

## (論文)

## 静置による粗木酢液の比重, pH値および含有成分の変化

鹿野 厚子・澁谷 栄・谷田貝光克

The influence of the static period on the specific gravity, pH,  
and constituents of a crude pyroligneous acid

Kouko KANO, Sakae SHIBUTANI, Mitsuyoshi YATAGAI

## 要 旨

粗木酢液の静置期間中における性質の変化を調べるため、温度条件を変えて、静置した粗木酢液の比重, pH値および含有成分を測定した。その結果、粗木酢液の比重, pH値および酸度は、静置期間や保管温度による変化が小さかった。粗木酢液の溶解タール含有率は、静置期間や保管温度による変化が大きかった。また、容器に付着する固形分は、静置期間が長くなるほど、また保管温度が高くなるほど増加した。粗木酢液の含有成分の一部は、静置期間や保管温度の条件によって含有率が変化した。フェノール類の合計含有率は、保管温度40°Cで減少する傾向がみられた。

To reveal the influence of the static period on the quality of crude pyroligneous acid, temporal change of specific gravity, pH, and constituents of crude pyroligneous acid were examined under various temperatures. As the results, each value of specific gravity, acidity and pH of crude pyroligneous acid were not changed by the static period and temperature, whereas the percentage of dissolved tar was changed. The insoluble tar was increased as the static period became longer and the temperature increased. Some of compounds in crude pyroligneous acid were influenced depending on the condition of in proportion to the static period and temperature. Especially, it tend that total proportion of phenols was decreased at 40°C in the storage temperature.

キーワード：黒炭, 木酢液, 比重, pH値, 含有成分

## 目 次

1 はじめに.....	2	3 結果と考察.....	3
2 実験方法.....	2	3.1 静置期間と粗木酢液の比重, pH値, 酸度との関係...	3
2.1 粗木酢液の製造条件および収集条件 .....	2	3.2 静置期間と粗木酢液の溶解タール含有率, 固形分率との関係...	4
2.2 粗木酢液の保管温度および保管期間 .....	2	3.3 静置期間と粗木酢液の含有成分との関係 .....	4
2.3 比重, pH値および酸度の測定 .....	2	4 おわりに.....	7
2.4 溶解タール含有率および固形分率の測定 .....	2	謝 辞.....	7
2.5 ガスクロマトグラフによる粗木酢液の成分分析...	2	引用文献.....	7

## 1 はじめに

木酢液は、製炭時の排煙を冷却して得られる液体（以下「粗木酢液」という）を一定期間静置し、油脂分やタール分を除いたもので、主に農業用資材として利用されている。

木酢液は、製造条件により、比重や、pH値、酸度、構成する成分の組成に変化が見られる<sup>1,3,5)</sup>。このような変化は、農業用資材としての効果などが安定しない原因のひとつとなっている。これに対し、国内の木酢液製造業者あるいは木酢液研究者などにより構成される木竹酢液認証協議会では、品質の指標となる比重、pH値および酸度や、原材料とする樹種、製造方法などに規格を設けており<sup>6)</sup>、木酢液生産者が成分や品質の安定した木酢液を供給するための便宜を図っている。

しかし、木酢液の成分や品質が、製造方法やその後の保管状況等により、どの程度変化するのかについては不明な点が多い。そのため、製造方法と品質、成分との関係を、詳細に検討することは有益であろう。

製造方法に関しては、これまでに谷内<sup>4)</sup>が、外気温の変化による粗木酢液の収量、比重およびpH値に対する影響を調査し、排煙を冷却する煙突内の温度と外気温との差が増加することによって、粗木酢液収量の増加、比重の減少、pH値の増加が認められたことを報告している。

また、炭化温度と粗木酢液の比重、pH値および含有成分との関係については、前報<sup>2)</sup>で、窯内温度の上昇に伴い、粗木酢液の比重が1.004から1.017まで増加すること、pH値は2.22~2.50の間で変化すること、粗木酢液中の含有成分の量と種類が増加することを明らかにした。

一方、採取された粗木酢液の精製や貯蔵方法については、木竹酢液認証協議会の規格<sup>6)</sup>では、得られた粗木酢液を90日以上静置した後、上層の軽質油および下層の沈降タールを除去し、耐酸性、遮光性のある容器等に入れ、冷暗所に貯蔵することを定めている。しかし、採取直後から出荷までの静置期間中の、粗木酢液の比重、pH値や含有成分の変化を調べた例はない。

そこで本研究では、粗木酢液の静置期間と保管温度を変えた場合の、粗木酢液の比重、pH値および含有成分の変化を調査したので報告する。

## 2 実験方法

### 2.1 粗木酢液の製造条件および収集条件

実験に用いた粗木酢液の採取は、前報<sup>2)</sup>と同様、洋野

町町内の岩手大量窯で、2007年5月下旬に行った。炭材用の原木は、主として直径10cm前後に調製されたコナラ生材を用いた。粗木酢液の採取は、排煙口上部に設置した集煙器により排煙を煙突へ導き、煙突内で冷却されて滴下する粗木酢液を1500Lタンクに収集することにより行った。

木竹酢液認証協議会の規格<sup>6)</sup>では、排煙口温度が80~150°Cの間に得られた排煙を冷却することとしているため、今回は、排煙口温度が84~157°Cとなっている間に粗木酢液を採取した。

得られた粗木酢液は、タンク内で軽く攪拌した後、ガラス容器 (Reagent Bottle, 100mL, PYREX製) 12本に約100mLずつ、プラスチック容器 (アシストチューブ, 15mL, SARSTEDT製) 12本に約10mLずつ、それぞれろ紙でろ過しながら分注した。

### 2.2 粗木酢液の保管温度および保管期間

ガラス容器とプラスチック容器に収集した粗木酢液は、実験室に持ち帰り、遮光下0°C, 20°Cおよび40°Cの条件下でそれぞれ4本ずつ保管した。その後、収集から31, 89, 129, 279日後に、ガラス容器とプラスチック容器に保管した粗木酢液を、温度条件ごとにそれぞれ1本ずつ抜き取って測定に用いた。

### 2.3 比重、pH値および酸度の測定

比重、pH値および酸度の測定は、ガラス容器に分注した粗木酢液を用いた。

比重は標準比重計で、pH値はガラス電極式水素イオン濃度計 (東亜電波工業株式会社製) で測定した。また、酸度はNaOH (1 N) 滴定により中和点を求め、粗木酢液中の酸を酢酸換算することにより算出した。

### 2.4 溶解タール含有率および固形分率の測定

溶解タール含有率および固形分率の測定は、プラスチック容器に分注した粗木酢液を用いた。

溶解タール含有率は、蒸発皿上で粗木酢液約10mLを加熱し、得られた黒色残渣を秤量し、加熱前の粗木酢液に対する重量パーセントとして示した。

固形分率は、粗木酢液を空けた後のプラスチック容器を室温でよく乾燥させ、粗木酢液分注前と乾燥後の容器重量差から、容器へ付着した固形分重量を算出し、分注した粗木酢液に対する重量パーセントとして示した。

### 2.5 ガスクロマトグラフによる粗木酢液の成分分析

比重等の測定に用いた粗木酢液について、ガスクロマトグラフ (以下「GC」という) による成分の定量を行った。各成分の含有率は、クロマトグラムで得られた全面積合計に占める各成分の面積値の割合として算出した。

また、得られたガスクロマトグラムのピークのうち、

含有率が多い19ピークについて成分を同定した。成分の同定は、秋田県立大学木材高度加工研究所において、ガスクロマトグラフ質量分析計（以下「GC-MS」という）を用いてライブラリー検索で確認することによって行った。GCおよびGC-MSの分析条件は以下のとおりである。

（GC分析条件）機種：GC-14B（島津製作所製），カラム：TC-1（30m×内径0.25mm，膜厚0.25 $\mu$ m，GLサイエンス製），カラム初期温度：40 $^{\circ}$ C，カラム初期時間：5min，カラム最終温度：240 $^{\circ}$ C，カラム昇温速度4 $^{\circ}$ C/min，カラム最終時間：5min，キャリアーガス：He，検出器：FID，気化室温度：230 $^{\circ}$ C，検出器温度：260 $^{\circ}$ C，注入量：0.4 $\mu$ L。

（GC-MS分析条件）機種：GCMS-QP5000（島津製作所製），気化室温度：230 $^{\circ}$ C，カラム：DB-1（30m×0.25mm，膜厚0.25 $\mu$ m，J&W Scientific co. CA製），カラム初期温度：40 $^{\circ}$ C，カラム初期時間：5min，昇温速度：4 $^{\circ}$ C/min，カラム最終温度：240 $^{\circ}$ C，カラム最終時間：5min，キャリアーガス：He，流速：1.2mL/min，検出器電圧：1.2kV，インターフェース温度：260 $^{\circ}$ C，注入量：1 $\mu$ L。

### 3 結果と考察

#### 3.1 静置期間と粗木酢液の比重，pH値，酸度との関係

図-1に、各保管温度における粗木酢液の静置期間と比重との関係を、図-2にpH値との関係を、図-3に酸度との関係を示す。

粗木酢液の比重は、保管温度や静置期間によらず、1.009～1.011の間で推移した。pH値は、いずれの保管温度でも、静置期間31日目では2.3～2.4であったが、89日目には約2.2に減少した後上昇し、179日目以降は2.5前後で推移した。酸度は、比重と同様、保管温度や静置期間によらず、4.9%前後で推移した。

以上の結果から、静置期間と保管温度が粗木酢液の比重の変化に与える影響は、炭化温度による変化<sup>2)</sup>と比較して小さいといえる。また、静置によるpH値の変化は、炭化温度による変化<sup>2)</sup>と同程度であり、静置後89日目に低下が見られるが、保管温度による差は、時間経過による変動と比べ極めて小さく、179日目以降は、保管温度や静置期間に関わらず、値が安定していることが観察された。

木竹酢液認証協議会の規格では、木酢液の品質の基準として、比重1.005以上、pH値1.5～3.7、酸度2～12%を適合範囲としている<sup>6)</sup>。今回の測定結果をみると、粗木酢液の静置期間の長短や、その間の取り扱い温度に

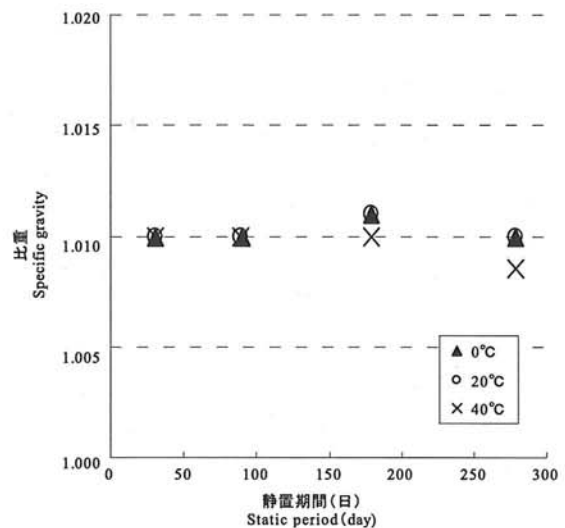


図-1 粗木酢液の静置期間と比重の関係  
Fig.1 : Relationship between specific gravity of a crude pyroligneous acid and static period.  
Note : Legends are in the figure.

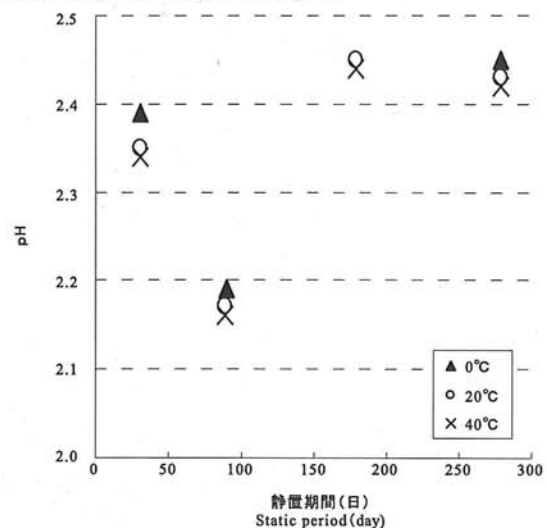


図-2 粗木酢液の静置期間とpH値の関係  
Fig.2 : Relationship between pH of a crude pyroligneous acid and static period.  
Note : Legends are in the figure.

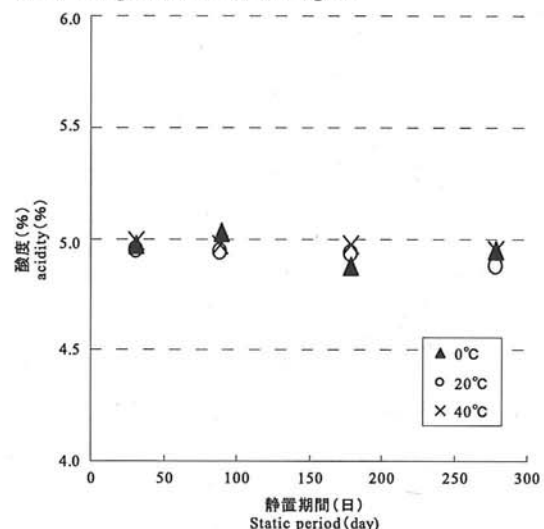


図-3 粗木酢液の静置期間と酸度との関係  
Fig.3 : Relationship between acidity of a crude pyroligneous acid and static period.  
Note : Legends are in the figure.

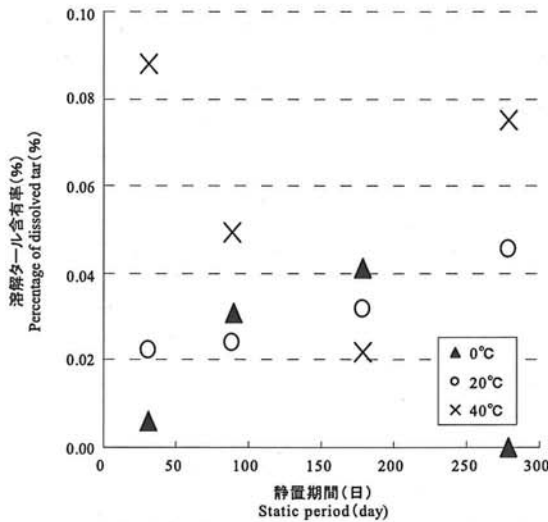


図-4 粗木酢液の静置期間と溶解タール含有率の関係  
Fig.4 : Relationship between percentage of dissolved tar of a crude pyrolytic acid and static period.  
Note : Legends are in the figure.

よって、協議会の示す規格の適合範囲を超えるように値が変化する可能性は低いと考えられる。

### 3.2 静置期間と粗木酢液の溶解タール含有率、固形分率との関係

図-4に、各保管温度における粗木酢液の静置期間と溶解タール含有率との関係を示す。

粗木酢液の溶解タール含有率は、保管温度0°Cの場合、静置期間31日目から179日目にかけて0.006%から0.041%まで増加したが、279日目では検出されなかった。保管温度20°Cでは、静置期間31~279日の間に0.022%から0.045%まで増加した。保管温度40°Cでは、静置期間31日目から179日目にかけて0.088%から0.022%まで減少したが、279日目では0.075%に増加した。

図-5に、各保管温度における粗木酢液の静置期間と固形分率との関係を示す。

粗木酢液の固形分率は、静置期間が長くなるにつれて増加し、保管温度が高くなるほどその傾向は顕著であった。保管温度0°Cの場合、固形分率は、静置期間31~279日の間、0.01%から0.02%の間で推移したのに対し、保管温度20°Cでは0.00%から0.07%まで直線的に増加し、40°Cでは、20°Cの場合と同様に、0.07%から0.34%まで増加した。

木竹酢液認証協議会では、木酢液の精製に関して、粗木酢液を90日以上静置した後、生成した沈降タールを除去することと定めている<sup>9)</sup>。そこで、粗木酢液に溶解しているタール（溶解タール）と、沈降タール（固形分）について、各保管温度における各静置期間ごとの変化を調査したところ、溶解タール含有率は、保管温度や静置

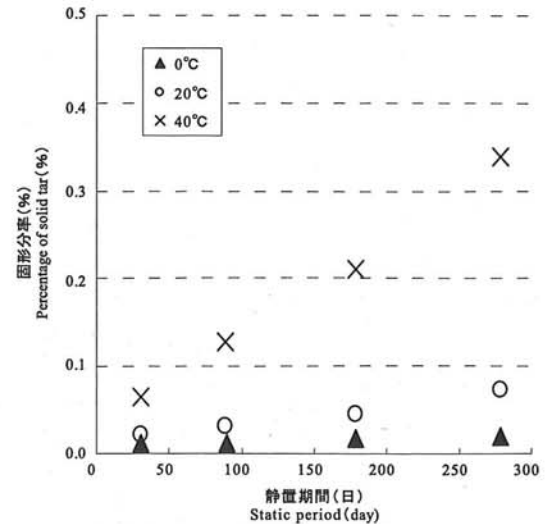


図-5 粗木酢液の静置期間と固形分率の関係  
Fig.5 : Relationship between percentage of solid tar of a crude pyrolytic acid and static period.  
Note : Legends are in the figure.

期間によって大きく変化したことが観察された。特に0°C・279日の静置で溶解タールが検出されなかったことは、溶解タールの有効な分離方法となる可能性を示唆する。しかし、再現性については、今後も測定データを収集して確認する必要がある。

また、容器に付着する固形分は、静置期間が長くなるほど増加し、特に保管温度が高い場合に固形分量は著しく増加することが明らかとなった。

### 3.3 静置期間と粗木酢液の含有成分との関係

図-6に、GCによる分析結果の一例として、静置期間31日目・保管温度20°Cのガスクロマトグラムを示す。また、表-1に、GC-MSにより物質名が同定できた19ピークの成分名を示す。19種の成分の内訳は、有機酸類が3種、フェノール類が7種、その他成分が9種であった。

図-7に、粗木酢液の静置期間と有機酸類、フェノール類、その他成分それぞれの合計含有率との関係を示す。

有機酸類、その他成分の含有率は、静置期間や保管温度による変動が小さく、有機酸類は約65%、その他成分は約4~5%となった。一方、フェノール類は、静置期間による変動は小さかったが、保管温度0°C、20°Cの場合に比べて40°Cでは少なくなる傾向が見られ、保管温度0°C、20°Cの含有率は約6%、40°Cでは約5%となった。

表-2に、各保管温度における静置期間と19成分の含有率との関係を示す。このうち、含有率に対して、静置期間と保管温度の両条件の影響がみられたのは、ジアセチルフラン (No4) と5-メチル-2-フルフラール (No6) の2種であった。

図-8に、各保管温度における静置期間と、粗木酢液中のジアセチルフラン、5-メチル-2-フルフラール

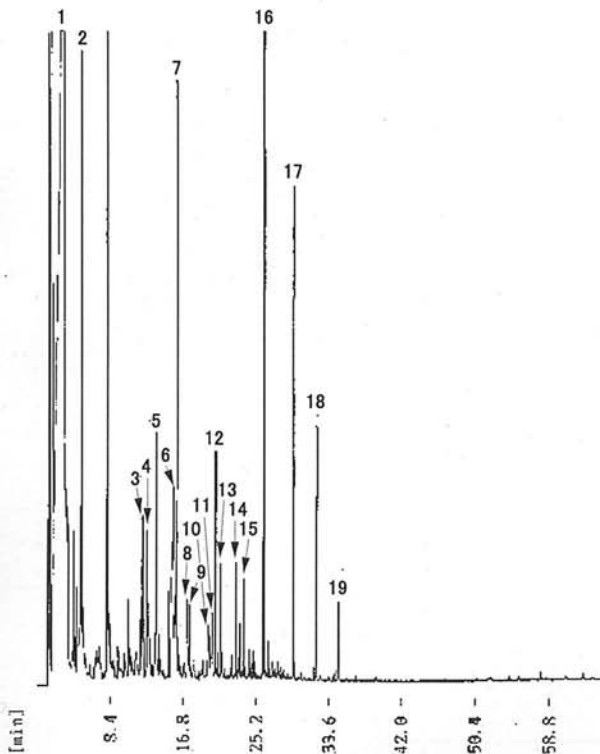


図-6 静置31日目の粗木酢液のガスクロマトグラム(保管温度20°C)  
 Fig.6 : The chromatogram of the crude pyroligneous acid  
 leaved for 31 days after.  
 Note : Temperature : 20°C

表-1 GC-MSで同定した粗木酢液中の成分名  
 Table 1 : The compounds contained the crude pyroligneous acid

ピークNo Peak No	成分名 Compound	分類 Classification
1	酢酸 acetic acid	有機酸類 organic acids
2	プロピオン酸 propanoic acid	有機酸類 organic acids
3	ジメチルジシクロペンテン 2-methyl-2-cyclopentenone	その他 others
4	ジアセチルフラン 2-acetylfruran	その他 others
5	ペンタノン酸 pentanoic acid	有機酸類 organic acids
6	5-メチル-2-フルフラール 5-methyl-2-furfural	その他 others
7	フェノール phenol	フェノール類 phenols
8	テトラヒドロフルフリルアルコール tetrahydrofurfuryl alcohol	その他 others
9	2-ヒドロキシ-3-メチル-2-シクロペンテン-1-オン 2-hydroxy-3-methyl-2-cyclopenten-1-one	その他 others
10	o-クレゾール o-cresol	フェノール類 phenols
11	4,5-ジメチル-4-ヘキセン-3-オン 4,5-dimethyl-4-hexen-3-one	その他 others
12	グアイアコール guaiacol	フェノール類 phenols
13	m-クレゾール m-cresol	フェノール類 phenols
14	1,4-ジメトキシベンゼン 1,4-dimethoxybenzene	その他 others
15	p-エチルグアイアコール p-ethyl guaiacol	フェノール類 phenols
16	2,6-ジメトキシフェノール 2,6-dimethoxyphenol	フェノール類 phenols
17	1,2,3-トリメトキシフェノール 1,2,3-trimethoxyphenol	フェノール類 phenols
18	2,6-ジヒドロキシ-4-メトキシアセトフェノン 2,6-dihydroxy-4-methoxyacetophenone	その他 others
19	ジエチルムコン酸ジメチルエステル dichylmuconic acid dimethyl ester	その他 others

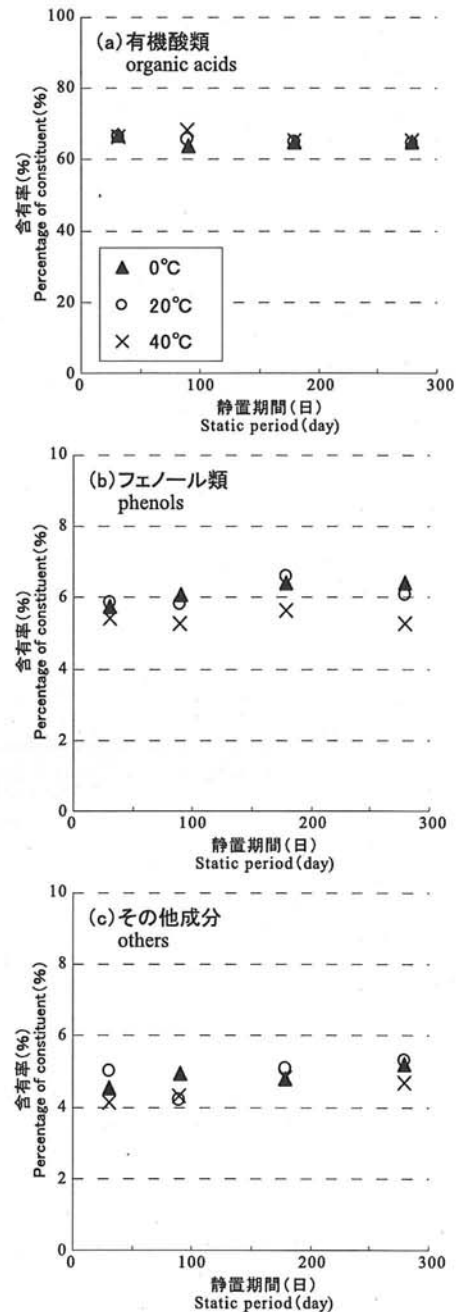


図-7 静置期間が有機酸類、フェノール類  
 及びその他成分の含有率に与える  
 影響  
 Fig.7 : Relationships between percentage of  
 organic acids, phenols and others contained the  
 crude pyroligneous acid and static period.  
 Note : (a)organic acids,(b)phenols,(c)others.  
 Legends are in the figure.

の含有率との関係を示す。

ジアセチルフランは、静置期間が長くなるにつれ減少し、同一静置期間では、保管温度が高いほど減少する傾向を示した。一方、5-メチル-2-フルフラールの含有率は、静置期間が長くなるにつれ増加し、同一静置期間では、保管温度が高いほど増加する傾向を示した。

この他、テトラヒドロフルフリルアルコール (No8) は、静置期間が長くなるにつれ増加する傾向を示した



表-2 静置期間と粗木酢液中の成分の含有率との関係

Table2 : Relationships between percentage of compounds contained the crude pyrolygneous acid and static period.

分類 Classification	ピーク No Peak No	成分名 Compound	保管温度 Temperature (°C)	成分含有率 percentage of constituent (%)				
				経過日数(日) Static period (day)				
				31	89	179	279	
有機酸類 organic acids	1	酢酸 acetic acid	0	64.62	61.25	63.03	61.72	
			20	64.22	63.56	62.67	62.47	
			40	64.22	65.77	63.04	63.03	
	2	プロピオン酸 propanoic acid	0	1.31	1.58	1.21	2.26	
			20	1.62	1.59	1.45	1.39	
			40	1.35	1.65	1.29	1.34	
	5	ペンタノン酸 pentanoic acid	0	0.69	0.92	0.82	0.95	
			20	0.75	0.69	0.96	0.81	
			40	0.67	0.73	0.81	0.76	
	有機酸類 含有率合計 percentage of constituents of organic acids			0	66.62	63.75	65.06	64.93
				20	66.59	65.84	65.08	64.68
				40	66.24	68.15	65.15	65.13
	フェノール類 phenols	7	フェノール phenol	0	1.40	1.39	1.63	1.61
20				1.38	1.45	1.79	1.54	
40				1.41	1.28	1.40	1.52	
10		o-クレゾール o-cresol	0	0.22	0.21	0.17	0.25	
			20	0.25	0.16	0.23	0.28	
			40	0.19	0.20	0.28	0.27	
12		グアイアコール guaiacol	0	0.39	0.48	0.46	0.46	
			20	0.43	0.45	0.46	0.44	
			40	0.37	0.34	0.39	0.37	
13		m-クレゾール m-cresol	0	0.21	0.22	0.29	0.34	
			20	0.25	0.18	0.34	0.28	
			40	0.20	0.18	0.27	0.26	
15		p-エチルグアイアコール p-ethyl guaiacol	0	0.14	0.21	0.19	0.22	
			20	0.19	0.17	0.24	0.19	
			40	0.13	0.13	0.16	0.17	
16		2,6-ジメトキシフェノール 2,6-dimethoxyphenol	0	2.47	2.56	2.68	2.57	
			20	2.42	2.55	2.64	2.54	
			40	2.39	2.50	2.59	2.29	
17		1,2,3-トリメトキシフェノール 1,2,3-trimethoxyphenol	0	0.91	1.02	1.00	1.00	
			20	0.94	0.86	0.92	0.79	
			40	0.72	0.65	0.57	0.41	
フェノール類 含有率合計 percentage of constituents of phenols			0	5.74	6.10	6.42	6.44	
			20	5.88	5.81	6.62	6.07	
			40	5.41	5.29	5.65	5.28	
その他成分 others	3	ジメチルジシクロペンテンオン 2-methyl-2-cyclopentenone	0	0.69	0.57	0.70	0.58	
			20	0.71	0.72	0.65	0.79	
			40	0.65	0.63	0.64	0.62	
	4	ジアセチルフラン 2-acetylfuran	0	1.25	1.10	0.53	0.51	
			20	0.73	0.12	0.00	0.00	
			40	0.00	0.00	0.00	0.00	
	6	5-メチル-2-フルフラール 5-methyl-2-furfural	0	1.09	1.29	1.69	1.87	
			20	1.66	2.09	2.34	2.54	
			40	2.32	2.29	2.66	2.54	
	8	テトラヒドロフルフリルアルコール tetrahydrofurfuryl alcohol	0	0.43	0.66	0.61	0.78	
			20	0.52	0.38	0.74	0.66	
			40	0.31	0.51	0.53	0.63	
	9	2-ヒドロキシ-3-メチル-2-シクロペンテン-1-オン 2-hydroxy-3-methyl-2-cyclopenten-1-one	0	0.13	0.22	0.17	0.27	
			20	0.19	0.13	0.24	0.20	
			40	0.11	0.15	0.15	0.19	
	11	4,5-ジメチル-4-ヘキセン-3-オン 4,5-dimethyl-4-hexen-3-one	0	0.26	0.13	0.22	0.19	
			20	0.34	0.14	0.17	0.37	
			40	0.25	0.21	0.28	0.24	
	14	1,4-ジメトキシベンゼン 1,4-dimethoxybenzene	0	0.19	0.24	0.23	0.27	
20			0.21	0.17	0.25	0.21		
40			0.13	0.13	0.12	0.10		
18	2,6-ジヒドロキシ-4-メトキシアセトフェノン 2,6-dihydroxy-4-methoxyacetophenone	0	0.41	0.56	0.51	0.56		
		20	0.51	0.39	0.52	0.43		
		40	0.32	0.33	0.35	0.30		
19	ジエチルムコン酸ジメチルエステル diehylluconic acid dimethyl ester	0	0.09	0.18	0.13	0.19		
		20	0.15	0.08	0.16	0.11		
		40	0.07	0.07	0.09	0.07		
その他成分 含有率合計 percentage of constituents of others			0	4.54	4.95	4.80	5.22	
			20	5.02	4.22	5.08	5.32	
			40	4.15	4.33	4.83	4.69	

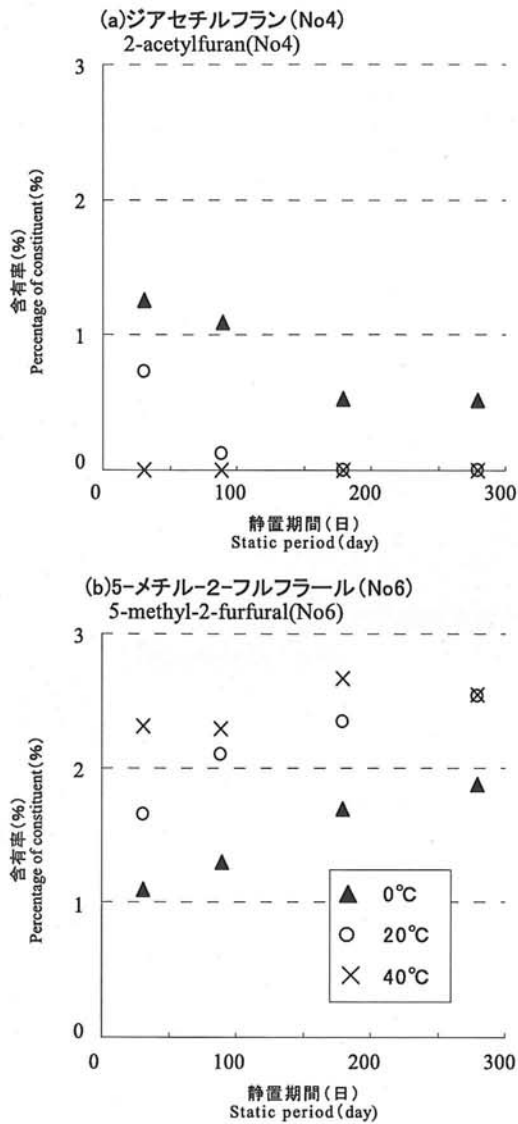


図-8 静置期間が粗木酢液中の成分の含有率に与える影響  
Fig.8: Relationships between percentage of compounds contained the crude pyrolytic acid and static period.  
Note: (a)2-acetylfuran, (b)5-methyl-2-furfural. Legends are in the figure.

(表-2)。また、グアイアコール (No12), 1, 4-ジメトキシベンゼン (No14), p-エチルグアイアコール (No15), 1, 2, 3-トリメトキシフェノール (No17), 2, 6-ジヒドロキシ-4-メトキシアセトフェノン (No18), ジエチルムコン酸ジメチルエステル (No19) の6種は, 保管温度が0°C, 20°Cの場合と比較して40°Cで含有率が少なくなる傾向を示した(表-2)。

残り10種の成分は, 含有率と静置期間, 保管温度との関係に一定の傾向は認められなかった。

以上の結果から, 粗木酢液の成分構成は, 有機酸類が約65%, フェノール類とその他成分がそれぞれ約5%, 未同定成分が約25%であり, 同定した19成分のうち9成分では, 静置期間や保管温度の条件によって含有率が変化することが観察された。

これらの各成分が, 木酢液の施用効果や安全性に与える影響は不明であるが, 主要成分である有機酸類は, 保管温度や静置期間による含有率の変化が小さいことが明らかとなった。

## 4 おわりに

今回の結果から, 粗木酢液の比重, pH値および酸度は, 静置期間や保管温度による変化が小さく, 容器に附着する固形分は, 静置期間が長くなるほど, また保管温度が高くなるほど増加することが明らかとなった。

粗木酢液に含まれるフェノール類の合計含有率は, 保管温度40°Cで減少する傾向がみられ, 一部の成分は, 静置期間や保管温度の条件により含有率が変化した。

これより, 木竹酢液認証協議会が規格を定める比重, pH値および酸度は, 総じて保管温度や静置期間の影響は小さいといえるが, 溶解タール含有率, 固形分率および含有成分に対しては, 保管温度や静置期間の影響が認められた。このようなタールや含有成分の変化が, 粗木酢液の施用効果に与える影響は不明であるものの, 長期の保存により木酢液の品質の安定が図れることが考えられた。

## 謝 辞

本研究を行うにあたり, 木酢液採取に快くご協力頂いた北部産業株式会社佐々木松一社長および新田徳男氏へ深く感謝致します。

## 引用文献

- 1) 大矢信次郎・一ノ瀬幸久・小坂信行 (2003) 木炭および木酢液の新しい用途開発. 長野県林業総合センター研究報告17: 29-39.
- 2) 鹿野厚子 (2007) 炭窯における窯内部, 排煙口, 煙突内及び外気の温度が粗木酢液の比重, pH値に及ぼす影響. 岩手県林業技術センター研究報告15: 39-44.
- 3) 高木茂・松瀬収司 (2004) 機能性木炭の生産・利用の検討と木酢液の品質安定化に関する試験. 平成15年度長野県林業総合センター業務報告: 56-59.
- 4) 谷内博規 (2006) 気温の変化が粗木酢液の収量, 品質へ与える影響. 岩手県林業技術センター研究報告14: 25-29.

- 5) 東野孝明・柴田晃・谷田貝光克 (2005) 蒸留による木酢液の品質規格作成に向けての基礎研究 (第1報) 蒸留木酢液における構成成分の規則性と再現性の研究. 木材学会誌51(3):180-188.
- 6) 木竹酢液認証協議会 (2006) 木酢液・竹酢液の規格. <http://www.mokutikusaku.net/index.html>