

### 3 製造工程の改善による焼酎蒸留粕の軽減化(第2報) (焼酎粕軽減化のための低汲水歩合仕込)

食品工業部 樋田 宣英  
大分大学工学部 椎葉 英一

#### 要旨

本報では蒸留粕軽減化のための1手法として汲水歩合による見込みもろみ総量および減圧蒸留におけるもろみアルコール濃度、原酒カット濃度と蒸留粕量を予測するとともに酵素添加、全粒無蒸煮仕込と組み合わせた試醸を行い低汲水歩合における発酵特性を把握した。

#### 1. 緒言

麦焼酎の製造において汲水歩合は、最小120%、最大170%、平均150%である。<sup>1)</sup>低汲水歩合での仕込では、もろみアルコール濃度の上昇や粘度の増加による発酵の遅延や蒸留効率の低下など麦焼酎の製造において負に作用することも考えられるが、減圧蒸留や間接加熱による常圧蒸留では蒸留粕の処理総量の削減は試算上可能となる。今回、蒸留粕軽減化の1手法として低汲水歩合による仕込を実施した。

#### 2. 実験方法

##### (1) 汲水歩合と見込みもろみ総量及び蒸留粕量の予測<sup>2)</sup>

総原料30Kg、1次原料に対して汲水歩合120%、2次汲水歩合を120~165%、2次もろみ熟成歩合を100%として標準の汲水歩合150%に対する指数を求めた。

蒸留粕の予測としてもろみアルコール濃度16~20

%に対する汲水歩合120~150%の粕量を試算した。

##### (2) 試醸-1

<低汲水歩合130、150%

における蒸煮・無蒸煮仕込及び酵素添加試験>

総麦300gとして表-1、2に示す仕込配合を設定した。1次として予め前培養した鹿児島酵母を用い汲水歩合120%で25℃恒温器で7日間培養した。同時に起源の異なる酵素系や酵母について発酵特性を観察した。

麴は大麦を浸漬蒸煮後、白麴菌を種菌として常法により自動製麴し、凍結保存し同一試験同一ロットとした。

2次は、汲水歩合に合わせて補水し、酵素添加区は所定量を加えメイセル管を付けた1L三角フラスコで27℃10日間経過させ随時温度を低下させ最終温度を24℃、2次もろみ日数14日とした。最終もろみは、国税庁所定分析法及びHPLC分析によりアルコール濃度及び糖組成を分析した。使用酵素の活性を、表-3に示す。

表-1 130、150%の汲水歩合による小仕込試験-1

試験区	使用酵母	汲水量		糖	蒸煮量	無蒸煮量	添加酵素			
		1次	2次				GA	AL	AP	
		(ml)	(ml)	(g)	(g)	(g)	(ml)			
1. K-A-BL	鹿児島	96	294	96	301					
2. K-A-AL	"	96	291	96	301			3		
3. K-A-MBL	"	96	375	96		220				
4. K-A-MG1	"	96	374	96		220	1			
5. K-A-MG2	"	96	364	96		220	10			
6. K-A-MGAL1	"	96	371	96		220	1	3		
7. K-A-MGAL2	"	96	362	96		220	10	3		
8. K-A-MGALP1	"	96	321	96		220	1	3	50	
9. K-A-MGALP2	"	96	312	96		220	10	3	50	
10. K-A-MGALP3	"	96	325	96		220			50	
11. K-B-BL	"	96	294	96	301				3	
12. K-B-AL	"	96	291	96	301				3	50
13. K-B-ALP	"	96	241	96	301					
14. S-B-BL	協会7号	96	294	96	301					
15. A-B-BL	熊本9号	96	294	96	301					
16. H-B-BL	鹿研1号	96	294	96	301					
17. K-B-MBL	鹿児島	96	294	96		220				
18. K-B-MG	"	96	284	96		220	10			
19. K-B-MGAL	"	96	281	96		220	10	3		
20. K-B-MGALP1	"	96	231	96		220	10	3	50	

GA 1.67g/100ml AP 1.0g/100ml 希釈

表-2 130、150%の汲水歩合による小仕込試験-2

試験区	使用酵母	汲水量		糖	蒸煮量	添加酵素							
		1次	2次			AL	AP	PEL	HC	TR	AC		
		(ml)	(ml)	(g)	(g)	(ml)							
1. K-A-BL	鹿児島	96	354	96	301								
2. K-A-AL1	"	96	354	96	301			3					
3. K-A-AL2	"	96	344	96	301			10					
4. K-A-AL1P	"	96	301	96	301		3	50					
5. K-A-AL1PE1	"	96	350	96	301		3			1			
6. K-A-AL1PE2	"	96	346	96	301		3			5			
7. K-A-HC	"	96	344	96	301						10		
8. K-A-ALTR	"	96	331	96	301				3			20	
9. K-A-AC	"	96	344	96	301								10
11. K-B-BL	"	96	294	96	301								
12. K-B-AL1	"	96	291	96	301			3					
13. K-B-AL2	"	96	284	96	301			10					
14. S-B-AL1P	"	96	241	96	301		3	50					
15. A-B-AL1PE1	"	96	290	96	301		3			1			
16. H-B-AL1PE2	"	96	286	96	301		3			5			
17. K-B-HC	"	96	284	96	301						10		
18. K-B-ALTR	"	96	271	96	301				3			20	
19. K-B-AC	"	96	284	96	301								10

GA 1.67g/100ml AP 1.0g/100ml HC 5g/100ml TR 5g/100ml AC 5g/100ml 希釈

表-3 使用酵素の酵素活性

多糖類分解酵素				
記号	起源	CMCase	FDase	Xylanase
TR	Trichoderma	1300	4500	25000
HC	Asp, nig	1500	800	10000
AL	Asp, nig	900	520	210

グルコアミラーゼ				
GA	Rizopus	6000 U/g		
酸性プロテアーゼ				
AP	Asp, nig	200,000 U/g		
ペクチナーゼ				
PEL	Asp, nig	80,000 U/g		

酵素剤 阪急バイオインダストリー(株)

(3) 試醸-2

<総麦2.4Kg、9.6Kgによる試醸>

スケールアップ試験として表-4、5の仕込配合で試醸-1の経過で透明なポリカーボネート容器で恒温室にて仕込を行った。2.4Kg試験区では、終もろみの液体分離部をサイフォンで抜いた後、5000rpm、10min遠心分離を行い、もろみの分離性を確認した。終もろみは、組成分析及び固液分離率、を測定した。またもろみ粘度と蒸留粕の粘度を把握するため総麦9.6Kgの無蒸煮仕込を各汲水歩合で実施した。

表-4 総麦2.4、9.6kgによる試醸 (無蒸煮試験区)

仕込記号	1次もろみ		2次もろみ		多糖類分解酵素 AL(ml)
	麹(g)	水(ml)	無蒸煮麦(g)	水(ml)	
24MBL150	768	768	1760	2832	12
24ME 150	768	768	1760	2820	
24MBL130	768	768	1760	2352	12
24ME 130	768	768	1760	2340	
96MBL150	3072	3072	7040	12000	50
96ME 150	3072	3072	7040	11950	
96MBL130	3072	3072	7040	12000	50
24ME 130	3072	3072	7040	11950	

表-5 総麦2.4kgによる試醸 (蒸煮試験区)

仕込記号	1次もろみ		2次もろみ		多糖類分解酵素 AL(ml)
	麹(g)	水(ml)	蒸煮麦(g)	水(ml)	
24MBL150	768	768	2408	2832	12
24ME 150	768	768	2408	2820	
24MBL130	768	768	2408	2352	12
24ME 130	768	768	2408	2340	

3. 実験結果及び考察

(1) 汲水歩合と見込みもろみ総量及び蒸留粕量(予測<sup>2)</sup>)

総原料30Kg、熟成歩合100%と仮定して通常の1次汲水歩合を120%として、2次汲水歩合を165%から120%まで低減させていくと表-6となる。150%汲水のもろみ総量を100とすると120%汲水歩合では88となり、もろみレベルで12%の軽減化が計算上は得られる。一方、終もろみのアルコール度数を16.0%~20.0%と仮定して、原酒のアルコール度数を40~44%でカットした場合の留液及び蒸留粕(残液)を試算した結果を表7~11に、もろみアルコール度数18%の時の各原酒カット度数をプロットした結果を図-1に示す。

表-6 汲水歩合と見込みもろみ総量(熟成歩合100%として)

汲水歩合%	1次%	2次%	合計%	見込みもろみ総量(1)	150%対する指数%
120	120	120.0	120	66.0	88
125	120	127.5	125	67.4	90
130	120	135.0	130	69.1	92
135	120	142.5	135	70.5	94
140	120	150.0	140	72.0	96
145	120	157.5	145	73.5	98
150	120	165.0	150	75.0	100

表-7 原酒(44%)カット濃度と蒸留粕

汲水歩合	もろみアルコール濃度									
	16%		17%		18%		19%		20%	
	留液	蒸留粕	留液	蒸留粕	留液	蒸留粕	留液	蒸留粕	留液	蒸留粕
120	24.0	42.0	25.5	40.5	27.0	39.0	28.5	37.5	30.0	36.0
125	24.5	42.9	26.1	41.3	27.6	39.8	29.2	39.2	30.6	36.8
130	25.1	44.0	26.7	42.4	28.3	40.7	29.8	39.3	31.4	37.7
135	25.7	44.8	27.3	43.2	28.8	41.7	30.4	40.1	32.0	38.4
140	26.2	45.8	27.8	44.2	29.5	42.5	31.0	40.9	32.7	39.3
145	26.8	46.7	28.5	45.0	30.1	43.5	31.8	41.7	33.4	40.1
150	27.3	47.7	28.9	46.1	30.6	44.4	32.4	42.6	34.1	40.9

表-8 原酒(43%)カット濃度と蒸留粕

汲水歩合	もろみアルコール濃度									
	16%		17%		18%		19%		20%	
	留液	蒸留粕	留液	蒸留粕	留液	蒸留粕	留液	蒸留粕	留液	蒸留粕
120	24.5	41.5	26.1	39.9	27.6	38.4	29.2	36.8	30.7	35.3
125	25.2	42.2	26.7	40.8	28.2	39.2	29.8	37.6	31.4	36.0
130	25.7	43.4	27.3	41.7	28.8	40.2	30.5	38.5	32.1	36.9
135	26.2	44.3	27.9	42.6	29.5	41.0	31.2	39.3	32.8	37.7
140	26.8	45.2	28.4	43.6	30.1	41.9	31.8	40.2	33.5	38.5
145	27.4	46.1	29.1	44.4	30.7	42.8	32.5	41.0	34.2	39.3
150	27.9	47.1	29.7	45.3	31.4	43.6	33.1	41.9	34.9	40.1

表-9 原酒(42%) カット濃度と蒸留粕

汲水歩合	もろみアルコール濃度									
	16%		17%		18%		19%		20%	
	留液	蒸留粕	留液	蒸留粕	留液	蒸留粕	留液	蒸留粕	留液	蒸留粕
120	25.2	40.8	26.7	39.3	28.3	37.7	29.9	36.1	31.5	34.5
125	25.7	41.8	27.2	40.2	28.9	38.5	30.5	36.9	32.1	35.3
130	26.3	42.7	27.9	41.1	29.6	39.4	31.3	37.7	32.8	36.1
135	26.8	43.7	28.5	42.0	30.2	40.3	31.9	38.6	33.6	36.9
140	27.5	44.5	29.2	42.8	30.8	41.2	32.5	39.5	34.3	37.7
145	28.0	45.5	29.7	43.8	31.5	42.0	33.3	40.2	35.0	38.5
150	28.6	46.4	30.4	44.6	32.2	42.8	33.9	41.1	35.7	39.3

表-10 原酒(41%) カット濃度と蒸留粕

汲水歩合	もろみアルコール濃度									
	16%		17%		18%		19%		20%	
	留液	蒸留粕	留液	蒸留粕	留液	蒸留粕	留液	蒸留粕	留液	蒸留粕
120	25.8	40.2	27.4	38.6	28.9	37.1	40.6	35.4	32.2	33.8
125	26.3	41.1	28.0	39.4	29.6	37.9	31.3	36.2	32.9	34.5
130	26.9	42.2	28.6	40.5	30.4	38.7	32.0	37.1	33.7	35.4
135	27.5	43.0	29.3	41.2	30.9	39.6	32.7	37.8	34.4	36.1
140	28.1	43.9	29.9	42.1	31.6	40.4	33.4	38.6	35.2	36.8
145	28.6	44.9	30.5	43.0	32.3	41.2	34.1	39.4	35.9	37.6
150	29.3	45.7	31.1	43.9	32.9	42.1	34.8	40.2	36.6	38.4

表-11 原酒(40%) カット濃度と蒸留粕

汲水歩合	もろみアルコール濃度									
	16%		17%		18%		19%		20%	
	留液	蒸留粕	留液	蒸留粕	留液	蒸留粕	留液	蒸留粕	留液	蒸留粕
120	26.4	39.6	28.0	38.0	29.7	36.3	31.4	34.6	33.0	33.0
125	27.0	40.5	28.6	38.8	30.4	37.1	32.1	35.4	33.7	33.7
130	27.6	41.4	29.3	39.7	31.0	38.0	32.8	36.2	34.5	34.5
135	28.2	42.3	30.0	40.5	31.7	38.8	33.5	37.0	35.3	35.2
140	28.8	43.2	30.6	41.4	32.4	39.6	34.2	37.8	36.0	36.0
145	29.4	44.1	31.3	42.2	33.1	40.4	34.9	38.6	36.7	36.8
150	30.0	45.0	31.9	43.1	33.8	41.2	35.6	39.4	37.5	37.5

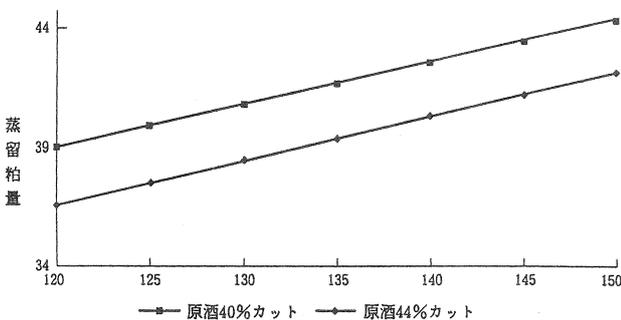


図-1 原酒カット度数と蒸留粕量 (モロミアルコール18%)

以上の結果より試算上は、低汲水歩合により蒸留粕の軽減は可能である。しかし、もろみの粘度上昇やもろみのアルコール濃度の上昇により発酵作用が抑制され、減圧蒸留や間接加熱の常圧蒸留においては特に粘度上昇のため突沸や焦げ付き、更に蒸留効率が低下することなど

を実際の試醸では考慮しなければならない。

(2) 試醸-1

<汲水歩合130、150%における蒸煮・無蒸煮仕込及び酵素添加試験>

蒸煮仕込における終もろみの分析結果を表-12に示す。汲水歩合130%でも150%試験区とほぼ同等の発酵経過を示した。多糖類分解酵素の使用は、発酵促進と粘度低下に効果が認められた。起源の異なる酵素系や酵母での差異は特に認められなかった。

表-12 蒸煮仕込での終もろみ分析結果

No.	mg/100ml						%	ml	No.	mg/100ml						%	ml
	2糖類	Glucose	Xylose	Arabinose	Ethyl-OH	容積				2糖類	Glucose	Xylose	Arabinose	Ethyl-OH	容積		
1	193	230	150	278	17.7	725	11	<80	191	<70	233	18.9	685				
2	<80	<70	188	526	17.9	725	12	110	<70	<70	233	19.0	685				
3	<80	<70	234	775	18.1	670	13	120	<70	263	796	19.3	660				
4	86	<70	187	518	18.2	665	14	<80	<70	232	588	19.1	680				
5	101	<70	217	638	18.2	670	15	116	<70	229	617	19.4	680				
6	104	<70	196	705	18.1	665	16	109	86	259	779	19.6	680				
7	76	<70	175	421	18.4	670	17	90	164	230	430	19.5	665				
8	120	<70	285	492	18.7	670	18	96	98	271	417	19.7	660				
9	98	<70	382	495	18.9	665	19	156	<70	486	595	19.5	670				
10	<80	94	167	353	18.9	670											

全粒無蒸煮試験区における終もろみの分析結果を表-13に示す。無蒸煮区では仕込初期に発酵が緩慢となる傾向があり、リゾプス起源の生デンプン分解活性を有するグルコアミラーゼの添加と多糖類分解酵素の併用により発酵が促がされた。終もろみには、発酵性糖が残存し蒸煮区に比べると発酵が遅れる傾向が認められた。固液分離率は、蒸煮区に比較していずれの試験区も向上した。このことは、前報で指摘したとおり加熱により多糖類の膨潤がないこと、酵素により多糖類が低分子化し粘度低下が生じたためと考えられる。

表-13 無蒸煮仕込での終もろみ分析結果

No.	mg/100ml						%	ml	No.	mg/100ml						%	ml
	2糖類	Glucose	Xylose	Arabinose	Ethyl-OH	容積				2糖類	Glucose	Xylose	Arabinose	Ethyl-OH	容積		
1	23	69	165	263	16.0	680	11	128	176	220	291	15.8	685				
2	89	7	200	554	16.0	680	12	35	41	195	501	15.8	685				
3	230	695	314	310	18.0	670	13	44	37	208	507	16.0	660				
4	327	1260	513	474	18.0	665	14	145	251	264	285	15.8	680				
5	273	886	457	418	18.2	670	15	136	277	246	258	15.9	680				
6	204	1070	250	446	18.2	665	16	0	264	225	242	16.6	680				
7	414	2000	403	655	18.3	670	17	500	3080	501	366	16.0	595				
8	411	1960	383	618	18.0	670	18	590	3980	594	370	16.6	580				
9	486	2150	482	717	18.4	665	19	610	4160	637	666	17.6	585				

また汲水歩合120、100%での試醸も行ったが、発酵経過や試留時の粘度上昇などから判断すると現場での応用は困難と考えられた。以上の結果より実規模での汲水歩合の最低値は130%付近であり粘度低下や発酵の安定性から若干の酵素添加も必要になるものと思われる。

(3) 試醸-2

<総麦2.4Kg、9.6Kgによる試醸>

総麦2.4Kgにおける蒸煮、無蒸煮区の最終もろみの分析結果を表-14に、もろみの固液分離、遠心分離状況を図-2、3に示す。分析結果より試醸-1と同様な結果が得られた。無蒸煮仕込では、130%の試験区ではいずれも初期の発酵が緩慢な傾向が認められたが最終もろみとしては通常仕込と比較しても遜色のない性状であった。

表-14 2.4kg仕込の最終もろみの分析結果

(無蒸煮・蒸煮区)

仕込記号	上澄部		沈殿部		固液率 (%)	酸度	アルコール分 (%)	原料1tあたりの糖アルコール量(モミレベル) 1/t
	(ml)	遠心上澄	(ml)	遠心粕				
24MBL150	2840		1575	835	53.6	6.7	19.3	422
24ME 150	4120		590	530	78.6	6.7	21.0	458
24MBL130	2270		1475	885	49.0	7.6	18.8	362
24ME 130	3240		500	670	74.5	7.7	22.2	407
24MBL150	2750		1990	1160	42.2	11.5	16.8	413
24E 150	3450		1460	980	53.7	12.0	17.2	422
24MBL130	2300		1960	1190	42.2	12.2	17.4	395
24E 130	2920		1500	1020	53.7	12.6	17.7	401

※仕込記号

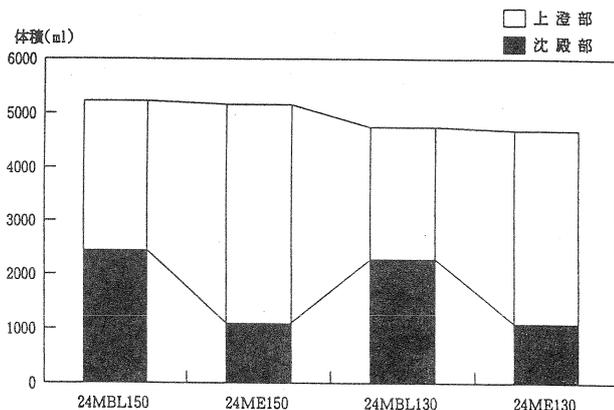
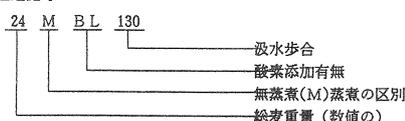


図-2 無蒸煮仕込(総麦2.4kg)の固液分離率

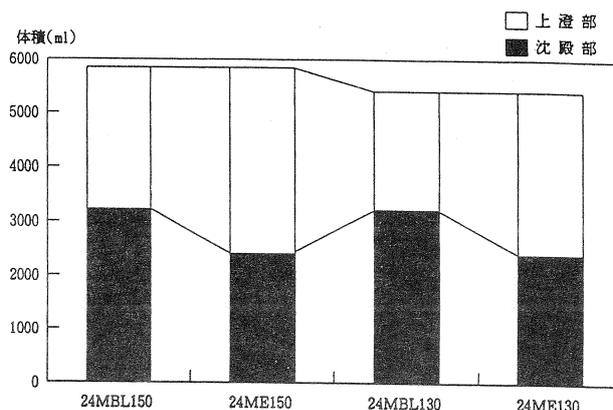


図-3 蒸煮仕込(総麦2.4kg)の固液分離率

蒸煮仕込の酵素添加区においては、130%の試験区でも150%に匹敵する発酵経過を示した。終もろみ量は計算値とほぼ一致した。蒸留粕量の計測は容器への付着などにより正確な値が得られなかったので省略する。

もろみの固液分離は、蒸煮試験区に対して無蒸煮試験区が明らかに効果が確認され酵素添加区は、いずれの仕込区とも分離率が向上する。9.6Kg無蒸煮仕込での終もろみの成分値、減圧蒸留粕の粘度測定結果を表-15、16及び図-4に示す。最終もろみ粘度は、酵素添加区でBL値の1/2の値となり、蒸留粕でも2/3程度となった。以上のことは、前報で説明した多糖類の膨潤性や、保水性に起因し分解酵素が粘度低下や固液分離に有効に働くことが再確認された。もろみレベルでのアルコール収量は、酵素添加150%試験区で良好であり粘度低下による蒸留効率や蒸留粕濃縮効率の向上も期待できる。

表-15 9.6kg仕込の最終もろみの分析結果

(無蒸煮区)

仕込記号	上澄部		固液率 (%)	アルコール分 (%)	原料1tあたりの糖アルコール量(モミレベル) 1/t
	(ℓ)	遠心上澄+遠心粕 (ℓ)			
96MBL150	11.3	9.47	54.3	17.5	378
96ME 150	13.0	8.05	61.7	18.7	410
96MBL130	8.99	10.24	46.7	17.2	345
96ME 130	11.3	8.20	57.8	18.9	384

表-16 粘度測定結果

仕込記号	もろみ (mpa*s)		蒸留粕 (mpa*s)	
	値	温度 (°C)	値	温度 (°C)
96MBL150	51~54	(7.1°C)	260~280	(7.1°C)
96ME 150	25~30	(7.1°C)	180~200	(7.1°C)
96MBL130	61~70	(5.4°C)	330~350	(5.0°C)
96ME 130	28~35	(5.0°C)	243~270	(5.0°C)

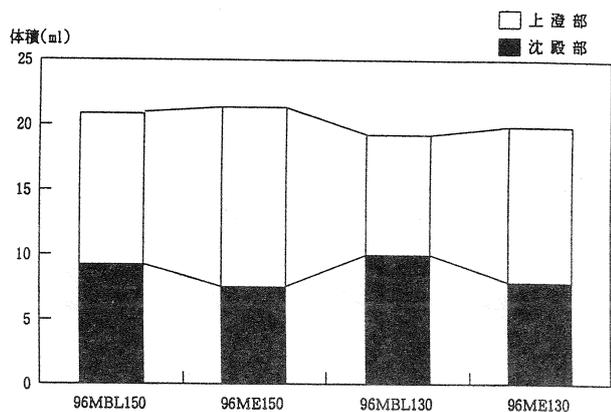


図-4 無蒸煮仕込(総麦9.6kg)の固液分離率

試留した原酒の品質は、良好であった。以上の結果より汲水歩合は、中間規模の蒸煮区では130%程度、無蒸煮試験区では150%までの試醸が実用化において可能なことが確認された。

#### 4. まとめ

蒸留粕軽減化の手法として低汲水歩合による仕込みを実施し下記の結果を得た。

- (1)通常の仕込における汲水歩合の最低値は、130%程度である。
- (2)無蒸煮仕込においても酵素との併用により汲水歩合150%では、通常なみの発酵経過が得られた。汲水歩合の低下によりアルコール収量が低下した。粘度低下、固液分離性は蒸煮区に比べ大幅に効果が認められた。
- (3)終もろみ量は、計算値とほぼ一致した。

#### 参考文献

- 1) 熊本国税局 平成4酒造年度しょうちゅう調査書
- 2) 三和酒類(株) 大分県本格焼酎技術開発機構検討会資料