

加圧蒸米に関する研究 (第2報) 清酒製造に及ぼす加圧蒸米麴と掛米の影響

深谷伊和男・細川信男

前報¹⁾において、加圧蒸米における麴菌の増殖及び酵素生産に関する検討を行った。その結果、常法の常圧蒸米でなく加圧蒸米を使用すると麴菌の増殖及び酵素生産に特徴が見られ、特に蒸米圧力が高く、蒸米時間が長いほど、 α -アミラーゼ、グルコアミラーゼ生産が低くなり、逆に酸性プロテアーゼ、中性プロテアーゼ及び酸性カルボキシペプチダーゼの生産が高くなった。本報では、麴と掛米を加圧蒸米により調製して、清酒仕込試験を行い、もろみに及ぼす加圧蒸米の影響について検討した。

実験方法

1. 試料米の調製

白米(日本晴 精米歩合70%)を15℃で3時間浸漬、水切後、30分間常圧あるいは加圧蒸しを行った。加圧蒸しはオートクレーブを用い、0.5、1.0kg/cm²の2条件で行った。その後95℃で熱風乾燥して α 米の試料を調製した。

2. 製麴方法

α 米200g当り種麴胞子懸濁液100mℓを接種して、35℃の恒温器中で40時間培養した。麴菌胞子懸濁液は、*Aspergillus oryzae* var. *viride* MURAKAMI RIB 128の胞子(4.8×10⁸/g)300mgに0.05% Tween80を1.0mℓ加えて、500mℓの滅菌水に懸濁して調製した。

3. 酵素力価の測定

α -アミラーゼ、酸性プロテアーゼ及び中性プロテアーゼは国税庁所定分析法²⁾に準じ、グルコアミラーゼ及び酸性カルボキシペプチダーゼは岩野の方法³⁾に準じて測定した。

4. 仕込配合

もろみの仕込配合を表1に示す。麴歩合23%で、総米100gの仕込を行った。その際掛米は α 米を使用したことから、汲水以外に補正水を添加した。また酒母を使用しなかったことから、初添汲水中には、K7酵母懸濁液(2×10⁸/mℓ)5.0mℓ、25mg/mℓリン酸一カリウム溶液0.5mℓ、0.2mg/mℓパントテン酸カルシウム溶液0.5mℓを添加した。

表1 仕込配合

	初添	仲添	留添	計
総米(g)	20	30	50	100
掛米(g)	12	25	40	77
麴米(g)	8	5	10	23
汲水(mℓ)	30	40	70	140
補正水分(mℓ)	5	8	16	27

表2 仕込条件の割付

仕込種類	列		
	1	2	3
1	①	①	①
2	①	②	②
3	①	③	③
4	②	①	②
5	②	②	③
6	②	③	①
7	③	①	③
8	③	②	①
9	③	③	②
要因	a	b	ab

要因 a: 麴, b: 掛米

水準 ①: 0kg/cm² (常圧)

②: 0.5kg/cm² (加圧)

③: 1.0kg/cm² (加圧)

5. 仕込条件

麴と掛米の2要因と、圧力0、0.5、1.0kg/cm²の蒸米条件の3水準を表2に示すL₉(3⁴)の直交表に割り付けて、9種類の仕込を行った。

6. もろみの成分分析

固形分率は、6,000rpm、15分間の遠心分離を行い、もろみに対する沈澱残渣の重量比率として求めた。ボーメ・日本酒度、アルコール、酸度、アミノ酸度は国税庁所定分析法²⁾により測定した。全糖はフェノール・硫酸法、直糖はフェーリング・レーマンシュール法、全窒素はマイクロケルダール法、3-デオキシグルコソンは岩野ら⁴⁾の方法により測定した。紫外外部吸収値はもろみ濾液を25倍に希釈して260nmにおける吸光度を測定した。

実験結果

1. 麴の酵素力価

使用した麴の酵素力価を表3に示す。グルコアミラー

表3 麹の酵素力価

酵素名	蒸米圧力 (kg/cm ²)		
	0	0.5	1.0
AAase	890	801	665
GAase	148	157	160
APase	1,749	2,309	2,672
NPase	1,395	1,801	1,763
ACPase	5,517	10,022	9,725

AAase: α-アミラーゼ (U/g-koji)
 GAase: グルコアミラーゼ (mg-glucose/h/g-koji)
 APase: 酸性プロテアーゼ (μg-tyrosine/h/g-koji)
 NPase: 中性プロテアーゼ (μg-tyrosine/h/g-koji)
 ACPase: 酸性カルボキシペプチダーゼ (μg-tyrosine/h/g-koji)

ゼ力価には蒸米圧力による変化はあまりなかったが、α-アミラーゼは前報¹⁾と同様に蒸米圧力が高いほど低くなり、酸性プロテアーゼ、中性プロテアーゼ及び酸性カルボキシペプチダーゼの力価は高くなった。

2. もろみの品温経過

初添15℃、仲添12℃、留添10℃で仕込み、3日目で15℃、4日目で最高温度16℃として、14日間のもろみ発酵を行った。

3. もろみ中の成分変化

3.1 固形分率

固形分率の変化を表4に示す。9種類の仕込のいずれもが、もろみの経過とともに米の溶解が進み、固形分率は減少した。

表4 もろみの固形分率 単位 (%)

仕込種類	もろみ日数 (日)				
	3	5	8	11	14
1	62.7	51.6	44.0	40.4	38.3
2	52.7	46.2	42.9	39.6	35.5
3	62.4	58.1	48.2	47.2	43.1
4	66.1	50.9	44.6	41.1	33.8
5	50.1	45.4	42.5	40.6	35.4
6	62.2	50.4	47.3	45.8	40.3
7	63.1	50.5	46.7	42.5	37.7
8	55.9	46.8	43.5	41.7	38.6
9	59.7	58.1	42.2	45.8	42.4

仕込種類2, 5, 8のもろみは、もろみ初、中期の固形分率が低くなり、蒸米の溶解がやや良い状態であった。もろみ後期(14日目)では、要因の水準ごとの平均値(単位:%)は、麹①39.0, ②36.6, ③39.6, 掛米①36.6, ②36.5, ③41.9であり、掛米区の水準③が特に高く、蒸米圧力が1.0kg/cm²と高い場合には蒸米溶解が悪いことがうかがえた。

3.2 アルコール

アルコールの変化を表5に示す。アルコール濃度はも

表5 もろみのアルコール濃度

単位 (%)

仕込種類	もろみ日数 (日)				
	3	5	8	11	14
1	-	7.2	11.4	15.0	17.3
2	-	8.0	12.2	14.8	17.1
3	-	7.0	11.0	13.0	15.3
4	-	7.6	11.6	15.0	16.8
5	-	8.0	12.4	14.8	16.1
6	-	7.4	10.6	13.8	15.2
7	-	7.0	12.0	15.0	16.6
8	-	6.0	11.6	14.2	15.5
9	-	5.6	10.6	12.6	14.6

ろみ経過とともに増加した。もろみ後期(14日目)では、要因の水準ごとの平均値(単位:%)は、麹①16.6, ②16.0, ③15.6, 掛米①16.9, ②16.2, ③15.0と、掛米、麹区ともに水準が高くなるほど低くなり、蒸米圧力が高いほどアルコール生成が悪いことがうかがえた。

3.3 ポーメ・日本酒度

ポーメ・日本酒度の変化を表6に示す。ポーメ・日本酒度はもろみ経過とともに減少した。もろみ初期(3日目)のポーメは蒸米溶解の指標となるが、要因の水準ごとの平均値は、麹①7.9, ②7.2, ③7.1, 掛米①7.6, ②6.9, ③7.6であり、麹区では水準が高くなるとともに低くなり、掛米区では水準②でやや低くなり、これらの場合には蒸米溶解が悪いことがうかがえた。

表6 もろみのポーメ・日本酒度

仕込種類	もろみ日数 (日)				
	3	5	8	11	14
1	8.4	7.9	3.8	-16.0	-4.0
2	7.6	5.7	2.7	-10.0	±0.0
3	7.8	6.2	3.0	-12.0	-1.0
4	7.4	6.3	2.9	-14.0	-5.0
5	6.6	4.8	2.2	-6.0	-4.0
6	7.5	6.2	3.4	-6.0	+2.0
7	7.1	6.3	3.5	-16.0	-5.0
8	6.6	5.2	2.8	-9.0	+1.0
9	7.6	6.3	3.2	-15.0	-2.7

3.4 酸度

酸度の変化を表7に示す。酸度はもろみの経過とともに増加し、もろみ後期にはほぼ一定となった。もろみ後期(14日目)における要因の水準ごとの平均値(単位:mℓ)は、麹①3.40, ②3.43, ③3.43, 掛米①3.40, ②3.40, ③3.46であり、麹、掛米区とも水準間にほとんど差はなく、蒸米圧力による影響はないものと考えられた。

3.5 直糖

直糖の変化を表8に示す。直糖濃度はもろみ経過とともに減少した。もろみ初期(3日目)における要因の水

表7 もろみの酸度

仕込種類	もろみ日数(日)				
	3	5	8	11	14
1	2.00	2.80	2.80	3.40	3.40
2	1.90	2.50	2.50	3.00	3.40
3	2.10	2.50	2.50	3.10	3.40
4	2.20	2.80	2.80	3.20	3.40
5	2.20	2.60	2.60	3.20	3.40
6	2.00	2.60	2.60	3.20	3.50
7	2.10	2.70	2.70	3.10	3.40
8	2.20	2.50	2.50	3.10	3.40
9	2.00	2.60	2.60	3.10	3.50

表8 もろみの直糖濃度

仕込種類	もろみ日数(日)				
	3	5	8	11	14
1	13.5	10.5	6.3	4.0	2.8
2	12.1	9.8	5.6	3.5	2.6
3	12.4	9.5	5.1	2.8	2.3
4	13.0	10.7	6.0	4.0	3.3
5	10.6	8.5	4.8	3.0	2.7
6	12.0	8.5	4.9	2.6	2.0
7	11.0	9.7	5.7	4.0	2.9
8	9.9	8.3	4.7	3.4	2.6
9	10.7	8.6	4.2	1.9	2.0

準ごとの平均値(単位:%)は、麴①12.70, ②11.87, ③10.53, 掛米①12.50, ②10.87, ③11.70であり、直糖濃度は、麴区では水準が高くなるとともに低くなり、掛米区では水準①に比べて②で特に低くなった。またもろみ後期(14日目)においては、掛米区では、水準①3.00, ②2.63, ③2.10であり、水準が高くなるとともに低くなった。

3.6 全糖

全糖の変化を表9に示す。全糖濃度はもろみ経過とともに減少した。もろみ初期(3日目)における要因の水準ごとの平均値(単位:%)は、麴①20.53, ②19.83, ③17.90, 掛米①20.4, ②18.23, ③19.03であり、全糖濃度は直糖濃度と同様に、麴区では水準が高くなるとともに低くなり、掛米区では、水準①に比べて②で特に低

表9 もろみの全糖濃度

仕込種類	もろみ日数(日)				
	3	5	8	11	14
1	20.9	18.4	12.9	9.7	6.6
2	20.6	18.9	11.5	6.6	6.2
3	20.1	16.3	12.4	7.5	5.1
4	20.7	17.5	11.2	8.7	6.1
5	17.4	16.2	11.2	6.4	4.9
6	21.4	18.0	12.7	6.3	4.7
7	19.6	18.3	12.6	9.2	7.0
8	16.7	18.1	12.5	7.0	5.9
9	17.4	17.7	11.6	6.9	5.6

くなった。またもろみ後期(14日目)においては、掛米区では、水準①6.57, ②5.67, ③5.13であり、水準が高くなるとともに低くなった。

3.7 アミノ酸度

アミノ酸度の変化を表10に示す。アミノ酸度はもろみの経過とともに増加した。もろみ後期(14日目)における要因の水準ごとの平均値(単位:mℓ)は、麴①1.30, ②1.50, ③1.53, 掛米①2.43, ②1.47, ③0.43であり、掛米区では水準が高くなるとともにアミノ酸度が明らかに低くなり、蒸米圧力による影響が認められた。

表10 もろみのアミノ酸度

仕込種類	もろみ日数(日)				
	3	5	8	11	14
1	0.90	1.00	1.90	2.00	2.20
2	0.70	0.40	0.90	0.90	1.30
3	0.60	0.20	0.30	0.20	0.40
4	0.70	1.20	2.10	2.20	2.40
5	0.70	0.30	0.70	1.00	1.70
6	0.70	0.40	0.20	0.40	0.40
7	0.70	1.10	2.00	2.10	2.70
8	0.70	0.40	0.70	0.90	1.40
9	0.70	0.30	0.20	0.30	0.50

3.8 全窒素

全窒素の変化を表11に示す。全窒素濃度はもろみの経過とともに増加した。もろみ初期(3日目)における要因の水準ごとの平均値(単位:mg/100mℓ)は、麴①66.7, ②50.0, ③45.2, 掛米①80.9, ②52.3, ③28.6であり、麴, 掛米区とも水準が高いほど全窒素濃度は低くなり、掛米区ではこの傾向がより顕著であった。一方もろみ後期(14日目)における要因の水準ごとの平均値は、麴①106.2, ②106.0, ③113.2, 掛米①171.5, ②107.3, ③46.5であり、麴区では全窒素濃度に水準間の差はあまりなかったが、掛米区では、アミノ酸度, もろみ初期(3日目)の全窒素濃度と同様に、水準が高くなるとともに全窒素濃度は明らかに低くなり、蒸米圧力による影

表11 もろみの全窒素濃度

仕込種類	もろみ日数(日)				
	3	5	8	11	14
1	100.0	114.2	129.5	168.5	164.5
2	71.4	57.1	66.5	84.0	105.0
3	28.6	28.6	28.0	35.0	49.0
4	78.5	100.0	122.0	140.0	168.0
5	42.8	46.4	56.0	80.5	105.0
6	28.6	28.6	24.5	35.0	45.0
7	64.3	85.7	119.0	105.0	182.0
8	42.8	46.4	56.0	80.5	112.0
9	28.6	21.4	24.5	31.5	45.5

響が認められた。

3. 9 3-デオキシグルコソン (3-DG)

3-DGの変化を表12に示す。3-DGはもろみ経過とともに減少した。もろみ後期(14日目)における要因の水準ごとの平均値は、麹①0.321, ②0.368, ③0.378, 掛米①0.418, ②0.372, ③0.278であり、麹区では水準①に比べ②, ③では高くなった。一方掛米区では、アミノ酸度、全窒素と同様に、水準が高くなるとともに明らかに減少し、蒸米圧力による影響が認められた。

表12 もろみの3-DG相当値 単位(OD 530nm)

仕込種類	もろみ日数(日)				
	3	5	8	11	14
1	1.040	1.155	1.245	0.785	0.374
2	0.760	0.840	0.860	0.663	0.316
3	0.620	0.565	0.615	0.432	0.275
4	1.150	1.195	1.115	0.834	0.414
5	0.980	0.745	0.836	0.650	0.395
6	0.470	0.540	0.626	0.385	0.296
7	0.729	0.846	0.902	0.686	0.465
8	0.599	0.685	0.703	0.575	0.406
9	0.488	0.496	0.474	0.400	0.262

3. 10 紫外外部吸収値(OD 260nm)

紫外外部吸収値の変化を表13に示す。紫外外部吸収値はもろみの経過とともに増加した。もろみ後期(14日目)における要因の水準ごとの平均値は、麹①0.506, ②0.510, ③0.478, 掛米①0.622, ②0.488, ③0.384であり、アミノ酸度、全窒素と同様に、掛米では水準が高くなるとともに明らかに減少し、蒸米圧力による影響が認められた。

表13 もろみの紫外外部吸収値 単位(OD 260nm)

仕込種類	もろみ日数(日)				
	3	5	8	11	14
1	0.240	0.330	0.450	0.520	0.603
2	0.194	0.230	0.310	0.375	0.512
3	0.190	0.200	0.285	0.332	0.402
4	0.229	0.280	0.421	0.532	0.646
5	0.172	0.205	0.293	0.374	0.500
6	0.183	0.212	0.285	0.325	0.385
7	0.201	0.242	0.386	0.468	0.616
8	0.155	0.183	0.267	0.358	0.453
9	0.170	0.200	0.268	0.306	0.364

4. 分散分析

もろみの特性値として、固形分率(14日目)、アルコール(14日目)、ポーメ(3日目)、直糖(3日目)、全糖(3日目)、アミノ酸度(14日目)、全窒素1(3日目)、全窒素2(14日目)、3-DG(14日目)、紫外外部吸収値(14日目)を取り上げて、分散分析を行った。

その結果を表14に示す。麹要因はアルコール及び直糖で有意性が認められた。一方掛米要因は固形分率、アルコール、直糖、アミノ酸度、全窒素1、全窒素2、3-DG及び紫外外部吸収値など多くの成分で有意性があり、アルコール、アミノ酸度、全窒素2及び紫外外部吸収値では特に高い有意性が認められた。

考 察

実験結果より、もろみ成分に及ぼす影響は、麹米を蒸す圧力が高いほど、1)アルコール生成が低くなる、2)もろみ初期のポーメが低くなる、3)もろみ初期の直糖、全糖濃度が低くなるのが判明した。しかし麹より掛米の方が影響が大きく、掛米を蒸す圧力が高いほど、1)固形分率が高くなり、蒸米溶解が悪くなる、2)アルコール生成が低くなる、3)アミノ酸度、全窒素、3-DG及び紫外外部吸収値が低くなる傾向が認められた。

麹による影響は、表3の麹の酵素力価に示したように、麹米を蒸す圧力が高いほど、 α -アミラーゼ力価が低くなることに起因して、直糖、全糖濃度が低くなり、率いては初期ポーメ、アルコール生成の低下が生じたものと考えられた。

掛米による影響は、3-DG以外のこれらの成分の加圧蒸しに伴う挙動は、斎藤ら⁵⁾の報告とよく一致した。この現象は加圧蒸米による米蛋白質の変性により生じたものと考えられた。また紫外外部吸収値の低下はアミノ酸度が低くなったことによると考えられた。3-DGの低下は、もろみ後期の直糖、全糖濃度の低さなどによると推察されるが、その理由は不明である。また表3に示したように加圧蒸米麹は強い酸性プロテアーゼ、中性プロテアーゼ及び酸性カルボキシペプチダーゼ力価を有するので、蒸米溶解の促進及びアミノ酸度、全窒素濃度を高める効果が予想されたが、一度変性した掛米の蛋白質には作用しにくいことが判明した。また加圧蒸米仕込清酒は、柔らかく、淡麗な味となった。

要 約

麹と掛米を加圧蒸米により調製して、清酒仕込試験を行い、もろみに及ぼす加圧蒸米の影響について検討を行った。その結果、もろみ成分に及ぼす影響は、麹より掛米による影響の方が相当に大きいことが判明した。掛米を蒸す圧力が高いほど、1)固形分率が高くなり、蒸

表14 もろみの3-DG相当値

項目	要因	F ₀ 値	F 値	ρ (%)	項目	要因	F ₀ 値	F 値	ρ (%)
固形分率	麹	4.15	F (0.05) =6.94	11.2		麹	—	F (0.05) =5.14	—
	掛米	22.13*	F (0.01) =18.0	74.7		掛米	85.71**	F (0.01) =10.9	95.7
	交互作用誤差	—	—	—		交互作用誤差	—	—	—
アルコール	麹	8.33*	F (0.05) =6.94	18.0	全窒素1	麹	9.46	F (0.05) =19.0	12.8
	掛米	29.78**	F (0.01) =18.0	71.6		掛米	51.24*	F (0.01) =99.0	76.0
	交互作用誤差	—	—	—		交互作用誤差	4.37	—	5.1
ボーメ	麹	9.85	F (0.05) =19.0	42.0	全窒素2	麹	—	F (0.05) =5.14	—
	掛米	7.46	F (0.01) =99.0	30.2		掛米	436.2**	F (0.01) =10.9	98.9
	交互作用誤差	1.85	—	4.2		交互作用誤差	—	—	1.1
直糖	麹	21.85**	F (0.05) =6.94	57.3	3-DG	麹	2.41	F (0.05) =6.94	7.2
	掛米	12.50*	F (0.01) =18.0	31.7		掛米	13.86*	F (0.01) =18.0	70.6
	交互作用誤差	—	—	—		交互作用誤差	—	—	—
全糖	麹	3.29	F (0.05) =6.94	30.9	紫外部吸収値	麹	—	F (0.05) =5.14	—
	掛米	2.13	F (0.01) =18.0	15.3		掛米	61.56**	F (0.01) =10.9	94.6
	交互作用誤差	—	—	53.8		交互作用誤差	—	—	5.4

ρ (%) : 寄与率, ボーメ, 全窒素1 : もろみ日数3日目, 固形分率, 直糖, 全糖, アミノ酸度, 全窒素2, 3-デオキシグルコソン (3-DG), 紫外部吸収値 : もろみ日数14日目

米溶解が悪くなる, 2) アルコール生成が低くなる, 3) アミノ酸度, 全窒素, 3-DG 及び紫外部吸収値が低くなるなどの影響が認められた。加圧蒸米麹は強い蛋白質分解酵素力価を有するが, 掛米の加圧蒸しによる1), 2), 3) の影響を解除する効果は生じなかった。

文 献

- 1) 深谷伊和男, 細川信男 : 愛知食品工技年報, 38, 1 (1997)
- 2) 国税庁所定分析法注解 : 日本醸造協会 (1974)
- 3) 岩野君夫, 風間敬夫, 布川弥太郎 : 醸協, 71, 383, 792 (1976)
- 4) 岩野君夫, 来間健次, 衣山陽三, 中村伝市, 河地元彦 : 醸協, 65, 59 (1970)
- 5) 齊藤和夫, 島 靖英, 佐藤俊一 : 醸協, 82, 134 (1987)