミノ酸組成をTable 4に示した。表示した各アミノ酸の順位は、秋田らの報告⁹⁾を参考に清酒酵母が利用しやすい順に上位から並べたものである。アミノ酸度同様、製成酒のアミノ酸量には差はなかったが、その組成には幾つかの差異が認められ、酵母が取り込みや

Fig. 3 Changes in BMD value in *moromi* mash using various fermenting processes.

BMD value = (Bé ; density) × (fermentation period ; day)

Symbols: —□—, A (Zenkan-Koukyu); —■—, B (Zenkan-Koukan); —●—, C (Zenkyu-Koukan); —○—, D (Zenkyu-Koukyu).

Table 4 Amino acid composition of sake produced in various fermenting processes.

	Content (%)			
	A	B	C	D
Lys	3.4	2.7	3.6	3.7
Ser	3.6	3.4	3.8	3.9
Thr	7.8	7.3	8.0	8.0
Met	1.2	0.7	1.2	1.3
His	1.8	1.8	1.8	1.8
Leu	6.8	7.0	6.6	6.4
Asp	3.1	3.0	3.3	3.2
Ile	2.4	2.5	2.3	2.3
Glu	8.5	8.8	8.8	8.6
Phe	5.0	5.1	4.9	4.9
Arg	17.2	18.0	16.9	16.9
Val	5.9	6.0	5.7	5.7
Tyr	5.2	5.2	5.0	5.0
Ala	9.4	9.5	9.5	9.7
Gly	6.1	6.1	6.0	6.0
Pro	12.5	12.9	12.5	12.8
Total (mg/l)	3,360	3,164	3,432	3,237

すい⁹⁾とされているリジン、メチオニンがBの低温長期醪（前緩後緩型）で構成比が低く、逆にそれらよりも取り込みにくいとされるアルギニンが多かった。

Table 3 Composition of sake produced in various fermenting processes.

	pH	Acidity (mL)	Amino acidity (mL)	Reducing sugar (% w/v)	Alcohol (% v/v)	Sake-meter	Color OD ₄₃₀
A	3.98	2.9	2.1	2.0	19.9	-3	0.046
B	4.04	2.8	2.1	2.0	19.5	-2	0.041
C	4.01	2.9	2.1	1.7	18.8	-3	0.042
D	3.98	2.9	2.1	2.2	19.9	-4	0.060

また、品温経過の異なる醪でのそれぞれの醪期間は T 20 が 14 日間、CTRL、TP 5 は 18 日間、T 12、TP 12 では 22 日間であった。それぞれの製成酒の遊離アミノ酸組成を Table 5 に示したが、最高品温の低い T 12 では CTRL、T 20 よりもリジン、メチオニンが少なくなり、低温醪における両アミノ酸の減少がみられた。このことは清酒醪での発酵温度の差は、製成酒のアミノ酸組成に影響を与えないとする原の¹⁰⁾報告とは異なっていた。

また、最高品温は 15°C と同じであるが、前半昇温経過の遅い TP 12 では、昇温経過の遅い分、醪初期に低温下におかれるためか、CTRL、TP 5 に比べ、製成酒のリジン、メチオニンが減少した。以上より醪前半の品温も両アミノ酸の消長に影響を与えることが認められたが、最高品温の影響がアミノ酸組成の変化に与える方が顕著であった。

3. 醪の発酵経過の差異と醪中の遊離アミノ酸の動向

発酵経過の異なる醪中でのアミノ酸量の経時変化及び酵母に取り込まれにくいとされるチロシン、アルギニン、取り込まれやすいとされるリジン、メチオニン、セリンの経時変化を Fig. 4 に示した。各アミノ酸とも低温醪のものほど増加が緩やかである傾向を示した。しかし、

Table 5 Effects of temperature on the composition of amino acid in sake produced with different patterns of temperature.

	Content (%)				
	T 12	T 20	TP 5	TP 12	CTRL
Lys	2.1	4.5	4.2	2.8	4.0
Ser	2.2	3.1	3.0	2.5	2.7
Thr	5.7	7.1	7.0	6.3	6.6
Met	0.8	1.4	1.4	1.1	1.2
His	1.7	1.9	1.9	1.8	2.2
Leu	7.5	5.7	5.8	7.0	6.2
Asp	3.3	3.7	4.4	3.9	4.0
Ile	2.7	1.9	1.9	2.4	2.1
Glu	7.4	9.5	9.6	8.3	8.5
Phe	5.7	4.5	5.2	5.8	5.2
Arg	19.0	17.0	16.5	18.1	17.7
Val	6.3	5.4	5.2	5.9	5.7
Tyr	6.0	4.9	5.1	5.5	5.3
Ala	9.6	10.0	10.2	10.3	10.1
Gly	6.5	6.2	6.0	6.0	5.9
Pro	13.6	13.2	12.6	12.3	12.7
Total (mg/l)	4,038	4,452	5,016	4,990	4,777

Fig. 4 Changes in total amino acid and some amino acid in *moromi* mash filtrate.

Symbols: —□—, A (Zenkan-koukyu); —■—, B (Zenkan-Koukan); —●—, C (Zenkyu-Koukan); —○—, D (Zenkyu-Koukyu).

低温醪Bの製成酒に少なかったリジンは、その醪初期からすでに含量が少なく、その傾向は醪全般に渡っていた。またメチオニンは、低温醪Bで醪期間中を通じてその含量は一定でかつ少なく、他の醪に比べ液中には存在しにくい傾向を示した。以上より製成酒におけるアミノ酸組成の差異は醪初期から既に始まっていることが認められた。またアルギニン、チロシンは醪後半においてもやや増加傾向が継続し、セリンは醪前半でその含量が低かった。

しかし、製成酒中の遊離アミノ酸のみで、ペプチドのアミノ酸組成について検討を加えていないことや、酒粕に移行したアミノ酸についての追求は行っていないことから、これら低温下で構成比の少ない2種のアミノ酸は低温下で選択的に菌体内に取り込まれたのか、または粕へ移行したのか、あるいは醪液中において他の物質に変換されたのか不明であった。そこで酵母菌体内のアミノ酸組成について検討した。

4. 酵母菌体内のアミノ酸

低温醪の製成酒中で少なかったメチオニン等のアミノ酸消長には、酵母のアミノ酸取り込みの影響が考えられたので発酵温度と菌体内のアミノ酸組成について検討した。結果をTable 6に示す。上槽時の菌体内のアミノ酸組成では温度差とメチオニンの間に明確な傾向は認められなかったものの、低温側で菌体内のシスチン構成比が

Table 6 Effects of max. temperature of *moromi* mash on the intracellular amino acid composition.

	Content (%)		
	K 12	K 15	K 18
Lys	5.5	5.5	5.8
Ser	1.5	1.3	3.0
Thr	11.5	11.1	9.8
Met	1.0	1.1	0.7
His	3.5	3.6	4.2
Leu	1.5	1.8	2.5
Cys	7.5	5.9	4.2
Asp	1.1	1.3	2.1
Ile	1.0	1.3	1.1
Glu	22.3	21.5	17.3
Phe	1.5	1.9	3.0
Arg	5.3	4.6	3.8
Val	0.9	1.1	2.1
Tyr	1.1	1.5	2.5
Ala	18.9	17.6	17.5
Gly	2.4	2.5	3.1
Pro	13.4	16.3	17.2
Total	711	687	589

(unit : mg/10⁸ cells)

Fig. 5 Changes in intracellular Cys content in during *moromi* mash fermentation.

Symbols : —■—, K 12; —●—, K 15; —▲—, K 18

高く、菌体内に含硫アミノ酸が増加した。

また、醪期間中の菌体内のシスチンの構成比動向をFig. 5に示す。シスチンは低温醪の初期では菌体内の構成比が高温側と比較しやや高いが、一時減少してその後再び増加する傾向を示し高温側とは異なった挙動を示した。

5. 単行発酵系における温度の差とアミノ酸組成

単行発酵のアミノ酸組成をTable 7に示した。下位に示した取り込まれにくいアミノ酸の構成比が、培養後増加し、秋田ら⁹⁾の報告を裏付ける結果となった。しかし、リジン、メチオニンは、それぞれ1.3~1.4%, 0.2~0.3%と大差なく、醪において低温で少なくなるという発

Table 7 Effect of max. fermentation on the composition of amino acid in *koji* extract medium.

	Content (%)			
	Initial	E 10	E 15	E 20
Lys	4.6	3.5	3.4	3.0
Ser	6.1	4.1	4.3	4.2
Thr	5.2	3.2	3.2	3.0
Met	2.1	1.3	1.4	1.4
His	2.1	2.1	2.1	2.0
Leu	8.9	8.3	8.0	7.7
Cys	0.4	0.2	0.2	0.3
Asp	9.0	6.8	6.9	6.7
Ile	4.4	4.6	4.4	4.4
Glu	11.4	8.8	8.8	8.7
Phe	5.8	6.9	6.7	6.9
Arg	7.0	8.1	8.0	8.0
Val	6.6	7.0	7.0	7.0
Tyr	7.3	8.9	8.6	9.1
Ala	7.0	9.7	10.0	10.3
Gly	4.2	5.0	5.3	5.5
Pro	8.1	11.3	11.6	11.9
Total (mg/L)	3,129	2,387	2,341	2,312

酵温度と両アミノ酸の動向は単行発酵系では認められなかった。

考 察

清酒醪の品温経過について、小穴²⁾の発酵型式の定義を参考に試醸を行ったところ、設定した品温経過のみの差で各醪間に目的とする4種の発酵型式を個別化でき、仕込温度や最高温度、その到達日といった温度設定が醪経過に大きく影響することが確認された。

また、品温経過の差により醪中のアミノ酸の動向が大きく異なることが明らかとなり、低温醪においては製成酒中に酵母の取り込みやすいアミノ酸であるリジン、メチオニンが少なかった。

これに対し単行発酵で温度差を設定した試験を行ったところ、醪で見られたような低温培養での培養終了時のアミノ酸組成の差異は認められなかった。その原因の一つとして醪では発酵中にアミノ酸が、徐々に供給され、増加するのに対し、単行発酵では培地中に含まれるアミノ酸が減少するのみであることが考えられ、単に温度のみが、酵母のアミノ酸の取り込みに影響を与えているとは言えない。

しかし、並行複発酵の清酒醪におけるアミノ酸の消長のグループ分類^{11,12)}によるとこれら2種のアミノ酸、リジン、メチオニンは蒸米から生成された酵母により消費されるグループに属する。すなわち米粒の溶解、麴のカルボキシペプチダーゼの作用により醪液部に遊離のアミノ酸として存在し、酵母によって取り込まれる。一方、麴菌の生産するカルボキシペプチダーゼは数種が報告^{13,14)}されているが、メチオニン末端に関わる酵素の精製の報告がないこと、また Fig. 4 のように遊離アミノ酸は液中に経時的に増加するのに対し、メチオニンは醪初期から含量が一定であること、更に菌体内については Fig. 5 のように低温醪の初期においては酵母菌体内のシスチン構成比が高いことから、米粒の溶解によって液部に供給される各アミノ酸のうちメチオニン量と醪の発酵温度は影響を受けていないものと推測され、実際には醪という場における酵母のアミノ酸の取り込みの関与が考えられた。

通常、アミノ酸取り込みは *Saccharomyces cerevisiae* においては一般能動輸送経路 (General Amino acid permease : GAP 経路) により菌体内に取り込むこと、また、数種のアミノ酸については特別な経路があること^{15,16)}が知られている。しかし、メチオニンの特別輸送経路については報告がなく、それについての代謝系は今後の検討事項となろう。ただし、本実験において醪濾液中及び醪中の酵母菌体内の含硫アミノ酸に、温度差によ

る影響が認められたのは初めての知見であり興味深い。一方、酵母菌体内に取り込まれたメチオニンは S-アデノシルメチオニン (以下 SAM) に変換され、清酒酵母では菌体内に SAM を特異的に高濃度蓄積することが知られている¹⁷⁾が温度との関連は示されていない。更に本実験において低温下で、菌体内にシスチン増加が認められたが、これは低温醪の初期において現象として古くから知られている硫化水素臭の発生¹⁸⁻²⁰⁾との関与が示唆された。協会7号は低温下 (15℃以下) においてパントテン酸の栄養要求性がなくなり²¹⁾、パントテン酸非要求性の酵母は、徳山²²⁾が何らかの原因により菌体内にシスチンが蓄積するために硫化水素が発生するのであろうと報告している。これより低温醪における含硫アミノ酸の動向が硫化水素臭の発生に影響を与えていることが考えられ、酒造場で一般にいわれる低温醪の硫化臭の発生について重要な示唆を与えるものと思われた。清酒醪の硫化臭発生については一般に「醪初期で硫化臭が発生した吟醸醪はいい酒になる」と言われ酒蔵において一指標となっている。しかし、清酒醪中におけるその生成要因や発生のメカニズムについて、醪の発酵温度と酵母の含硫アミノ酸の取り込みという観点から検討された例はなく、本実験によりその解明に一つの示唆がなされたことは意義深いものと思われる。

要 約

1. 清酒醪の発酵経過は、仕込配合、使用酵母、仕込水、麴、蒸米、酒母が同一の場合でも、品温経過のみで発酵型式の個別化が可能であった。
2. 発酵経過が異なる製成酒では、低温長期醪の製成酒にリジン、メチオニン等、酵母の取り込みやすいアミノ酸が少なく、発酵温度は製成酒のアミノ酸組成に影響を与えないとする従来の報告と異なる結果となった。
3. このような発酵温度とアミノ酸の動向は単行発酵では認められず、その要因として並行複発酵である醪では発酵期間中にアミノ酸が増加するのに対し、単行発酵では培地中のアミノ酸が減少することが考えられた。
4. 低温醪における含硫アミノ酸の動向はメチオニンが製成酒中に少ないこと、シスチンが低温醪中の酵母菌体内に蓄積が著しいことが明らかとなった。このことは低温醪の初期に見られる硫化水素臭の発生について重要な示唆を与えるものと考えられた。

文 献

- 1) 山田正一：清酒工業，光琳，p. 103 (1966)
- 2) 小穴富司雄：清酒醸造精義，明文堂，p. 719 (1935)
- 3) 杉山晋朔：醸協，33，(3)，304 (1938)

- 4) 清酒製造技術, 日本醸造協会, p.198 (1987)
- 5) 注解編集委員会編：第3回改訂国税庁所定分析法
注解, 日本醸造協会 (1987)
- 6) 吉沢 淑, 高橋康次郎, 北本勝ひこ, 永井英雄：
醸協, 80, (9), 649 (1985)
- 7) 杉山晋朔：醸協, 37, (1), 16 (1942)
- 8) 原 昌道, 大塚謙一, 吉沢 淑, 細矢慶二, 橘田
勝之, 森永和男：醸工, 43, 873 (1965)
- 9) 秋田 修, 大場俊輝, 中村欽一：醸協, 81, (6),
402 (1986)
- 10) 原 昌道：醸協, 61, (12), 1088 (1966)
- 11) 布川弥太郎, 飯塚尚彦, 岩野君夫, 齊藤和夫：醸
協, 76, (4), 267 (1981)
- 12) 岩野君夫, 飯塚尚彦, 齊藤和夫, 布川弥太郎：醸
協, 76, (4), 272 (1981)
- 13) 中台忠信, 那須野精一, 井口信義：調味科学, 19,
27 (1972)
- 14) 三上重明：醸協, 83, (8), 512 (1988)
- 15) 北本勝ひこ, 高橋康次郎, 戸塚 昭, 吉沢 淑：
醸酵工学, 63, 289 (1985)
- 16) T. G. COOPER：The Molecular Biology of the
Yeast *Saccharomyces* (STRATHERN, J.N. et.
al), 399 Cold Spring Harbor Laboratory, New
York (1982)
- 17) 清水 昌, 山田秀明：発酵と工業, 42, (9), 748
(1984)
- 18) 大竹一貫：醸協, 2, (8), 678 (1907)
- 19) 黒野勘六, 辰井正夫, 鷺田健二：醸協, 28, (12),
8 (1933)
- 20) 小平了二, 植村定治郎：農化, 35, 106 (1961)
- 21) 菅間誠之助, 山川浩一郎, 瀧岡巖一, 山村紘司,
野白喜久雄：醸協, 60, (5), 453 (1965)
- 22) 徳山 孝：醸協, 70, (6), 391 (1975)