

2008

山梨県総合理工学研究機構 研究報告書 第3号



Y-CROST Research Report 2008



環境にやさしい植物性大豆インキを
使用しています。

Comprehensive Research Organization for Science and Technology
Yamanashi Prefectural Government

山梨県総合理工学研究機構研究報告書

第 3 号

Y-CROST
Research Report 2008

目 次

はじめに

研究テーマ及び研究体制

Index of Research Projects

研究成果報告

1	地域農産素材等の機能性解明と高付加価値製品の開発	
1	1) 県産野菜を利用した高付加価値製品の開発	1
5	2) 新作物キノアの生体調整機能の調査とその利用技術の開発	5
2	未利用農林産物系バイオマスの利用技術の開発	
11	1) 山梨県におけるスイートコーンからのバイオエタノール生産の可能性評価	11
20	2) 山梨県地域における林地残材のエネルギー源化の可能性	20
27	3 栽培条件の異なるブドウ「甲州」を用いたワインの個性化醸造技術の確立に関する研究	27
4	農林水産物の鳥獣類被害に対する防除対策の研究	
45	1) ニホンジカによる樹木への食害	45
48	2) カワウの繁殖抑制を目的とした卵発生停止技術の検討	48
53	5 ブドウ搾り滓を活用した家畜排泄物の堆肥化および環境負荷低減化技術の開発	53
65	6 甲府盆地飲用地下水を中心とする水質特性の時系列解析及び新規地下水調査	65

資 料

(1)	平成19年度山梨県総合理工学研究機構の活動	69
	総合理工学研究機構運営委員会委員名簿	70
	総合理工学研究機構テーマ等調整会議メンバー名簿	70
(2)	平成19年度山梨県総合理工学研究機構組織図	71
	担当コーディネーター一覧	73

は じ め に

山梨県総合理工学研究機構は、県立10試験研究機関が有する人的資源や研究設備、研究成果を横断的、有機的に結びつけることで、個々の試験研究機関だけでは取り組み難い新技術の開発や学際領域の研究を推進し、本県の産業の発展や県民生活の質の向上を図ることを目的に平成17年4月に設立されました。

初年度には、本県の産業や地域の特性を活かした生活関連及び環境・エネルギーの分野から、地域農産物の機能性の解明、農林産物のバイオマス利用、廃棄プラスチックのリサイクル技術、プラズマ光による水殺菌システム、甲州ワインの品質向上の5つの研究課題を選定し、研究を開始しました。これらの内、廃棄プラスチックのリサイクル技術に関する研究とプラズマ光を用いた水殺菌技術に関する研究が平成18年度末に所期の成果を挙げて終了しました。平成19年度には、残り3課題の内2課題が終了しました。新たな研究課題として、平成18年度から県内の内水面漁業の懸案となっているカワウの被害防除対策についての研究を始め、平成19年度からは、ブドウ搾り滓を活用した家畜排泄物の堆肥化による環境負荷の低減技術に関する研究など新たに3件の研究を開始しました。

この度、平成19年度に行った6課題の研究成果をとりまとめ、研究報告書第3号として出版することになりました。関係者の方々及び県民の皆様から忌憚のないご意見やご提言が寄せられることを期待しています。

平成20年6月30日

山梨県総合理工学研究機構

総 長 小 林 正 彦

研究テーマ及び研究体制

(○は主幹事を示す。)

1 地域農産素材等の機能性解明と高付加価値製品の開発（平成17～19年度）

- 1) 県産野菜を利用した高付加価値製品の開発
山梨県工業技術センター
恩田 匠、小嶋 匡人、長沼 孝多
斎藤 美貴、橋本 卓也
- 2) 新作物キノアの生体調整機能の調査とその利用技術の開発
山梨県総合農業技術センター
○竹丘 守、石井 利幸、藤木 俊也
上野 直也
山梨大学 中尾 篤人、廣瀬 裕子

2 未利用農林産物系バイオマスの利用技術の開発（平成17～19年度）

- 1) 山梨県におけるスイートコーンからのバイオエタノール生産の可能性評価
山梨県工業技術センター
○恩田 匠、長沼 孝多、橋本 卓也
小嶋 匡人
山梨県総合農業技術センター
長坂 克彦、加藤 知美
山梨県森林総合研究所 小澤 雅之
山梨大学 島崎 洋一
- 2) 山梨県地域における林地残材のエネルギー源化の可能性
山梨県森林総合研究所 小澤 雅之

3 栽培条件の異なるブドウ「甲州」を用いたワインの個性化醸造技術の確立に関する研究（平成17年度～19年度）

山梨県工業技術センター
○小松 正和、飯野 修一、中山 忠博
原川 守
富士工業技術センター 上垣 良信
山梨県果樹試験場 猪俣 雅人、齋藤 典義
山梨大学 時友裕紀子
山梨大学ワイン科学研究センター
久本 正嗣、奥田 徹
山梨県ワイン酒造組合 上野 昇

4 農林水産物の鳥獣類被害に対する防除対策の研究（平成18年度～19年度）

- 1) ニホンジカによる樹木の食害
山梨県森林総合研究所 長池 卓男
- 2) カワウの繁殖抑制を目的とした卵発生停止技術の検討
山梨県水産技術センター
坪井 潤一、○桐生 透
山梨県工業技術センター
岩間 貴司、阿部 正人、石黒 輝雄
宮本 博永

5 ブドウ搾り滓を活用した家畜排泄物の堆肥化および環境負荷低減化技術の開発（平成19年度～21年度）

山梨県環境科学研究所
○長谷川達也、森 智和、齋藤奈々子
山梨県畜産試験場 高橋 照美
山梨県総合農業技術センター 山崎 修平
山梨県富士工業技術センター
上垣 良信、高尾 清利
山梨大学
御園生 拓、金子 栄廣、早川 正幸

6 甲府盆地飲用地下水を中心とする水質特性の時系列解析及び新規地下水調査（平成19年度～21年度）

山梨県衛生公害研究所 ○小林 浩
山梨県環境科学研究所 興水 達司
山梨県富士工業技術センター 尾形 正岐

Research Report of Comprehensive Research Organization of Science and Technology, Yamanashi Prefecture (Y-CROST) 2008

Index of Research Projects

Development of Functional Foods from Local Agricultural Products

Takumi ONDA, Masahito KOJIMA, Kota NAGANUMA, Miki Saito, Takuya HASHIMOTO (Industrial Technology Center)

Investigation of Biological Action of New Crop Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) and Development of Its Utilization Technology

Mamoru TAKEOKA, Toshiyuki ISHII, Toshiya FUJIKI, Naoya UENO (Agricultural Technology Center)
Atsuhito NAKANO, Yuko HIROSE (University of Yamanashi)

Development of Biomass Utilization of Agri-Forestry Residues in Yamanashi Prefecture

Takumi ONDA, Kota NAGANUMA, Takuya HASHIMOTO Masato KOJIMA (Industrial Technology Center)
Katsuhiko NAGASAKA, Tomomi KATO (Agricultural Technology Center)
Yoichi SHIMAZAKI (University of Yamanashi)

Possibility of Forest Residues in Forests and Timber Yards as an Energy Source in Yamanashi Area

Masayuki OZAWA (Forest Research Institute)

Studies on the Characterization of White Wine from Koshu Grape Viticulture

Masakazu KOMATSU, Shu-Ichi IINO, Tadahiro NAKAYAMA, Mamoru HARAKAWA (Industrial Technology Center)
Yoshinobu UEGAKI (Fuji Industrial Technology Center)
Masato INOMATA, Noriyoshi SAITO (Fruit Tree Experimental Station)
Yukiko TOKITOMO (University of Yamanashi)
Masashi HISAMOTO, Toru OKUDA (Institute of Enology and Viticulture, University of Yamanashi)
Noboru UENO (Yamanashi Prefecture Wine Manufacturers' Association)

Studies for Controlling the Damage of Agricultural Products by Wildlife Debarking by Sika Deer (*Cervus nippon*)

Takuo NAGAIKE (Forest Research Institute)

Evaluation of the Method for Stopping the Embryonic Growth Aiming to Decrease the Reproductive Success of Great Cormorants

Jun-Ichi TSUBOI, Toru KIRYUU (Fisheries Technology Center)
Takashi IWAMA, Masato ABE, Teruo ISHIGURO, Hironaga MIYAMOTO (Industrial Technology Center)

Composting of Livestock Wastes and Reduction Technology of Environmental Load Using Wine Compression Residues

Tatsuya HASEGAWA, Tomokazu MORI, Nanako SAITO (Institute of Environmental Sciences)
Tomoyuki AKAO, Terumi TAKAHASHI (Livestock Experiment Station)
Shuhei YAMAZAKI (Agricultural Technology Center)
Yoshinobu UEGAKI, Kiyotoshi TAKAO (Fuji Industrial Technology Center)
Taku MISONOU, Hidehiro KANEKO, Masayuki HAYAKAWA (University of Yamanashi)

Investigation of Groundwater Flow System in the Kofu Basin

Hiroshi KOBAYASHI (Institute for Public Health)
Satoshi KOSHIMIZU (Institute of Environmental Sciences)
Masaki OGATA (Fuji Industrial Technology Center)

地域農産素材等の機能性解明と 高付加価値製品の開発

県産野菜を利用した高付加価値製品の開発

工業技術センター

恩田 匠・小嶋 匡人・長沼 孝多・斎藤 美貴・橋本 卓也

Development of a Functional Food from Local Agricultural Products

Yamanashi Prefectural Industrial Technology Center

Takumi ONDA, Masato KOJIMA, Kota NAGANUMA, Miki SAITOU and Takuya HASHIMOTO

要 約

クレソン凍結乾燥粉末について、そのポリフェノール含量および抗酸化活性に及ぼす加熱処理の影響を調査した。その結果、120℃、及び150℃の加熱では、両者とも変化がなかったが、180℃及び200℃では徐々に低下した。次に、クレソンの凍結乾燥粉末を使用してサブレを試作し、160日間の保存試験を行った。その結果、脂質の酸価と過酸化価にクレソンの添加による影響は認められなかった。

Abstract

The effect of heat treatment on the content of polyphenols and the antioxidative activity of the cress. The antioxidative activity of the cress remained unchanged during heat treatment at 120 or 150℃ but gradually declined during heating at 180℃ or 200℃. Shelf life test lasted for 160 days has shown that supplement of the cress to "sabl " did not affect either acid value or peroxide value of "sabl ".

1. 緒 言

近年、食品に求められる役割の中で、特に生体調整機能（健康の維持等に寄与する機能）を持つことが重要になってきている。これに伴い、全国的に野菜、果実及び水産物などの地域産物を用いて、抗酸化、高血圧予防、抗ガンおよび抗アレルギーなどの機能性の探索が活発に行われており、その成果は地域資源の高度利用や高付加価値化に生かされている。例えば、石川県では地域特産の「加賀野菜」について機能性評価を行い、伝統野菜の中島菜に血圧上昇抑制効果があることを見出し、これを用いた加工食品の開発¹⁾に取り組んでいる。

山梨県内においても在来野菜であるおちあいいも（丹波山村）、鳴沢菜（鳴沢村）、長禅寺菜（甲府市）および大野菜（身延町）などが見られるほか、在来品種ではないが各地域の特産として認知されている大塚にんじん（市川三郷町）、やはたいも（甲斐市）、クレソン（道志村）、長かぶ（上野原市）などの野菜も存在する。

前年度までに、31種類の地域農産素材の機能性を調査した結果、クレソンが高いポリフェノール含量および抗酸化活性を示すことが明らかになった。そこで、本年度はクレソンを原材料とした加工食品を試作開発した。

まず、加工に利用しやすいようクレソンから粉末品を調製した。次に、菓子などの加熱を伴う加工品へのクレソンの利用を考え、この粉末品の加熱による抗酸化性の変化を検討した。さらにこのクレソン粉末を用いて様々な配合のサブレを試作するとともに、保存中における品質変化を検討した。

また、山梨県総合農業技術センター（甲斐市）で栽培したキノアについても抗酸化活性を調査し、併せてサブレも試作したので報告する。

2. 実験方法

2-1 供試試料および粉末品の調製

クレソンは、山梨県道志村内のクレソン生産出荷組合で平成19年に収穫されたものを使用した。クレソンは収穫後冷蔵し、翌日に液体窒素で凍結し、真空凍結乾燥機（FDU-2200：東京理化工業株式会社製）で凍結乾燥後、ミル（Labo Milser：岩谷産業株式会社製）で2分間破碎してクレソン粉末品とした。なおクレソン100gから11.9gのクレソン粉末が得られた。

またキノアは山梨県総合農業技術センター（甲斐市）のほ場で平成16年7月に収穫され、雨よけ施設の中で

自然乾燥して、脱穀、選別、精米機による脱皮をしたものを使用した。これをクレソンと同様にミルで2分間破碎してキノア粉末品とした。

2-2 クレソン粉末品の加熱処理

粉末品を300ml用の三角フラスコに2g量り取り、熱風乾燥器（PHH-101：エスベック株式会社製）で、120、150、180および200℃で、それぞれ15、30および60分間加熱した。

2-3 分析試料の調整

粉末品のポリフェノール含量およびDPPHラジカル消去活性を測定するための試料調整を以下のように行った。すなわち粉末品2gを採取し、80%エタノールを90ml加え、15分間加熱還流を行った。冷却後、ろ紙（No.2：東洋ろ紙会社製）でろ過した。残さは回収し、再び80%エタノールを90ml加えて5分間加熱還流を行い、ろ紙（No.2：東洋ろ紙会社製）でろ過した。ろ液はすべて合わせて45℃下で減圧濃縮を行い、蒸留水で50mlに定容した。この液をろ紙（No.5C：東洋ろ紙会社製）でさらにろ過したものを分析試料とした。

2-4 DPPHラジカル消去活性評価試験

DPPHラジカル消去活性評価試験は須田らの方法²⁾に従いTrolox当量として算出した。

2-5 ポリフェノール含量の測定

ポリフェノール含量は、既報³⁾に準拠してフォーリン・チオカルト試薬を用いて定量し、没食子酸当量として算出した。

2-6 クレソン粉末を添加したサブレの試作

サブレの配合は、薄力粉を100%としたとき、無塩バター60%、グラニュー糖30%、全卵20%の割合で行った。なおクレソン粉末品は0.5、1、3、5および10%添加した。

サブレの製造は無塩バターをミキサー（ケンミックスアイコー：愛工舎製作所製）のステンレス容器に入れ、湯煎でなめらかになるまで溶かし、ミキサーのメモリ3（以下、メモリはミキサーのメモリ値を表す）で1分間攪拌した。その後グラニュー糖を加え、メモリ3で1.5分間攪拌した。これにあらかじめ篩を通した薄力粉を加え、メモリ1でゆっくりと攪拌した。なおクレソン粉末を添加する場合はあらかじめ薄力粉に混合して使用した。作製した生地はビニール袋に入れ、厚さ5mmの板の間に置き、のし棒を使用して生地の厚さが板の厚さと同じになるまで伸ばした後、冷蔵庫で2時間以上冷蔵した。その後、直径30mmの円形抜き型で型抜きし、180℃のオーブンで18分間焼成した。

2-7 サブレの官能評価

クレソン無添加のサブレとクレソンを1、3、5および10%添加したサブレについて食品酒類バイオ科5名による官能評価を行った。評価は味及び色について1：好ましい、2：やや好ましい、3：ふつう、4：やや好ましくない、5：好ましくないとして5点法で行い、5人の点数を平均した。

2-8 サブレの保存試験

サブレはポリエチレン製の袋に入れて25℃（暗所）で160日間保存した。

2-8-1 サブレ中の油脂の抽出

サブレ10枚を、すり鉢とすりこぎで均質化した後三角フラスコに移し、ジエチルエーテル約100mlを加え、30分間スターラーで攪拌し、ろ紙（No.2：東洋ろ紙会社製）で分液ロートにろ過した。さらに不純物を除くため、ろ液に50mlの蒸留水を加えた後、5分間激しく振り混ぜ、水層を除去する操作を2回繰り返した。

上層に硫酸ナトリウムを加えて20分間脱水した後脱脂綿でろ過し、エバポレーターでジエチルエーテルを除去して油脂試料とした。

2-8-2 サブレ中の油脂の酸価及び過酸化物価の測定

油脂の酸価及び過酸化物価の測定は常法⁴⁾によった。

2-9 キノア粉末を使用したサブレの作製

キノア粉末を小麦粉の重量の10%及び20%を代替して2-6と同様の手順でサブレを作製した。

3. 結果および考察

3-1 クレソン粉末のポリフェノール含量およびDPPHラジカル消去活性に及ぼす加熱処理の影響

クレソン粉末のポリフェノール含量およびDPPHラジカル消去活性に及ぼす加熱温度の影響を図1及び図2に示した。

その結果、クレソンのポリフェノール含量は当初1381mg/100gであったが、120～150℃では60分間の加熱でもほぼ100%を維持した。しかし180℃では30分で84%、60分間の加熱では78%まで低下した。さらに200℃では15～60分間の加熱で64%～50%に低下した。

またDPPHラジカル消去活性はポリフェノール含量の低下に比例して低下した。すなわち120～150℃では60分間の加熱でもほぼ100%を維持したが、180℃では15分で90%、30～60分間の加熱では75%まで低下した。さらに200℃では15分の加熱で63%、30～60分間の加熱

では54%に低下した。

以上の結果から、加熱温度が高くなるにつれポリフェノール含量およびDPPHラジカル消去活性が低減することが明らかになった。加熱処理による抗酸化性の消長については柿葉茶や有色米などについて検討^{5)~7)}が行われており、寺澤ら⁶⁾は有色米は180℃、15分間の加熱でDPPHラジカル消去活性は8~20%減少し、抗酸化性を持つ色素の減少と加熱分解生成物の影響を指摘している。今回、我々もクレソン粉末を180℃、15分間加熱したところ、DPPHラジカル消去活性が10%減少しており、寺澤らとほぼ同様の結果であった。

2-6に示したサブレの試作では180℃、18分の加熱を行ったが、この条件ではDPPHラジカル消去活性およびポリフェノール含量は80%以上保持できると推察された。

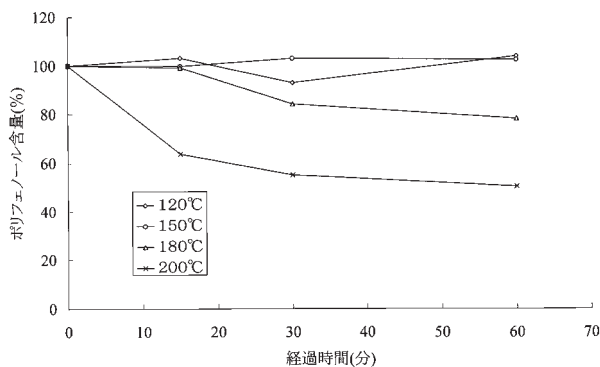


図1 クレソン粉末のポリフェノール含量に及ぼす加熱処理の影響

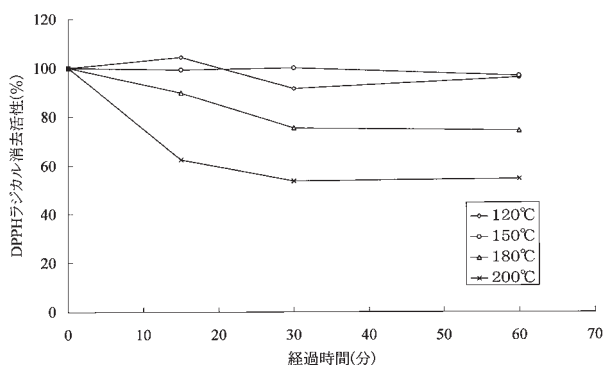


図2 クレソン粉末のDPPHラジカル消去活性に及ぼす加熱処理の影響

3-2 クレソンを添加したサブレについて

クレソン粉末を添加したサブレを写真1に示した。サ

ブレはクレソンに由来する濃緑色と苦味が焼成後も保持された。このサブレを食品酒類バイオ科5名により官能評価を行った結果を表1に示した。

その結果、クレソン粉末を1、3及び5%添加したサブレは味の調和がとれ、明緑色で味、色ともにクレソン無添加と比較して同等あるいはそれ以上の評価を得た。しかしクレソン粉末を10%添加したサブレは苦みが強く、また暗緑色となり味、色ともに低評価であった。

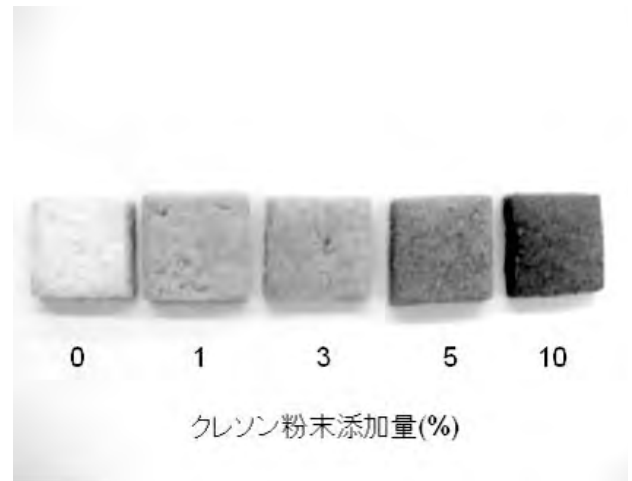


写真1 クレソン粉末を添加したサブレ

表1 クレソンを添加したサブレの官能評価

クレソン添加量 (%)	0	1	3	5	10
味	1.6	1.6	1.6	2.3	3.8
色	1.8	1.2	2.2	1.8	3

3-3 クレソン粉末を添加したサブレの品質変化

クレソン粉末の持つ抗酸化性によるサブレ中に含まれる油脂の酸化防止効果を調べるため、油脂酸化の指標として酸価および過酸化価を経時的に測定し、その結果を図3及び図4に示した。

酸価は160日間の保存中0~1.6mg/gを示し、クレソンの添加量による差異は見られなかった。過酸化価は、0日目では全試験区で0 meq/kgを示し、時間の経過とともに徐々に上昇し、最大で0.5%添加区で9.9 meq/kgを示したが、クレソンの添加量による差異は見られなかった。

菓子の製造・取扱いに関する衛生上の指導についての厚生省通達（環食第248号）では、油脂で処理した菓子の管理について「その製品中に含まれる油脂の酸価が3を超え、かつ、過酸化価が30を超えるものであってはならない。」及び「その製品中に含まれる油脂の酸価が5を超え、又は過酸化価が50を超えるものであってはならない。」と定められているが、160日間の保存では試作したサブレは、全試験区において酸価が1.6以

下、過酸化値が9.9以下であり、基準内であった。

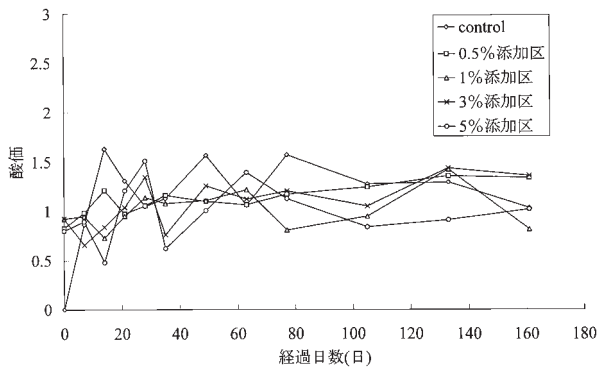


図3 クレソン粉末を添加したサブレの保存中における酸価の変化

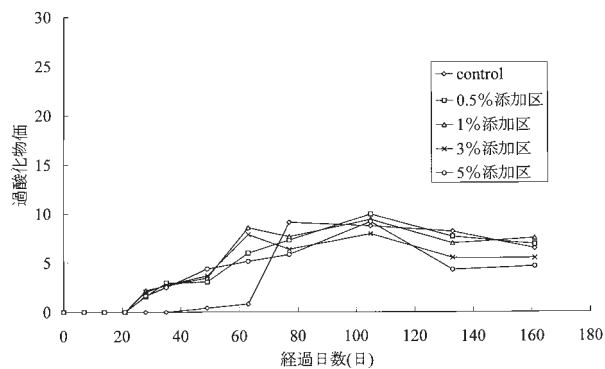


図4 クレソン粉末を添加したサブレの保存中における過酸化値の変化

3-4 キノアの抗酸化性およびキノアを使用したサブレについて

キノア粉末品のDPPHラジカル消去活性およびポリフェノール含量を表2に示した。雑穀のポリフェノール含量については、ヒエ、アワ及びキビのポリフェノール含量は40～120mg/100gであると報告⁸⁾されており、キノアは雑穀の中でも比較的高いポリフェノール含量を示すことがわかった。なお、キノアのポリフェノールの同定は山梨県総合農業技術センターにおいて、栽培特性及び機能性に関する研究の中で行われている。

一方、工業技術センターではキノアを利用した食品としてサブレを試作した。その結果、サブレの食味はキノアを小麦粉に対し10%代替した物では苦味もなく良好であったが、20%代替した物では弱い苦味が感じられた。

表2 キノア粉末品の抗酸化性

DPPHラジカル消去活性	ポリフェノール含量
713.9 μ mol/100g	198.6mg/100g

4. 結 言

クレソンが高い抗酸化性を持つことから、クレソンを原料とした加工品の開発を試みた。

はじめにクレソンから凍結乾燥粉末を作製し、この粉末の焼き菓子への利用を考え、はじめにこの粉末のポリフェノール含量およびDPPHラジカル消去活性に及ぼす加熱処理の影響を調べた。その結果、120℃及び150℃の加熱処理では両者とも変化がなかったが、180℃及び200℃の加熱処理では時間の経過とともに徐々に低下した。

今回クレソン粉末を使用したサブレを試作したが、このときの焼成条件は180℃、18分間であり、この条件ではクレソン粉末のポリフェノール含量およびDPPHラジカル消去活性は80%以上保持可能であることがわかった。

次に試作したサブレについて25℃（暗所）で160日間保存したところ、酸価及び過酸化値の変化はクレソン無添加区との差異は見られず、いずれも良好な保存性を示した。

さらに、キノアの抗酸化性について調査し、キノアを使用したサブレを試作したところ、小麦粉に対し10%代替したものは苦味もなく良好だった。

参考文献

- 1) 榎本俊樹, 三輪章志, 吉村香奈子, 北村利夫: NewFood Industry, 44, 31 (2002)
- 2) 篠原和毅, 鈴木建夫, 上野川修一 編著: 食品機能研究法, 光琳, p.218 (2000)
- 3) 辻 政雄, 木村英生: 山梨県工業技術センター研究報告, 15, 34 (2000)
- 4) 長谷川喜代三 著: 食品分析, 培風館, 102-104 (1993)
- 5) 鶴永陽子, 松崎 一, 持田圭介, 松本敏一, 板村裕之: 日本食品科学工学会誌, 52, 391-397 (2005)
- 6) 寺澤なお子, 谷 晴美: 日本家政学会誌, 56, 653-659 (2005)
- 7) 福田靖子, 中田徳美: 日本食品科学工学会誌, 46, 786-791 (1999)
- 8) 菊池淑子: 東北農業研究, 56, 261-262 (2003)

新作物キノアの生体調整機能の調査とその利用技術の開発

総合農業技術センター・山梨大学¹

竹丘 守・石井利幸・藤木俊也・上野直也・中尾篤人¹・廣瀬裕子¹

Investigation of Biological Action of New Crop Quinoa (*Chenopodium quinoa* WILLD.) and Development of its Utilization Technology

Yamanashi Prefectural Agritech Center, University of Yamanashi¹

Mamoru TAKEOKA, Toshiyuki ISHII, Toshiya FUJIKI, Naoya UENO, Atsuhito NAKAO¹, Yuko HIROSE¹

要 約

南米原産のアカザ科に属する擬穀類キノアの山梨県における夏播種栽培適応性を検討した。標高315m圃場で8月播種の場合、子実収量は、180個体 m^{-2} 程度の密植では春播種と同程度となったが、標高955m圃場では栽植密度に関係なく、春播種より少収になることが明らかになった。一方、子実品質は、夏播種の方が春播種より優れた。現地実証試験では、子実肥大期以降に著しい降雨があると倒伏・折損し、子実収量に大きな影響を及ぼすことが確認された。労働時間は、除草に刈払機を、収穫に大豆・そば用コンバインを使用することで10aあたり約30時間まで短縮することができた。しかし、収穫後の調整作業で多くの時間を要し、大豆や水稲と比較すると10~30%程度多いと推察された。

キノアの疾患予防効果について、各種の疾患動物（マウス）モデルを用いて検討した。その結果、マウス大腸炎モデルに対して体重減少の抑制、血便の減少が観察され、腸炎が抑制されている可能性が示唆された。

1. 緒 言

南米アンデス地方原産のキノア (*Chenopodium quinoa* WILLD.) は、アカザ科アカザ属一年草の擬穀類で、かつてインカ族の主要穀物の一つであった¹⁾。外部形態は、同属のシロザやアカザに酷似しているが、主茎上部に円錐状の大きな穂をつけることがキノアの特徴である。子実（種子）は米や小麦などの主要穀物と比べて、タンパク質含量（約12%）が高く、必須アミノ酸組成に優れ、カルシウム、マグネシウムなどのミネラル栄養素が多く含まれている。近年では、血圧上昇抑制作用などの生体調節機能が確認されるなど機能性食品としても注目されつつある²⁾。

キノアはペルーやボリビアにおける栽培地域によって、Valley type, Altiplano type, Salar type, Sea-level typeの4つに分類される³⁾。このうち前者3 typeは標高2000~4000mの高標高地でのみ栽培されているのに対して、低標高地が起源のSea-level typeは、我が国でも栽培が可能である⁴⁾。現在、国内で流通しているキノアはすべて輸入品であるため、Sea-level typeのキノアを本県で生産して、これを原料にすれば、市場性の高い製品になりうると考えられる。

本研究では、キノアの国内初の産地化を目指して、栽

培可能な優良品種または系統を選定し、本県における栽培技術を確認する。さらに、山梨県産キノアの生体調整機能を調査する。

昨年度までに、収量や耐倒伏性などの栽培の観点から、本県に適する系統は、NL-6系統（以下N6と略す）であり、最適窒素基肥量は、8 g m^{-2} 程度であることを明らかにした。さらに、播種時期と栽植密度の検討を行い、4月播種は、8月播種より多収となるが、子実の外観品質は8月播種の方が良好であった。また、4月播種は栽植密度を変えても、生育ステージ、収量及び品質にほとんど影響を及ぼさなかったが、8月播種では30個体 m^{-2} に対して90個体 m^{-2} の方が増収する傾向が見られた。現地試験では、作業時間を調査した結果、合計で10aあたり約90時間となり、そのうち、手作業の多い除草や収穫作業が66%を占めることが明らかになった^{5, 6)}。

本年度は、夏播種栽培における播種時期の違いと90個体 m^{-2} 以上の密植がキノアの生育、収量に及ぼす影響について明らかにした。現地試験は、標高の異なる3圃場で、確立された栽培技術の実証と省力化を目的とした労働時間の算出を行った。

また、キノアの疾患予防効果について各種の疾患動物（マウス）モデルを用いて検討を行った。今回はその1

例として、野生型マウスに3% dextran sodium sulfate (DSS) を1週間自由飲水させることによって惹起させる大腸炎モデル(DSS誘導性大腸炎)に対するキノアの予防効果について報告する。

2. 実験方法

2-1 播種時期と栽植密度

試験は総合農業技術センター本所(甲斐市、標高315m、灰色低地土、pH (H₂O): 6.8、前作: ナス、以下平坦地と略す)、及び同センターハケ岳試験地(北杜市高根町、標高955m、黒ボク土、pH (H₂O): 6.7、前作: ソルゴー、以下高冷地と略す)で行った。供試したN6は、2006年度に当センターで採種された子実を用いた。試験区は、播種時期として平坦地は8月9日、27日、高冷地は8月3日、23日、栽植密度として90個体m⁻²(畝幅60cm、株間1.8cm)、180個体m⁻²(畝幅30cm、株間1.8cm)のそれぞれ2水準を設けた。対照区として平坦地は4月9日、高冷地は4月24日に播種した90個体m⁻²区を設けた。栽植密度は出芽後、間引きを行って調整した。試験規模は1区10.8m²の2反復とした。施肥は、N-P₂O₅-K₂Oとして8-8-8g m⁻²を化成8号で与えた。その他に平坦地は苦土石灰で80g m⁻²を全層施用した。病虫害防除は、高冷地の対照区において、6月19日にイミダクロプリド20%フロアブル剤4000倍希釈液を散布した。調査項目は各生育期、草丈、倒伏・折損程度、子実収量及び品質、千粒重とした。収量調査は天日乾燥、脱穀(藤原製作所製TSL型)、風選(木屋製作所製)、搗精(山本製作所製 VP31T、搗精白度2、流量2~3)後の子実を用いて行った。

2-2 現地実証

試験は南アルプス市戸田(標高250m、灰色低地土、前作野菜類、以下南ア)、北杜市須玉町(標高800m、黒ボク土、休耕地、以下須玉)、北杜市長坂町(標高920m、黒ボク土、前作: 葉菜類、以下長坂)の3カ所で行った。手押し式播種機(株式会社向井工業製 HS-801型、ベルト: R2.5 0-28、播種量: 1mあたり約0.36g)を用いて、南アが8月27日、須玉が8月13日、長坂が8月17日に、それぞれ播種した。試験規模は、1区あたり、南ア150m²、須玉840m²、長坂189m²で反復なしとした。南ア、須玉の施肥はN-P₂O₅-K₂Oとして8-8-8g m⁻²を化成8号で、長坂は10-26.3-10.4g m⁻²をなたねかすで施用した。栽培期間中の薬剤防除は行わなかった。調査項目は2-1の項目に加えて、栽培前の土壌化学性、労働時間とした。

2-3 キノア経口投与がDSS腸炎に及ぼす予防効果

(1) DSS誘導性腸炎及びその評価

野生型C57BL/6マウス(雌、6-8週令)に3% dextran sodium sulfate (DSS) を7日間自由飲水させ、既報のように大腸炎を惹起させた。DSS飲水開始時より毎日体重測定を行なった。さらにDSS飲水開始後8日目にマウスを屠殺し、便潜血反応および大腸の長さ、好中球活性、腸管における炎症性変化、サイトカイン産生(TNF- α)について、便潜血測定用試薬(シオノギ)、ミエルベルオキシダーゼ活性(MPO活性)、real-time PCR法を用いて検討した。

(2) キノア投与法

キノア子実をコーヒーマルで粉碎し、メタノールで抽出した。メタノール抽出物は濃縮後、水に懸濁し、ヘキササン引き続いて酢酸エチルおよびブタノールで順次抽出し、それぞれの抽出液を濃縮した。ヘキササン抽出物は褐色油状物、酢酸エチル抽出物は褐色固体、ブタノール抽出物は黄白色の粉末状固体が得られた。

本試験では、野生型C57BL/6マウスに前述のブタノール抽出物を体重あたり1, 10, 100, 1000mg kg⁻¹、DSS飲水前に1週間前投与あるいはDSS飲水と同時期に1週間、胃ゾンデを用いて経口的に投与した。

3. 結果

3-1 気象概況

8月以降の気温は、8月中旬が平年より2℃、9月が1.5~3℃高く、全体的に高く推移した(図1)。降水量は、9月5~7日、9月10~12日、10月26~27日に、それぞれ114.5mm、71.5mm、73mmの降雨があり、これらの時期は、平年の240~400%となった。それ以外の期間は小雨傾向となり、8月播種区の生育期間全体では平年並みとなった。

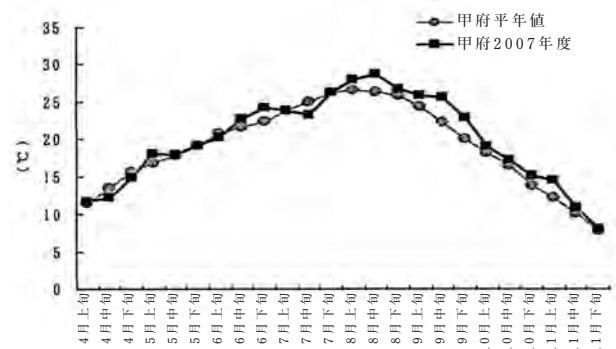


図1 甲府における2007年度の気温と1971~2000年の平年気温

* データは甲府気象台による

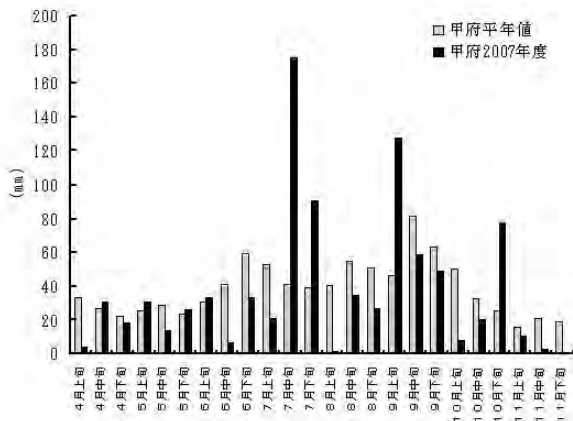


図2 甲府における2007年度の降水量と1971～2000年の
の平年降水量

*データは図1に準ずる

3-2 播種時期と栽植密度

平坦地の8月27日播種区は、9月上旬の降雨で著しい出芽不良となったため、特性調査のみを行った。昨年度同様、播種時期が遅くなるほど、草丈や花穂長が低くなる傾向がみられた。

平坦地の子実収量は、8月9日播種区において、180個体 m^{-2} 区が90個体 m^{-2} 区より高くなり、対照区と同等となった。子実品質は、黒く汚れた子実（黒変粒）の混入がまったくみられず、4月播種区より優れた（表1）。

高冷地の子実収量は対照区より低くなった。平坦地同様、汚粒はなく子実品質は優れた（表2）。

千粒重は、栽培場所、播種時期及び栽植密度の違いによる一定の傾向は認められなかった（表1、2）。

表1 平坦地における播種時期と栽植密度の違いがキノアの生育、収量及び子実品質に及ぼす影響

播種日 (月・日)	栽植 密度 (個体 m^{-2})	開花期* (月・日)	成熟期* (月・日)	草丈 (cm)	花穂長 (cm)	倒伏* 程度	折損* 程度	子実* 収量 ($\text{kg } 10\text{a}^{-1}$)	子実* 千粒重 (g)	汚粒* 程度
8.9	90	9.16	10.24	48.4	10.7	1	3	139	2.43	0
	180	9.16	10.24	53.9	10.5	1	3	204	2.25	0
8.27	90	10.8	11.24	46.3	9.4	1	1	未調査	2.79	0
4.9 (対照)	90	5.30	7.10	84.7	16.4	0	0	209	2.19	1.5

z：区内の40～50%の個体に開花が確認された日（観察）

y：子実の80～90%が指で押してもつぶれないようになった日（観察）

x：0（無）～5（甚）の6段階評価（観察）

w：水分15%換算

v：黒変粒の混入割合 0（0～5%）、1（6～10%）、2（11～20%）、3（21～40%）、4（41～60%）、5（61%以上）（観察）

表2 高冷地における播種時期と栽植密度の違いがキノアの生育、収量及び子実品質に及ぼす影響

播種日 (月・日)	栽植 密度 (個体 m^{-2})	開花期* (月・日)	成熟期* (月・日)	草丈 (cm)	花穂長 (cm)	倒伏* 程度	折損* 程度	子実* 収量 ($\text{kg } 10\text{a}^{-1}$)	子実* 千粒重 (g)	汚粒* 程度
8.3	90	9.9	10.14	68.7	10.5	3	4	110	2.69	0
	180	9.9	10.14	61.4	9.4	3	4	140	2.32	0
8.23	90	9.28	11.20	37.4	9.2	3	2	121	2.31	0
	180	9.28	11.20	38.0	7.5	3	2	122	2.51	0
4.24 (対照)	90	6.13	7.31	91.7	14.1	0.5	2.5	195	2.64	2

z, y, x, w, v：表1参照。

3-3 現地実証

試験圃場における供試土壌の化学性は、pH (H_2O) は6.3～6.9であった。交換性 K_2O は30 $\text{mg } 100\text{g}^{-1}$ 以上、可給態リン酸（Truogリン酸）は須玉を除いて50 $\text{mg } 100\text{g}^{-1}$ 以上であった。NO₃-Nは3 $\text{mg } 100\text{g}^{-1}$ 以下で、前作からの残存は認められなかった（表3）。

開花期は9月中旬～10月上旬、成熟期は10月下旬～11月中旬であった。須玉は9月26～27日の降雨（約50mm）、南アは10月26～27日の降雨（約70mm）により、多くの個体が倒伏、折損して、子実収量は90 g m^{-2} 以下となった。また、須玉は汚粒が多くなった。子実の千粒重は長坂が2.95gで最も高くなった。南アが2.27gで他圃場よりも低くなったのは、折損により子実肥大が抑制されたことによると思われる（表4）。

栽培に要する労働時間は10aあたり約30時間で、収穫後の選別調整作業が全体の60%以上を占めた。大豆、水稻の労働時間と比較すると10～30%程度多いと推察された（図3）。昨年度と比較すると、除草に刈払機を、収穫に大豆・そば用コンバインを使用することで66%短縮された。

表3 試験圃場の供試土壌化学性

圃場名	pH	EC	CaO	MgO	K ₂ O	Truog P ₂ O ₅	NH ₄ -N	NO ₃ -N
	(H_2O)	(mS cm^{-1})	(mg 100g^{-1})					
南ア	6.9	0.07	377	81	60	175	1	0
須玉	6.5	0.06	378	27	36	2	1	0
長坂	6.3	0.09	425	106	69	67	1	2

z, y, x, w, v：表1参照。

表4 各試験圃場におけるキノアの生育、収量

試験圃場	開花期* (月・日)	成熟期* (月・日)	草丈 (cm)	花穂長 (cm)	主茎径 (mm)	倒伏* 程度	折損* 程度	子実* 収量 ($\text{kg } 10\text{a}^{-1}$)	子実* 千粒重 (g)	汚粒* 程度
南ア	10.2	11.23	69.4	17.3	8.4	2	5	53	2.27	0
須玉	9.15	10.26	64.5	10.7	3.9	1	4	81	2.91	4
長坂	9.18	10.28	58.3	11.8	7.4	1	1	151	2.95	2

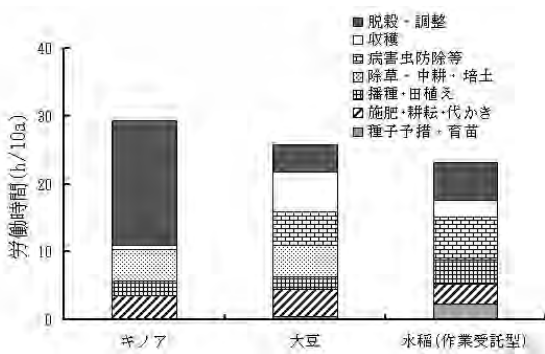


図3 キノア栽培における労働時間

- 1) キノアは3圃場の実測平均値、大豆・水稲は山梨県作物別経営指標 (H12) から算出した。
- 2) キノアは1条手押式播種機 (播種)、刈払機 (除草)、大豆・そば用コンバイン (収穫)、坪刈用唐箕 (調整) を使用した。

3-4 キノア経口投与がDSS腸炎に及ぼす予防効果

ブタノール抽出物を体重あたり1000mg kg⁻¹投与したマウスにおいて、DSS飲水前の前投与群あるいはDSS飲水時と同時に投与のいずれの群においても、体重の減少が抑制され、また、血便の減少が観察された。一方、体重あたり1, 10, 100mg kg⁻¹投与したマウスにおいては、DSS飲水前の前投与群あるいはDSS飲水時と同時に投与のいずれの群においても、体重減少の抑制、血便の減少が観察されなかった。

4. 考 察

昨年度までの播種時期の検討では、春に播種する場合、収量性などから4～5月 (平坦地は4月) が適していた。しかし、6月頃にカメノコハムシによる著しい食害が確認された。昨年度は夏播種について検討し、夏播種は春播種より少収傾向となるが、黒変粒の混入がなく、子実品質は優れた。そこで、本年度は、夏播種における収量性向上を目指して密植栽培について検討した。その結果、平坦地で栽植密度を180個体m⁻²で栽培すれば、春播きと同程度となるが、高冷地では、密植にしても春播種より少収になることが明らかになった。これは、生育前半が夏の高温期となる平坦地では、180個体m⁻²の密度でも花穂長などは小さくならず、1個体あたりの子実収量が90個体m⁻²とほぼ同等となったことが原因として考えられる。つまり、本県では、4月または8月の播種が可能で、栽培場所や栽培体系だけでなく、カメノコハムシなどの虫害発生状況を勘案して決める必要があると考えられる。8月に密植で栽培すると、茎が細くなり、著しい降雨で折損のリスクが増大するので、過度の密植にならないよう留意しなければならない。

労働時間は10aあたり約30時間で、収穫後の選別調整作業に全体の60%以上を要した。今後は、選別工程の

省力化に向けた機械改良などの検討が必要である。一方で、収穫までの栽培期間中の作業は大豆や水稲より少ないので、新たな土地利用型作物として導入されることが期待できる。

キノアの疾患予防効果については、現在、キノアが腸炎形成及び、炎症性サイトカイン産生に及ぼす効果について検討中ではあるが、これまで得られたデータは、キノアの大量摂取によって炎症性腸疾患の予防が可能であることを示唆している。さらなるパラメーターの解析によってその予防効果について検証が必要と考える。

本成果は、本県における基本的なキノアの栽培特性等を明らかにしたもののだが、一般生産農家の過程で更に検討をすべき内容も多い。来年度以降、生産規模が拡大して本県の新たな特産品となるように、生産農家、研究、普及、農協、実需者等の関係機関が連携していく。なお、本年度に現地試験を実施した3農家が、来年度以降、一般生産を予定しており、合計20a程度からのスタートする予定である。

近年、全国的に耕作放棄地の増加が大きな問題となっている。本県においても耕作放棄面積は3,252haとなっており、耕作放棄率は14.7%で全国で2番目の高さとなっている⁷⁾。土地利用型作物のキノアの生産振興により、これらの課題解決にもつながることを期待したい。

参考文献

- 1) National Research Council: "Lost Crop of the Incas", National Academy Press, Washington, D.C., 149-161 (1989)
- 2) 小川博, 目黒忠道, 渡辺克美, 光永俊郎: キノア投与が食餌性高脂血症誘導高血圧自然発生ラット (SHR) の血圧, 脂質代謝に及ぼす影響. 日本栄養食糧学会誌, 54 (4), 221-227, (2001)
- 3) Fleming, J.E. and Galway, N.W.: Quinoa (*Chenopodium quinoa*), In "Cereals and pseudocereals", Williams, J.T. ed., Chapman & Hall, 3-83, (1995)
- 4) 氏家 和広, 笹川 亮, 山下 あやか, 磯部 勝孝, 石井 龍一: 我が国におけるキノア (*Chenopodium quinoa* WILLD.) 栽培に関する作物学的研究. 第1報子実収量からみた関東地方南部における播種適期の検討. 日作紀, 76 (1), 59-64 (2007)
- 5) 竹丘 守, 石井 利幸, 加藤 知美, 内田 一秀, 上野 直也, 長坂 克彦: 新作物キノアの生体調整機能の調査とその利用技術の開発. 山梨県総研研究報告, 1, 6-12 (2006)
- 6) 竹丘 守, 石井 利幸, 内田 一秀, 堀内 浩明, 上野 直也, 長坂 克彦, 加藤 知美: 新作物キノアの生体調整機能の調査とその利用技術の開発. 山梨県総研研

究報告. 2, 6-13 (2007)

- 7) 農林水産省情報統計部：2005年農林業センサス
(2005)

成果発表状況

学会発表

- 1) 石井利幸, 加藤知美, 堀内浩明, 上野直也, 長坂克彦, 竹丘 守：施肥量の違いがキノアの生育・収量に及ぼす影響. 日本土壤肥料学会2007年大会, 東京, 2007
- 2) 廣瀬裕子, 吉田綾子, 鈴木安由子, 石井利幸, 竹丘 守：山梨県産擬穀類キノア種子に含まれるポリフェノール類の食品化学的評価. 第61回日本栄養・食糧学会, 埼玉, 2007

未利用農林産物系バイオマスの 利用技術の開発

山梨県におけるスイートコーン残さからの バイオエタノール生産の可能性評価

工業技術センター・総合農業技術センター¹・森林総合研究所²・山梨大学³

恩田 匠・長沼 孝多・橋本 卓也・小嶋 匡人・長坂 克彦¹・加藤 知美¹・

小澤 雅之²・島崎 洋一³

The Possibility of Bio-Ethanol Production from Sweet Corn Residues in Yamanashi Prefecture

Industrial Technology Center, Agricultural Research Center¹, Forest Research Institute², University
of Yamanashi³

Takumi ONDA, Kota NAGANUMA, Takuya HASHIMOTO, Masato KOJIMA, Katsuhiko NAGASAKA¹,
Tomomi KATO¹, Masayuki OZAWA² and Yoichi SHIMAZAKI³

要 約

スイートコーン残さからのエタノール生産を効率よく行うため、スイートコーン品種別の成分分析や、雌穂収穫後の成分含量の推移の調査、スイートコーン残さの酵素処理による糖類の増強方法の検討などを行った。また、バイオマスとしてのスイートコーン残さを補完するためのバイオマス植物として、ソルガムを供試試料とし、ソルガムの糖収量の高い栽培密度（株間）、夏収穫時期、追肥量について検討することで、その肥培管理技術を確立した。さらに、本県におけるスイートコーン残さからのエタノール生産の可能性について、エネルギー収支の解析やエタノール製造単価などから評価を行った。

Abstract

Aiming the utilization of sweet corn residues as a biomass, we investigated the contents of sugars and amino acids of various species of sweet corns residues. Changes in sugar and amino acid contents of sweet corn residues after ear harvesting and the effect of enzymatic digestion on their contents were also observed. To facilitate bio-ethanol production from sweet corn residues, the methods for nutrient management of Sorghum, as a supplement, were established. Furthermore, the possibility of bio-ethanol production in Yamanashi Prefecture was evaluated on the basis of ecological and economical balance.

1. 緒 言

近年、地球温暖化対策や化石資源代替のために、バイオエタノール¹⁻⁵⁾が注目され、世界的なレベルで研究が盛んに行われており、欧米などではスイートコーンやサトウキビからのバイオエタノール生産が実用化に至っている。一方で、最近、バイオエタノール生産において、原材料として用いられているスイートコーンやサトウキビについて、食糧との競合の問題が指摘されるようになり、廃棄物など食糧と競合しないバイオマスからのエタノール生産が望まれるようになってきている。

山梨県では、「山梨県環境基本条例」が施行（平成16

年4月）され、温室効果ガスの削減や資源の循環的活用などが目標として定められている。本県には未利用の農林産物系バイオマスが豊富に存在することから、これらバイオマスからのエタノール生産が期待されている。

我々は、山梨県におけるバイオエタノール生産の可能性を明らかにするために、本県の主要農産物であるスイートコーンに着目し、その残さからの、すなわち食糧と競合しないバイオマスからのエタノール生産の可能性評価のための研究⁶⁻⁸⁾に着手した。

昨年度までに、スイートコーンの栽培試験から、高いバイオマス量と糖濃度の得られる品種や栽培条件の調査、その搾汁液の糖類をはじめとした内容成分の分析を

行い、かつ県内で得られるスイートコーン残さ量の推定を行ってきた。また、スイートコーン残さ搾汁液の発酵酵母を用いたエタノール発酵試験を行い、搾汁液に栄養成分を付与することなく、エタノール生産が可能であること、またその発酵収率などを明らかにした。さらに、以上のような研究成果をもとに、県内で生産可能なエタノール量の推定を行い、スイートコーン残さからのバイオエタノール生産のエネルギー収支について解析を行ってきた。

本年度は、スイートコーン残さからのエタノール生産のための、スイートコーン品種別の成分分析や、雌穂収穫後の内容成分含量の推移の調査、本年度のスイートコーン残さ搾汁液を用いた発酵試験、さらにスイートコーン残さの酵素処理による糖類の増強方法の検討を行った。

また、エタノール生産プラント導入の可能性を検討する中で、バイオマスとしてスイートコーン残さ搾汁液のみでは、プラントの稼働率が著しく低いことが想定された。そこで、スイートコーン残さを補完する作物として、得られるバイオマス量や糖含量が高く、エタノール発酵に適していることが分かっている、ソルガムの栽培について、本県の気象条件に適した糖収量の高い肥培管理技術の確立を行った。

さらに、本県において、スイートコーン残さ搾汁液を主とした未利用バイオマスからのバイオエタノール生産、特に中央市をモデル地域として設定したときのエネルギー収支やエタノール製造コスト（単価）の解析から、エタノール生産実用化の可能性を評価した。

2. 実験方法

2-1 供試スイートコーンとその試験栽培

エタノール発酵試験のためのスイートコーンは、昨年度と同様に、総合農業技術センター内の試験ほ場（山梨県甲斐市下今井、標高315m）で夏期に栽培された‘ゴールドラッシュ’（は種日3月8日、雌穂収穫日6月14日、搾汁日6月21日）を供試した。

また、品種別のスイートコーン残さで得られる糖組成とアミノ酸組成を調べるため、13品種のスイートコーン（‘恵味キュート’、‘甘々娘’、‘ゴールドラッシュ’、‘さきちゃん’、‘未来早生130’、‘ミルフィーユ’、‘K6-025B’、‘K6-113’、‘KSY-588’、‘MK-Z44’、‘MK-2506’、‘YTB-6760’および‘YTY6310’）を供試した。これらも、総合農業技術センター内の試験ほ場で夏期（は種日3月8日、雌穂収穫日6月14日、搾汁日6月21日）に栽培されたものである。

2-2 スイートコーン残さ搾汁液の調製と成分分析

試験ほ場で得られたスイートコーン残さについて、既

報⁸⁾と同様に、ロールプレス搾汁機により、搾汁液を得た。搾汁液は、成分分析や発酵試験に供されるまで、凍結保存した。

スイートコーン残さ搾汁液の成分分析は、既報⁸⁾と同様に、一般成分（水分、タンパク質、脂質、灰分、炭水化物）含量、無機塩含量、糖組成とその含量およびアミノ酸組成とその含量の測定を行った。

2-3 スイートコーン残さの酵素処理

バイオマスとして、スイートコーン残さをより効率的に利用するため、酵素処理による、糖含量の増強について検討を行った。酵素分解は、デンプンを加水分解する酵素系とセルロースを加水分解する酵素系によった。すなわち、スイートコーン残さを、残さ重量の3倍量の0.05M酢酸緩衝液（pH5.0）とともに、家庭用のジューサーで均質化し、残さ懸濁液を調製した。この残さ懸濁液に、セルロース分解酵素系の酵素液としては、矢野らの方法⁹⁾に準拠し、セルラーゼ（Y-NC、ヤクルト薬品工業社製）10mg/g、 β -グルコシダーゼ4mg（アーモンド由来、2.6U/mgシグマ化学社製）およびセルラーゼY-NC（ヤクルト薬品工業社製）5mg/gとなるように、またデンプン分解酵素系の酵素液としては α -アミラーゼ1mg/g（20U/mg、*Bacillus subtilis*由来、和光純薬社製）になるように、それぞれ残さ懸濁液に添加して、65℃18時間反応を行った後の反応終了後の糖組成を調べた。

2-4 スイートコーン残さ搾汁液のエタノール発酵試験

本年度の‘ゴールドラッシュ’スイートコーン残さから得られた搾汁液について、既報⁸⁾と同様に、酵母（*Saccharomyces cerevisiae* JCM7255）を用いた発酵試験を実施した。発酵条件は、搾汁液（2l）を用い、培養温度25℃、攪拌回転数50rpmとして、48時間発酵させた。

2-5 供試ソルガムとその試験栽培

バイオマス植物としてのスイートコーン残さを補完するための、ソルガムの利用について、最も高い糖濃度が得られる栽培条件などを調査した。ソルガムは、既報⁸⁾において、本県の平坦地で糖収量の高いことが確認された、中晩種の‘スーパーソルゴー’を供試した。試験栽培は、総合農業技術センター内の試験ほ場で実施した。

2-6 ソルガムの肥培管理試験

供試ソルガムについて、バイオマス植物として、高い糖含量が得られる施肥管理技術を調査した。すなわち、栽培時の栽植密度（株間）、夏収穫の時期、および追肥量が、得られる糖含量に与える影響を、以下のように調べた。

(1) 栽植密度の検討

ソルガムの栽培密度が、収穫時に得られる糖含量に与える影響を調べた。本試験栽培のは種は既報⁸⁾で報告したように、夏と秋2回の収穫が見込まれる4月中旬、すなわち2007年4月20日に実施した。夏の収穫は同年8月10日に、秋の収穫は同年11月21日に行った。

栽植密度は、条間を55cmに固定し、株間を以下5区分：10cm (18,182株/10a)、15cm (12,121株/10a)、20cm (9,091株/10a)、25cm (7,273株/10a) および30cm (6,061株/10a) に設定した。施肥は基肥としてN、P₂O₅、K₂Oを各11kg/10aになるようにくみあい化成8号（コープケミカル社製）を用い、また土壤改良資材として牛ふん堆肥（JA梨北製）2,000kg/10a、苦土石灰（駒形石灰工業社製）100kg/10aを施用した。追肥はN、K₂Oを各9kg/10aとなるようにくみあいNK化成14号（コープケミカル社製）で夏収穫後の条間に施用した。

夏と秋の収穫物について、茎中のBrix、水分率、生収量（茎）を測定し、下記の式を用いて糖収量を算出した。

$$\text{糖収量} = (\text{茎の生収量} - \text{茎の乾物収量}) \times \text{Brix値} / (100 - \text{Brix値})$$

また、収穫の作業性や糖収量に関連のある倒伏程度についても調査した。

(2) 夏収穫時期の検討

夏収穫を2007年7月25日、7月31日、8月9日、8月15日、8月20日に、秋の収穫は同年11月21日に行い、得られる糖含量などの差異を調査した。品種、は種時期、追肥量、試験規模、調査項目については、2-6-(1)と同様とし、栽植密度は条間55cm、株間10cm (18,182株/10a) とした。

なお、夏収穫株は、台風による倒伏が発生したが、倒伏したままでは夏収穫時期の影響を明確にすることができないので、人為的に直立させた。

(3) 追肥量の検討

追肥量が、得られる糖含量に与える影響を調べた。本試験の品種、試験規模、栽植密度、調査項目については2-6-(2)と同様に行った。は種は2006年4月22日に、夏収穫は同年8月10日に、秋の収穫は同年11月16日に行った。追肥量はN、K₂Oを各0、3、6、9、12、15kg/10aとなるようにくみあいNK化成14号で夏収穫後の条間に施用した。

2-7 エタノール潜在製造量の推定

エタノール潜在製造量の推定は、山梨県と中央市の2地域を対象とした。中央市¹⁰⁾は、山梨県の中央南部に位置し、2006年2月20日に田富町、玉穂町、豊富村が合併した地域（面積31.81km²）であり、農地がその

36.5%を占めている。中でも、豊富地区は、県内で最もスイートコーン栽培が盛んな地域である。エタノール潜在製造量の算出にあたり、作付面積は2005年農林業センサス¹¹⁾のデータを参照し、ソルガムの場合、耕作放棄地での2期作と仮定した。算出式¹²⁾を以下に示す。

$$\text{エタノール潜在製造量} = \text{糖収量} \times 0.514 (\text{アルコール発酵理論効率}) \times 0.85 (\text{アルコール発酵歩合})$$

2-8 エネルギー収支の試算

バイオ燃料を製造する条件として、エネルギー収支（エネルギー投入量/エネルギー製造量）が1未満となる必要がある。そこで、中央市を対象にバイオ燃料の製造段階におけるエネルギー収支の試算を行った。エネルギー収支を算出するプロセスは、(i)栽培、(ii)収集、(iii)輸送、(iv)発酵の4つに分類し、以下のように検討した。

(i)栽培プロセスは、スイートコーンの場合には残さ利用のためエネルギー消費量がないものとし、ソルガムの場合にはトラクタの能率¹³⁾0.47ha/h、燃費10~20L/hを参照し、さらに整地、植付、肥料、追肥の4工程を考慮した。

(ii)収集プロセスは、ローラーバールの利用を考え、トラクタと同じデータを参照した。トラックに収穫物を掲載するクレーンの動力は考慮していない。

(iii)輸送プロセスは、中央市内の5kmを往復すると仮定し、2t（ガソリン34.6MJ/L、燃費6km/L）と10t（軽油38.2MJ/L、燃費3.5km/L）のトラックの稼働とした。

(iv)発酵プロセスについては、ラボスケールにおける試験からは、エネルギー消費量の算出が困難なため、先行研究の値¹⁴⁾を参照した。

2-9 メタン排出量の低減効果

スイートコーン残さ利用によるメタンガス排出量の低減効果について、山梨県および中央市をモデル地域として算出した。

スイートコーンの収穫後、その残さが水田に鋤込まれ、メタンが大量発生することが確認されている。メタンは温室効果ガスのひとつであり、二酸化炭素に比べて、21倍の温室効果がある。山梨県のメタン排出量の約3分の2は、家畜や水田などの農業に由来するものであることが分かっている¹⁵⁾。また、スイートコーン残さの水田への鋤き込みにより、後作の水稻に窒素過多や異常還元による生育初期の立ち枯れなどの問題も発生している¹⁶⁾。

現在、その対策として、残さの鋤込みから3日後に入水が行われているが、さらに、残さのすべてを収集し、燃料化することによりメタン排出量の低減に寄与できることが考えられた。メタン排出量推定のための算出式を以下に示す。

メタン排出量 $[tCH_4] = \text{作付面積} [ha] \times \text{メタン排出係数} [tCH_4/ha]$

2-10 エタノール製造単価の試算

エタノール製造プラントを導入する際には、その経済性を十分に検討する必要がある。そこで、新エネルギー人材育成研修会のテキスト¹⁷⁾を参照し、中央市を対象にバイオエタノール製造単価の試算を行った。表5-1に5つのケーススタディの前提条件を示す。プラントの製造規模は、中央市におけるエタノール潜在製造量の推計値を参照した。プラントの年間稼働日数は、スイートコーン残さとソルガムの貯蔵を考え、100日間（スイートコーン残さ30日間、ソルガム1期作40日間、ソルガム2期作30日間）を基準とした。5つのケーススタディ（年間エタノール製造量）の位置付けを整理すると、以下になる。

Case1：5 kL/年（潜在製造量の100分の1）

Case2：50kL/年（潜在製造量の10分の1）

Case3：500kL/年（潜在製造量）

Case4：1,500kL/年（Case3を基準に年間稼働日数を3倍）

スイートコーン残さとソルガム以外の利活用を想定

Case5：5,000kL/年（Case3を基準に日間製造量を10倍）

中央市以外の近隣市町村の協力を想定

表5-2に検討対象費目ごとの設定値および計算方法をそれぞれ示す。エタノールの製造コストは、建設費、原材料調達費、ユーティリティ費、メンテナンス費、人件費の合計と定義した。プラントの建設費については、日本での導入事例は少なく、積算するにあたり不確定要素が大きい。沖縄県伊江村¹⁸⁾に導入されたサトウキビを原料とするバイオエタノール実証プラントは、5.5億円（日間製造量22.5L、年間稼働日数50日、年間製造量1,125L）である。また、新潟県^{19), 20)}に導入予定のイネを原料とするバイオエタノール実証プラントは、12億円（日間製造量3.3kL、年間稼働日数300日、年間製造量1,000kL）である。本分析では、新潟県の事例を基準建設規模とし、スケールファクターを考慮した0.7乗則を適用した。算出式を以下に示す。

建設費 = 基準建設費 $\times$ (日間製造量 / 基準日間製造量)^{0.7}

なお、ソルガムの栽培費用については、東北農業センターの研究成果情報²¹⁾を参照した。

3. 結果

3-1 供試したスイートコーン残さ搾汁液の成分分析結果

(1) エタノール発酵試験用の搾汁液の成分分析

本年度の発酵試験に用いたスイートコーン残さ搾汁液の成分分析結果を表1に示した。アミノ酸組成などに若干の差異があるものの、既報の分析値とほぼ同等な数値を示した。

(2) 品種別の糖含量とアミノ酸組成の差異

13品種の品種別のスイートコーン残さ搾汁液中に含まれる糖組成とアミノ酸組成を調べた結果、各品種における糖類とアミノ酸の組成はほぼ同等な傾向を示した。

糖類の平均値は、スクロース 6.5 ± 3.5 (g/100ml)、グルコース 1.2 ± 0.3 (g/100ml)、フラクトース 0.8 ± 0.8 (g/100ml)、ブリックス 10.0 ± 3.7 であった。最も糖濃度が高かったのは、‘甘々娘’（スクロース12.3、グルコース1.3、フラクトース0.7、ブリックス16.3）であり、次いで‘ミルフィーユ’（ブリックス16.0）、‘未来早生130’（ブリックス15.3）であった。これらは、特にスクロースの蓄積が大きく、バイオマス植物として有用であることが分かった。

また、全てのアミノ酸含量を合計した、総アミノ酸含量は、 319.1 ± 255.0 (mg/100ml)であった。総アミノ酸含量が最も高かったのは、‘ミルフィーユ’の1459 (mg/100ml)であり、‘甘々娘’（1432mg/100ml）なども高かった。既報^{7), 8)}と同様に、全ての品種で、グルタミンやアスパラギン酸含量が高いことが分かった。

3-2 雌穂収穫後のスイートコーンの残さ（茎部分）の内容成分の推移

雌穂収穫後のスイートコーンの茎部分を、試験ほ場で放置したときの、糖組成とその含量ならびにアミノ酸含量の推移を調べた結果を図1に示した。これまでの研究で、スイートコーンの茎部分をほ場に放置することで、茎中のブリックス値が増大することが分かっているが、今回の検討から、糖類の中でスクロースが増大している

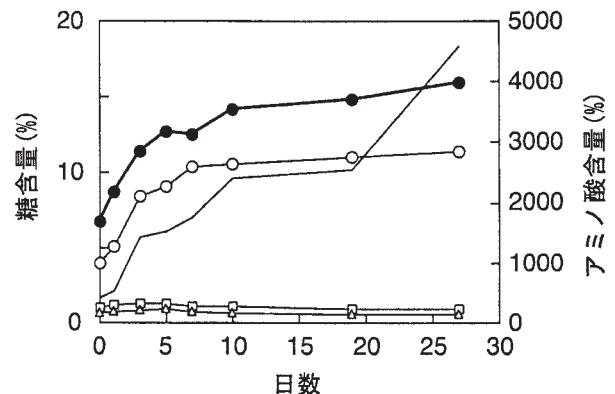


図1 雌穂収穫後のスイートコーン残さに含まれる糖類とアミノ酸含量の推移

●：全糖量，○：スクロース，□：グルコース，△：フラクトース，実線：総アミノ酸（検出された各アミノ酸含量の総和）。

表1 スイートコーン‘ゴールドラッシュ’(H19) 残さ搾汁液の内容成分

分析項目			分析項目		分析項目		
水分	(g/100g)	86.7	金属	(mg/100g)	アミノ酸 (mg/100g)		
タンパク質	(g/100g)	0.2	ナトリウム		ホスホセリン		2.5
脂質	(g/100g)	0			タウリン		0.6
灰分	(g/100g)	1.2	Brix	(%)	11.2	アスパラギン酸	75.1
炭水化物	(g/100g)	11.9	糖類	(g/100ml)		スレオニン	20.8
			スクロース		9.0	セリン	38.7
			グルコース		1.2	アスパラギン	91.5
			フルクトース		1.0	グルタミン酸	12.2
						グルタミン	872.6
						グリシン	8.6
			エタノール	(%)	ND	アラニン	26.7
			グリセロール	(%)	ND	バリン	19.7
			有機酸	(g/100ml)	ND	メチオニン	4.9
			酢酸		ND	シスタチオニン	1.7
			乳酸		ND	イソロイシン	9.7
			コハク酸		ND	ロイシン	17.6
			リンゴ酸		ND	チロシン	37.5
			クエン酸		ND	フェニルアラニン	9.3
						γ-アミノ酪酸	0.6
						オルニチン	0.9
						リジン	13.3
						ヒスチジン	7.4
						アルギニン	30.9
						ヒドロキシプロリン	5.8
						プロリン	5.8

ことが明らかとなった。このことから、本現象が光合成による糖の蓄積の結果であることが分かった。

また、総アミノ酸含量も経時的に増加する傾向が認められた。アミノ酸は、発酵酵母の増殖にも必要であることから、雌穂収穫後に放置することが、アミノ酸増強の面からも有効であることが考えられた。

3-3 スイートコーン残さ搾汁液のエタノール発酵試験

2007年に調製されたスイートコーン残さ搾汁液についての発酵試験の結果、既報と同様に、発酵48時間後には、糖類（初発の全糖類含量11.2%）がほぼ完全に消費され、エタノールが4.9%蓄積され、その発酵収率は0.85であることを確認した（図表は省略）。

また、ソルガム搾汁液の糖組成は、スクロース16.9 (g/100ml)、グルコース1.2 (g/100ml)、フラクトース1.02 (g/100ml)、ブリックス19.0 (pH5.2) であった。ソルガム搾汁液については酵母によるエタノール発酵の検討例は多いが、本搾汁液も、スイートコーン残さ搾汁液と同様に栄養成分などを添加することなく、エタノールが得られることを確認した（図表は省略）。

3-4 スイートコーン残さの酵素処理による糖の増強

スイートコーン残さ懸濁液に酵素処理した後の、糖含量の増強の結果を、図2に示した。アミラーゼ系酵素お

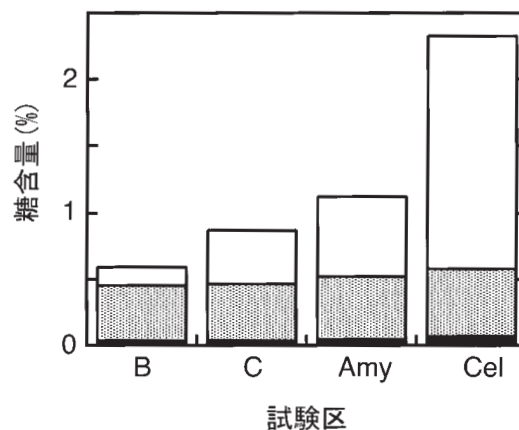


図2 スイートコーン残さ懸濁液の酵素処理後の糖類含量

試験区は、B：酵素処理前、C：酵素無添加区、Amy：アミラーゼ系酵素処理区、Cel：セルラーゼ系酵素処理区。カラムは、黒色：フラクトース、灰色：スクロース、白：グルコース。

よびセルラーゼ系酵素を処理した場合とも、グルコース濃度の増大が認められ、それぞれデンプンまたはセルロース成分が分解されたことが確認された。特に、セルラーゼ酵素系では、全糖含量として4倍まで増加した。

3-5 ソルガムの肥培管理技術

高い糖収率が得られるための肥培管理技術が以下のよ

うに明らかになった。

(1) 栽植密度

夏収穫物と秋収穫物合計の全重量は、株間25cmとした試験区が最も重く、株間10cm区が軽かった(表2)。得られた搾汁糖度および搾汁率は、夏収穫で株間が広いほど低下する傾向が認められたが、秋収穫では一定の傾向が認められなかった。糖収量は株間25、30cm区が1.3t/10aと高かった。

倒伏程度は夏収穫で10cm区が著しく高かったが、他の試験区では差は認められなかった。

(2) 夏収穫時期

夏秋収穫物合計の全重量は夏収穫、秋収穫ともに、8月9日収穫区が最も重かった。搾汁糖度では、夏収穫は刈り取り時期が遅いほど高く、秋収穫は7月25日区を除いて、刈り取り時期が遅いほど高い傾向が認められた。糖収量は8月9日区が、1.0t/10aと最も高かった(表3)。

秋収穫の倒伏程度には一定の傾向は認められなかった。

(3) 追肥量

夏収穫物と秋収穫物合計の全重量は、追肥量が増えるにしたがって増加した。搾汁糖度は9kg/10a区が最も高く、15kg/10a区は7.7%と他の区と比較して低かった。

糖収量は、追肥量9kg/10a区が、1.5t/10aと最も高かった(表4)。

なお、倒伏程度は、追肥量が少ない0.3kg/10a区で低く、追肥量が多い15kg/10aで高かった。

3-6 エタノール潜在製造量の推計

表6-1に山梨県および中央市のエタノール潜在製造量の推計結果を示す。山梨県のスイートコーン残さとソルガムから得られるエタノール潜在製造量は22,721kLである。これは、2006年度における山梨県のガソリン消費量²²⁾の4.8%に相当する。中央市の潜在製造量は176kLであり、2006年度における中央市公用車のガソリン消費量の25.2倍に相当する。

3-7 エネルギー収支の試算

表6-2は中央市におけるバイオ燃料製造のエネルギー収支の結果である。スイートコーン残さが0.643から0.717、ソルガムが0.654から0.739の範囲である。栽培プロセスのエネルギー消費量の有無が起因し、ソルガムに比べて、スイートコーン残さの方がよい結果が得られた。発酵プロセスのエネルギー消費量を抑えることが最も重要である。

3-8 メタン排出量の低減効果

表6-3に山梨県および中央市の水田からのメタン排出量を示す。中央市の水田のメタン排出量は、スイート

表2 株間がソルゴの生育・収量に及ぼす影響

株間 (cm)	全重 (t/10a)			糖収量 ^{a)} (t/10a)			搾汁糖度 (Brix)		搾汁率 (%)		草丈 (m)		倒伏程度	
	夏	秋	合計	夏	秋	合計	夏	秋	夏	秋	夏	秋	夏	秋
10	7.0	5.4	12.4	0.5	0.5	1.0	10.1	13.8	36.5	32.8	2.8	2.9	4.5	1.5
15	8.6	6.2	14.8	0.6	0.7	1.2	10.1	14	36	37.3	2.7	3.2	2.0	2.0
20	8.4	6.4	14.8	0.5	0.6	1.1	9	13.5	35	34.4	2.6	3.2	1.8	1.3
25	8.7	8.3	17.0	0.5	0.8	1.3	8.6	13.6	34	35	3.0	3.4	2.0	0.8
30	8.8	7.6	16.4	0.5	0.8	1.3	8.8	14.7	32.9	36.2	3.3	3.2	1.3	1.3

a) 糖収量 = (茎の生収量 - 茎の乾物収量) × Brix値 / (100 - Brix値), b) 倒伏程度: 肉眼観察により, 0 (無) ~ 5 (甚) の6段階評価

表3 夏刈り取り時期が生育・収量に及ぼす影響

刈取時期	全重 (t/10a)			糖収量 ^{a)} (t/10a)			搾汁糖度 (Brix)		搾汁率 (%)		草丈 (m)		倒伏程度	
	夏	秋	合計	夏	秋	合計	夏	秋	夏	秋	夏	秋	夏	秋
7月25日	6.9	4.0	10.9	0.3	0.3	0.6	5.5	11.8	42.8	28.3	2.6	2.5	4.5	0.8
7月31日	7.6	4.2	11.8	0.5	0.4	0.9	8.4	14.7	40.8	28.7	2.7	2.6	4.5	0.5
8月9日	8.7	5.2	13.9	0.6	0.4	1.0	10.5	13.0	39.0	33.3	2.7	3.0	4.5	1.0
8月15日	7.7	4.2	11.9	0.6	0.3	1.0	12.8	12.3	37.0	32.6	3.0	2.9	4.5	1.5
8月20日	6.8	3.2	9.9	0.6	0.2	0.9	13.7	10.6	32.9	32.2	2.9	2.4	4.5	0.8

図の説明は、表1に同じ。なお、夏収穫は全区で倒伏したので人為的に直立させた。

表 4 追肥量が秋収穫の生育・収量に及ぼす影響

追肥量 (kg/10a)	生体重 (t/10a)		糖収量 (t/10a)		搾汁糖度 (Brix)	搾汁率 (%)	草丈 (cm)	倒伏程度
	秋	合計	秋	合計				
0	2.5	10.2	0.21	1.22	11.1	32.3	1.7	0.3
3	3.7	11.4	0.34	1.35	12.3	34.4	1.8	0.3
6	4.9	12.6	0.42	1.43	11	38.8	2.3	2.0
9	5.2	12.9	0.54	1.55	13.3	39.3	2.4	0.3
12	5.6	13.3	0.5	1.51	11.7	42.2	2.3	2.3
15	6.1	13.8	0.38	1.39	7.7	42.4	2.1	3.8
夏収穫 ^{a)}	7.7	—	1.01	—	15.9	38.1	2.0	—

図の説明は、表 1 に同じ。夏収穫は全区で倒伏したので人為的に直立させた。

a) 夏収穫は各区の平均値を示す。

表 5-1 経済性分析のケーススタディの前提条件

項 目	Case1	Case2	Case3	Case4	Case5
スイートコーン残さ [t]	23	230	2,300	Case3を基準に年間稼働日数を3倍	Case3を基準に日間製造量を10倍
ソルガム1期作 [t]	30	300	3,000		
ソルガム2期作 [t]	23	230	2,300		
年間エタノール製造量 [kL/年]	5	50	500	1,500	5,000
日間エタノール製造量 [L/日]	50	500	5,000	5,000	50,000
プラント建設費 [百万円]	63	318	1,594	1,594	7,988

コーン残さ鋤込直後に入水する場合と比べて、スイートコーン残さ鋤込3日後の入水により52%、スイートコーン残さのエタノール変換により72%の低減効果がある。

3-9 エタノール製造単価の試算

表 6-4 に 5 つのケーススタディのエタノール製造単価を示す。Case1からCase3の製造単価は、384円/Lから5,435円/Lの範囲となった。エタノールの製造規模が小さい場合、人件費の占める割合が多く、製造規模が大きくなるにしたがい、原材料調達費の占める割合が多くなる。次に、Case3を基準として、年間稼働日数が3倍になったCase4では220円/L、日間製造量が10倍になっ

たCase5では243円/Lとなった。

4. 考 察

バイオマスとしてのスイートコーン残さは、品種別では、‘甘々娘’や‘ミルフィーユ’が高い糖濃度とアミノ酸含量を示したことから、最も優れていることが分かった。また、雌穂収穫後、ほ場に約12~20日程度放置することで、糖類とアミノ酸含量の増強ができることが確認された。また、スイートコーン残さへの酵素処理によって、特にセルラーゼ系の酵素処理が有効であることが分かり、搾汁液調製前の処理に有効である可能性が考えられた。しかしながら、酵素製剤のコストを考えた場合の収支面での有効性は不明であり、実用化における検討課題といえる。

スイートコーン残さは1年のうちで得られる時期がきわめて短いことから、それを補完するバイオマスとしての、ソルガムの肥培技術を明らかにすることができた。ソルガムの栽培は、休耕地利用の促進が期待できた。

本研究における取り組みで、本県で、スイートコーン残さからバイオエタノールを生産する場合の、エネ

表 5-2 検討対象費目ごとの設定値および計算方法

項 目	設定値および計算方法
①建設費	建設費は、Case1が63 [百万円]、Case2が318 [百万円]、Case3が1,594 [百万円]、Case4が1,594 [百万円]、Case5が7,988 [百万円] である。 新潟県の米を原料とした事例（日間製造量3,333L/日）の建設費が1,200 [百万円] である。これを基準と考え、各ケースの日間製造量に0.7乗則を適用し、建設費を算出した。 なお、日間製造量は、Case1が50L/日、Case2が500L/日、Case3が5,000L/日、Case4が5,000L/日、Case5が50,000L/日である。 補助率は50%を想定した。建設費に補助率を乗じるにより補助額が定まる。 実質建設費は建設費から補助額の差とし、それを耐用年数15年で割った値を用いた。
②原材料調達費	農産廃棄物の試算例から、スイートコーン3,800円/t、ソルガム11,300円/tとした。ソルガムの栽培費用7,500円/t、収集費用3,800円/tと仮定した。
③ユーティリティ費	建設費の2%と設定した。
④メンテナンス費	建設費の1%と設定した。
⑤人件費	人件費を4.5 [百万円/年] とし、5名体制とする。

表 6-1 山梨県および中央市のエタノール潜在製造量の推計結果

地域	作物	作付面積 [ha]	収穫量 [t]	乾物収量 [t]	糖量 [t]	アルコール量 [t]	生産量 [kL]	エネルギー量 [MJ]
山梨県	スイートコーン残さ	797	19,447	4,220	2,295	1,003	1,269	26,785,443
	ソルガム 1 期作	3,261	184,888	55,466	22,126	9,667	12,236	258,189,744
	ソルガム 2 期作	3,261	139,237	41,771	16,663	7,280	9,215	194,439,190
中央市	スイートコーン残さ	104	2,538	551	300	131	166	3,495,215
	ソルガム 1 期作	76	4,320	1,296	517	226	286	6,032,696
	ソルガム 2 期作	76	3,253	976	389	170	215	4,543,142

推計に用いた数値は、以下のとおり。コーン残さ収率24.4 [t/ha]、ソルガム 1 期作収率81.0 [t/ha]、ソルガム 2 期作収率61.0 [t/ha]、ソルガム粗放的栽培効率0.7、コーン残さ乾物収量率0.217、コーン残さ搾汁糖度0.131、ソルガム乾物収量率0.300、ソルガム搾汁率0.146、発酵理論効率0.514、発酵歩合0.85、エタノール密度0.79 [g/cm³]、エタノール低位発熱量21.1 [MJ/L]

表 6-2 中央市におけるバイオ燃料製造のエネルギー収支

作物	スイートコーン残さ		ソルガム	
ケース	最良	最悪	最良	最悪
整地			0.023	0.047
収集	0.024	0.048	0.012	0.023
輸送	0.008	0.021	0.008	0.021
発酵	0.611	0.648	0.611	0.648
合計	0.643	0.717	0.654	0.739

表 6-3 山梨県および中央市の水田からのメタン排出量

地域	水田とコーン残さ処理	作付面積 [ha]	排出量 [tCH ₄]
山梨県	水田単作	5,020	798
	水田+コーン残さ鋤込直後入水		775
	水田+コーン残さ鋤込 3 日後入水	500	275
	水田+コーン残さエタノール変換		80
中央市	水田単作	224	36
	水田+コーン残さ鋤込直後入水		145
	水田+コーン残さ鋤込 3 日後入水	94	51
	水田+コーン残さエタノール変換		15

ルギー収支やコストについての解析を行うことができた。中央市を対象にしたバイオ燃料の製造段階におけるエネルギー収支の解析から発酵プロセスのエネルギー消費を抑えることが最も重要であることがわかった。その対策として、山梨県の県有林の主伐から発生する林地残材の利用を考える。山梨県において 1 年間に発生する林地残材の熱量（主伐面積90.542ha×有効林地残材81.25t/ha×林地残材熱量16,747MJ/t）²³⁾を推計した結果、123TJ（ガソリン換算3,561kL）になる。これを木質ボイラ（効率0.9）を用いて、Case3（年間バイオ燃料製造量500kL）の発酵プロセスの熱源に利用すると仮定すれば、山梨県の林地残材のおよそ 6 %で賄うことができ、バイオマスの複合利活用の観点からも非常に有効で

表 6-4 各ケーススタディのエタノール製造単価

項 目	Case1	Case2	Case3	Case4	Case5
エタノール製造量 [kL/年]	5	50	500	1,500	5,000
建設費 [円/L]	420	212	106	35	53
原材料調達費 [円/L]	137	137	137	137	137
ユーティリティ費 [円/L]	252	127	64	21	32
メンテナンス費 [円/L]	126	64	32	11	16
人件費 [円/L]	4,500	450	45	15	5
エタノール製造単価 [円/L]	5,435	990	384	220	243

ある。

中央市のエタノール潜在製造量を参照し、製造規模別にエタノール製造単価を試算した結果、384円/Lから5,435円/Lとなった。2007年 5 月に日本政府が公表した次世代自動車・燃料イニシアティブ²⁴⁾によれば、2015年の国産バイオ燃料の製造単価目標は100円/Lである。本解析では、農産物の貯蔵の観点から年間稼働日数を100日と仮定したが、その他の未利用農産物の収集も考慮し、年間稼働日数を300日に増加させれば、220円/Lになる可能性がある。また、農産物を輸送する観点から、収集対象を中央市に限定したが、スイートコーンの特産地である笛吹ラインの周辺地域を含め、日間製造量を5kL/年から50kL/年の10倍に増加させれば、243円/Lになる可能性がある。したがって、採算性を求めるには、プラントの年間稼働日数を増やすことが最も効果的であり、スイートコーン残さとソルガム以外の未利用農産物の収集や農産物の収集範囲を中央市以外の近隣市町村に拡充することが重要である。

また、バイオエタノール生産で、スイートコーン残さに含まれる糖類が消費されることで、県内で発生するメタンガスの削減効果も期待できた。

5. 結 言

本県におけるバイオエタノール生産の可能性について明らかにすることができた。本研究では、バイオエタ

ノール製造プラントを規模別に導入したケーススタディを実施した。その効果を定量的に提示した意義は大きいといえる。今後、本研究をフィージビリティスタディに展開するには、建設費、原材料調達費や副産物収入費などを改めて精査する必要がある。また、本事業を実施するためには、産官学民が一体となり、行政、研究機関、プラント業者や地域の農業協同組合などの協力体制を築くことが不可欠である。

参考文献

- 1) 大聖泰弘・三井物産編：バイオエタノール最前線，工業調査会（1999）
- 2) 原後雄太・泊みゆき著：バイオマス産業社会，築地書房（2002）
- 3) 湯川英明：バイオエタノールの量産技術と実用化の展望，高圧ガス，40，28-32（2003）
- 4) 稲田雄二：バイオエタノール—世界の現状と日本の今後の取り組み—，環境研究，133，64-72（2004）
- 5) Kunteova, L.: The potential role of bioethanol, Int. Sugar J., 98, 448-452（1996）
- 6) 長坂克彦・市川和規・加藤知美・小林真理：スイートコーン残さ及びソルガムの利用適性，山梨県総理研研究報告，1，17-21（2006）
- 7) 恩田 匠・長沼孝多・小松正和：スイートコーン残さからのバイオエタノール生産，山梨県総理研研究報告，1，24-27（2006）
- 8) 恩田 匠・長沼孝多・小嶋匡人・長坂克彦・市川和規・加藤知美・島崎洋一：未利用農林産物系バイオマスの利用技術の開発—バイオマス植物としてのスイートコーン利用適性とスイートコーン残さからのバイオエタノール生産，—山梨県総理研研究報告，2，17-23（2007）
- 9) 矢野伸一・井上宏之・遠藤貴士・坂木 剛・澤山茂樹：エタノール生産のための木質バイオマスの前処理・酵素糖化技術の開，第2回バイオマス科学会議発表論文集，p.24-25（2006）
- 10) 山梨県中央市：行政情報，<http://www.city.chuo.yamanashi.jp/gyosei/>（アクセス日 2007.11.1）。
- 11) 農林水産省：統計情報，<http://www.maff.go.jp/j/tokei/>（アクセス日 2007.11.1）。
- 12) 農林水産省：統計情報，<http://www.maff.go.jp/j/tokei/>（アクセス日 2007.11.1）。
- 13) 農林水産省農林水産技術会議事務局編：国のバイオマス変換計画（1991）
- 14) 農業環境技術研究所：LCA手法を用いた農作物栽培の環境影響評価実施マニュアル，<http://www.niaes.affrc.go.jp/project/lca/>（アクセス日 2007.2.26）。
- 15) トヨタ自動車・みずほ情報銀行：輸送用燃料のWell-to-Wheel評価（2004.11）<http://www.mizuho-ir.co.jp/research/wtwghg041130.html>（アクセス日 2006.8.28）
- 16) 山梨県循環型社会推進課：山梨県地球温暖化対策推進計画第3章，<http://www.pref.yamanashi.jp/barrier/html/junkan/74018292287.html>（アクセス日 2007.6.1）。
- 17) 長坂克彦・花形敏男・松野 篤・木下耕一：スイートコーン残渣鋤込み水田における水稻の生育安定とメタン発生削減，日本土壤肥料学会誌，74（6），（2003），817-821。
- 18) 新エネルギー財団：新エネルギー人材育成研修会テキストバイオマスコース（バイオ燃料編），（2007）。
- 19) NEDO：バイオマス等未活用エネルギー実証試験，38. 沖縄地区における燃料製造のためのサトウキビからのバイオマスエタノール製造技術に関する実証試験事業，<http://www.nedo.go.jp/kankobutsu/pamphlets/shinene/baiomasu/index.html>（アクセス日 2007.9.4）
- 20) 新エネルギー財団：新エネルギー人材育成研修会バイオ燃料演習コース（経済性分析）配付資料，（2008）。
- 21) 農林水産省：販売を軸とした米システムのあり方に関する第6回検討会，イネを原料としたバイオエタノールの地域エネルギー循環モデルづくりについて，http://www.maff.go.jp/j/study/kome_sys/06/index.html（アクセス日 2008.2.20）
- 22) 東北農業研究センター：平成17年度研究成果情報，<http://www.tnaes.affrc.go.jp/seika/jyhouhou/H17/seisan/h17seisan10.html>（アクセス日 2008.2.20）
- 23) 小澤雅之：山梨県地域における林地残材の堆積状況，山梨県総理研研究報告，2，24-27（2007）
- 24) 石油連盟：石油統計情報10. 都道府県別販売実績，<http://www.paj.gr.jp/statis/statis.html>（アクセス日 2008.3.7） 2008.3.7）
- 25) 経済産業省：次世代自動車・燃料イニシアティブ，<http://www.meti.go.jp/press/20070528001/20070528001.html>（アクセス日 2007.11.1）

山梨県地域における林地残材のエネルギー源化の可能性

森林総合研究所

小澤 雅之

Possibility of Forest Residues in Forests and Timber Yards as an Energy Source in Yamanashi Area

Yamanashi Forest Research Institute

Masayuki Ozawa

要 約

山梨県地域を中心としてこれまで林地や土場等に堆積されていた林地残材量を実測調査を行ってきたが、林地残材を小山の状態ですて屋根を付けて半年ほど自然乾燥させればエネルギーとして活用できる可能性が高いことが判明した。山梨県全域で林地残材を活用したエネルギープラントも成立する可能性がある。しかし、現状では地域における社会的同意が必要不可欠である。

1. 緒 言

地球温暖化対策や林業振興に有効な手段として、木質バイオマスのエネルギー利用¹⁾について注目が集まっている。中でも主伐や間伐等で発生した林地残材について、北欧諸国で既に利用されている事例²⁻³⁾等から、日本でも有効な熱源として期待されている。しかし、現在の日本の林業では林地残材のエネルギー利用を想定していないため、林内や土場跡地などにそれらが堆積されており、ほとんど利活用されていない。そこで、山梨県のある地域にバイオマスエネルギープラントを設置することを想定し、現状における具体的な利用法ならびにエネルギー源としての可能性について検討した。

のチップ化に要するコスト等についても明らかにするために、使用した機械等の稼働時間および燃費等について実測を行った。

表1 想定する木質バイオマスエネルギー変換システムの概要

エネルギー変換システム	木質チップ焚蒸気ボイラー
ボイラー設備運転時間	24時間/日×350日/年＝8400時間/年
木質バイオマス投入量	0.43t/時間, 10.3t/時間, 3592t/年
ボイラー効率目標値	80%
生産エネルギー	低圧蒸気 (2.5MJ/kg)
蒸気発生量	定格換算蒸気量1.65t/時間, 40t/日, 13860t/年
発生蒸気熱量	3.72GJ/時間, 89.3GJ/日, 31.2TJ/年

2. 実験方法

山梨県地域を4つに区分し、そのうち1カ所に表1のような能力を有する木質バイオマスチップボイラーを設置することを想定した。ボイラーから発生する熱エネルギーは、現在使用している重油ボイラーの代替とし、熱需要のある工場に全量供給することとした。運び込む原料は主にチップ材を外部から買付け、地域の蓄積量に応じて林地残材の投入を想定した。なお、林地残材の発生量については、これまでの調査結果を、伐採計画については山梨県県有林管理計画を基とした。

また、実際に林地残材発生源から利用拠点まで搬送する際のコスト等を算出するために、ダンプへの積み込み・積み卸し、搬送時間等を実測した。また、林地残材

3. 結 果

3-1 林地残材の輸送試験

林地残材が堆積している地点に図1に示すような12tダンプを横付けし、グラップルにて林地残材の積載試験を行った。また、積載した後、プラント設置を想定した地点まで、実際に陸送させ、走行時間と燃費について4回輸送試験を行い調査した。なお、この一連の試験は平成20年3月に実施したため、執筆時においてデータ解析が完了していないが、詳細については平成20年8月に開催される日本エネルギー学会大会で発表⁴⁾する予定である。



図1 林地残材の輸送に用いた12tダンプ

現時点において判明していることとして、積み込みはグラップルを使って行ったが、概ね60～90分要した。その後、片道約50kmの一般道の走行に約60分要した。プラント設置想定地点ではダンプのダンプ機能を用いて荷下ろしを行い、約5分要した。

1回目の輸送試験では12t積載可能なダンプに積み込んだ林地残材の量は5.86t、2回目のそれは7.78tであった(いずれも林地残材の含水率は25～50%)。3、4回目についても積載量は微増しており、2回目以降積載量が増加した理由として、積み込みを行うグラップル作業員の反復効果によると思われる。詳細な工程調査の解析が完了していないが、積み込み量が増加するに従って作業時間も増加する傾向があり、両者は作業員の技量によるところが大きいと思われる。

一方、輸送された林地残材(図2参照)には目視の段階で土や石等の残土混入が明確に認められ、ボイラに供給するには分別作業が必要となった。土砂等が混入した原因として、伐採直後の林地残材を回収する際に土砂も併せてかき寄せた可能性が考えられる。



図2 運込まれた林地残材の状態

1回目に輸送された林地残材をバイオマス実質部分と

それ以外に分別したところ、残材総量5.68tのうち、残土は1.48tを占めた。輸送代金として片道40000円/回要した。1回目のデータだけであるが、残材総量の輸送コストは7042円/tとなるが、バイオマス実質部分の輸送コストだけで見れば9132円/tと上昇した。林地残材に混入する土砂を運び込んでも有効な用途はなく、別に処分しなければならない。従って輸送開始前から極力排除する必要があるが、今後これらの混入を最小限にする方法を検討する必要がある。

なお、チップ化の工程調査や林地残材チップ化後の容積縮減率などを実測したが、現在報告できるまでには至っていないため、ここでは割愛する。

3-2 林地残材の資源量

木質バイオマスチップボイラの設置を想定した地域における県有林分布状況を図3に示す。設置場所から半径5～10km以内および10～15km以内における県有林占有率は31.6および44.5%で、両者併せると県有林の約75%が収まる結果となった。山梨県では平成18年度から10年間におよぶ「県有林管理計画」を策定しているが、この地域では単純平均で毎年12haの主伐が計画されている。これまでの林地残材発生量の調査結果から、伐採現場毎に数値が変動するものの、ha当たり50～100t程度発生していることが判明⁵⁾している。

従って半径5～15km以内の主伐により含水率が100%の状態では毎年600～1200t程度の林地残材が発生すると推算した。しかし、実際にボイラへ投入する際には含水率を低下させる必要がある。そこで、投入時の含水率を30%として換算すれば390～780tになる。



図3 プラント設置想定地域における県有林の分布

一方、山梨県地域全体での林地残材発生量を推算する。上記の計画では今後10年間に行う主伐量は905.42haとなっている。従って、発生し得る林地残材の量は含水

率30%換算で29400～58900tとなる。しかし、主伐計画が地域によって大きく異なっており、最も多い地域は少ない地域の約5倍となっていることから、林地残材の発生も地域間で差が生じることとなる。

3-3 林地残材の熱量

主伐対象樹種は主に針葉樹であるので、ここでは針葉樹の熱量を用いることとする。山梨県森林総合研究所実験林において1年程度自然乾燥させた林地残材（ヒノキ）の熱量を測定したところ、約16.74MJ（含水率約20～25%）であった。そこで、この値を用いて、年間における林地残材の単純平均熱量は、山梨県地域全体で44.6～89.7TJを得ることができる。全ての林地残材を想定規模のチップボイラに投入するならば、山梨県地域全体では最大で3カ所程度設置が可能となる。しかし、林地残材の発生場所は地域によって大きな差があるため、林地残材の収集を地域内のみで完結できる設置場所は限られてくるものと思われる。

3-4 林地残材の価格

ところで、現在山梨県地域ではエネルギー源とした林地残材の市場取引が行われていない。しかし、林地残材を活用するためには、適正な価格を設定する必要がある（3-6参照）。そこで、自社内で林地残材チップを製造した際の1t当たりの燃料価格を次のように仮定した。

$$\text{燃料価格} = \text{原材料費（変動値）} + \text{加工費（固定値）} \cdots (1)$$

（ただし、原材料費は林地残材の取引価格、加工費はチップ化に要する人件費、運送代、各種燃料費、減価償却費等の総計）

前述したとおり、現在加工費に相当する部分の工程調査は行ったものの、データ解析にまで至っていないため詳細の明示ができない。しかし、概ね使用するチップの単位時間当たりの加工量、燃費、配置する人員などは、各作業場所・施設に依存すると考えられるため固定値と定義した。

ところで価格は需給量の関係から市場において決定されるが、林地残材の価格については未だ市場が形成されていないため、市場における需給量の関係で決定することができない。しかし、適正な価格を設定するために、今回は化石資源を代替する立場から、現在の重油の取引価格を参考に林地残材の価格設定を試みることにした。

3-2で示したとおり、約1年間堆積した後の林地残材の熱量は16.74MJであった。A重油の低位発熱量37.1MJ/リットル、比重0.85とした場合の熱量を便宜上約41.85MJとする。A重油価格が1リットル当たりH円ならば、自然乾燥させた林地残材の熱量単価は1kg当たり16.74/41.85H円となので、1t当たり400H円として示

すことができる。

従って、A重油と同等の熱量と経済性を有するためには燃料価格が400H円以下であれば良いことになり、(1)式から林地残材の価格は1t当たり「400H-加工費」円と示すことができる。

大変簡易な式であるが、この式は次のように解釈することもできる。加工費は固定値として示したが、加工費は抑制・低減することが可能な費用であるため、重油価格を参考にしているが、林地残材の取引上限価格を示すことも可能となる。

また、林地残材が重油代替品として等価であるという観点に立ち価格を決定すれば、発生源である森林に対して、どれだけ貨幣として還元できるかということも示すことが可能となる。

3-5 林地残材の乾燥方法

伐採直後の森林資源は、樹体内に多くの水分を含んでいるため、高い含水率状態になっている。一般に森林資源を加工・利用するためには目的に見合った含水率まで乾燥を行う必要がある。木質バイオマスを熱源として利用する際も、高い含水率状態で直接燃焼させれば、木質バイオマス中に含まれている水分の影響で十分な熱量を得ることができなくなるので、含水率管理は極めて重要である。木質資源の乾燥方法は大きく分けて自然乾燥法と人工乾燥法があるが、今回のように熱源として利用するのであれば、外部からのエネルギーを必要としない自然乾燥法が望ましい。

そこで、林地残材の乾燥方法について各種実験を行ってきた⁶⁻¹⁰⁾が、ここでは具体的な乾燥方法について述べることにする。

伐採直後のヒノキ林地残材を山梨県森林総合研究所実験林に搬入し、グラップルを用いて直径3m程度、高さ約1.5mの小山状に堆積させ（図4参照）、降雨の影響を避けるための簡易な屋根を設置し（図5参照）、小山内部の含水率変化を観測した（図6参照）。



図4 伐採直後に堆積させた林地残材の小山



図5 設置した簡易屋根



図6 小山内部の含水率実測調査の様子

その結果、搬入直後（6月）の林地残材の含水率は約80%程度であったが、堆積直後に急激に減少し、半年後（12月）には約20～25%まで低減していることが判明¹¹⁾した。また、熱量も4000kcal/kg程度保持していることも判明した。初年度に実施した林地残材モデルでは、雨避け対策を行わないで自然乾燥させたが、実測の結果含水率分布は23～39%の範囲に収まっていたことから、小山の状態に堆積させ雨避けを設置することでより自然乾燥できることが判明した。

3-6 現状における林地残材の取扱い

ところで山梨県地域では、これまで林地残材等を木質バイオマスエネルギー源とみなして、それらを大規模に収集・集積および熱源利用した事例がない。そのため、地域で発生する木質バイオマス（林地残材、パーク、間伐材、木くず等）の取扱いについて、現在のところ地域での合意形成がなされておらず、木質バイオマスエネルギーの普及・促進にとって極めて重大な問題となっている。

ボイラー等の燃料として木くず等を「自ら利用」する場合について、平成19年7月9日付け環境省「木くず

の燃料利用に係る取扱いについて」(通知)により、当該ボイラー等は廃棄物の焼却施設に当たらないとして取扱われることになった。しかし、それ以外の木質バイオマスを取扱う場合には、現状では産業廃棄物として見なされる可能性がある。産業廃棄物の許可等は現在のところ各都道府県や保健所設置市によって行われているため、関係機関が林地残材等の木質バイオマスは産業廃棄物ではないと明確に認知しない限り、木質バイオマスは産業廃棄物施設でしか運用できなくなる恐れがある。

そこで、林地残材等の木質バイオマスを有効なエネルギー資源として今後活用するためには、社会通念上、産業廃棄物でないことを科学的・経済的にも立証しなければならない。

現段階において木質バイオマスが廃棄物に該当するかどうかの判断について、下記の5項目を総合的に勘案し、法の規制の対象となる行為ごとにその着手時点における客観的状況から判断しなければならないとされている。この5項目のうち、ここでは紙面の都合上、一部を抜粋する。

ア 物の性状：生活環境保全に係る関連基準を満足する、客観的な基準が存在する場合にはこれに適合する、十分な品質管理がなされている

イ 排出の状況：需要に沿った計画的で、排出前後に適切な保管や品質管理がなされている

ウ 通常の取扱い形態：製品として市場が形成され、廃棄物として処理されている事例が通常は認められていない

エ 取引価値の有無：占有者と取引の相手方間で有償譲渡がなされており、なおかつ客観的に見て当該取引に経済的合理性がある

オ 占有者の意志：適切な利用を行おうとする意志があるとは判断されない場合、又は主として廃棄物の脱法的な処理を目的としたものと判断される場合には、占有者の主張する意志の内容によらず、廃棄物に該当する物と判断される

4. 考 察

林地残材を有効なエネルギー資源として活用するために様々な研究・調査を行ってきたが、これまでの結果から有効な資源として十分期待できるものと思われる。そこで、まだ多くの解決すべき諸問題があるが、現時点における林地残材を活用するための具体的な運用システムを提案し、本報の結論とする。

○林地残材の具体的な運用システム

①皆伐等で発生した林地残材を小分けして道端等に堆積させる

・施業後の残材は、ほぼ片付けられており、大規模に集積されている場合もある¹²⁾。そこで、発生した林地残

材を人の背丈ほど、直径3m程度の小山状にし、道端等搬出しやすい場所に堆積させる。

このことにより、前出の「イ」に対する立証・判断材料とする。

・森林施業直後に堆積させたことを明確にすることで、伐採現場以外からの材の混入はなく、主伐による木材資源生産と、それ以外の部位からはエネルギー資源を生産することを明確にする。

このことにより、前出の「ア、オ」に対する立証・判断材料とする。

②雨風を防げるような簡易な屋根等で林地残材を覆う

・これまでの研究から、小山の状態であれば半年程度で含水率がほぼ20～25%以下にまで低減できることが判明しつつある。また、熱量も概ね4000kcal/kgを有し、著しい腐朽も生じていない。

・堆積させた場所や量をGIS等で管理し、計画的な搬出や運用を行うことで、占有者は林地残材をエネルギー資源として活用する意志を示すことができ、排出状況も管理することが可能となる。また、自然乾燥も同時に行うことで、人工乾燥が不要となり、ボイラーへの直接供給が可能となる。

このことにより、前出の「ア、イ、オ」に対する立証・判断材料とする。

③グラップル付き小型トラックによる買付けと施設でのチップ化

・輸送実験では特殊な大型12tダンプと積込み用として別にグラップルを用いたが、狭い山道を通行できる、例えばグラップル付き4tトラックを使えば、一台・一人で現地において集荷が可能となる。また、半径15km以内からの収集・輸送であれば、一日2～3回程度（片道1時間程度）の陸送は十分可能であると思われる。

今回は、現地でチップ化を想定していない。その理由として、現地でチップ化を行うのであればチップパー機をその都度陸送しなければならないからである。チップパー機は公道を自走できないため、別に陸送用大型車両の手配も必要となる。ここでは具体的な数値を提示できないが、これまでの経験から大型輸送車両に小型車両を搭載・降車作業にも時間を要することを追記したい。そこで、グラップル付き小型トラック（図7参照）により、設置した屋根を取り外し（鍵の役割）、現地で買付け、ボイラー施設にてチップ化し、オンタイムでボイラーに供給すれば、チップ用ストックヤードも不要となる。

このことにより、前出の「ウ、エ」に対する立証・判断材料とする。

本研究課題を通じて、これまで取扱われることなく、林地等にただ堆積されていた林地残材について、その実態解明や乾燥法、エネルギー資源としての可能性などに焦点を当て、具体的な活用方法について一定の方向性を



図7 小型トラックによる林地からの搬出のイメージ

示すことができた。しかし、木質バイオマスのエネルギー利用については、林業・商工経営、エネルギー利活用法、各種法令、資源乾燥法、地域環境保全そして地球温暖化防止に向けた具体的な行動など幅広い分野に渡り横断的な取組みが必要である。今回の報告では断片的な結果を繋ぎ合わせたところも多い。そこで、本報告を土台とし、各方面・業界関係者の協力と理解を得て、地域として方向性を示すためにも、伐採からエネルギー利用そして森林再生までの一連の工程が無理なく循環できるシステムによる大規模実証試験を行った上で、総合的に木質バイオマスエネルギーの有効性を検証し、地球温暖化防止に向けた確かな取組みを行う必要がある。

参考文献

- 1) 松崎武彦：季刊木質エネルギー，No 18，pp.18-21. 2007.
- 2) 森塚秀人：日本エネルギー学会誌，85（11），pp.868-875，2006.
- 3) Eija Alakangas: Proceedings of Bioenergy 2007--The 3rd International Bioenergy Conference and Exhibition, pp.127-134, 2007.
- 4) 小澤雅之，岩岡正博，古屋清人，菅野明芳：第17回日本エネルギー学会大会発表予定
- 5) 小澤雅之，岩岡正博，尾辻佐人志，中澤昌彦：第15回日本エネルギー学会大会研究発表要旨集，pp.253-254，2006.
- 6) 小澤雅之，尾辻佐人志，岩岡正博：第56回日本木材学会大会研究発表要旨集，pp.132，2006.
- 7) 尾辻佐人志，岩岡正博，峰松浩彦，小澤雅之，中澤昌彦：森林学術要13，pp.8，2006.
- 8) 尾辻佐人志，岩岡正博，峰松浩彦，小澤雅之，中澤昌彦：森林学誌，21（4），pp.261-264，2007.
- 9) 尾辻佐人志，岩岡正博，峰松浩彦，小澤雅之，中澤昌彦：日林学術講118，G09，CD-ROM，2007.

- 10) 尾辻佐人志, 岩岡正博, 峰松浩彦, 小澤雅之, 中澤昌彦: 日林学術講119, F05, CD-ROM, 2008.
- 11) 村瀬絵美, 岩岡正博, 尾辻佐人志, 小澤雅之: 未発表
- 12) Masayuki Ozawa, Hiroshi Saito, Osamu Akiyama, Shigeki Kobayashi, Masahiro Iwaoka & Satoshi Otuji: Proceedings of Bioenergy 2007--The 3rd International Bioenergy Conference and Exhibition, pp.265-268, 2007.

栽培条件の異なるブドウ「甲州」を
用いたワインの個性化醸造技術の
確立に関する研究

栽培条件の異なるブドウ「甲州」を用いたワインの 個性化醸造技術の確立に関する研究

工業技術センター・富士工業技術センター¹・果樹試験場²・山梨大学³・山梨大
学ワイン科学研究センター⁴・山梨県ワイン酒造組合⁵

小松正和・飯野修一・中山忠博・原川守・上垣良信¹・猪股雅人²・齊藤典義²・
時友裕紀子³・久本雅嗣⁴・奥田徹⁴・上野昇⁵

Studies on the Characterization of White Wine from Koshu Grape Viticulture

Industrial Technology Center, Fuji Industrial Technology Center¹, Fruit Tree Experiment Station²,
University of Yamanashi³, Institute of Enology and Viticulture, University of Yamanashi⁴, Yamanashi
Pref. Wine Manufacturers' Association⁵

Masakazu KOMATSU, Shuuichi IINO, Tadahiro NAKAYAMA, Mamoru HARAKAWA, Yoshinobu
UEGAKI¹, Masato INOMATA², Noriyoshi SAITO², Yukiko TOKITOMO³, Masashi HISAMOTO⁴,
Tohru OKUDA⁴, and Noboru UENO⁵

要 約

山梨県内23圃場で栽培された甲州種ブドウから38種類のワインを醸成し、圃場間格差および薬剤散布体系（ボルドー液）、醸造条件（液化炭酸ガス）、収穫時期、酵母（POF活性）の違いが、果実・果汁・ワインの品質およびワインの香気成分に及ぼす影響について検討した。その結果、ボルドー液散布の有無による糖度・酸含量への影響は認められなかったが、ボルドー液無散布の体系では葉の病害の発生が多かった。ボルドー液の棚上散布により、果房の付着量や果汁中の銅含有量を低減できた。官能評価より、薬剤散布体系による有意差は認められず、仕込み時に液体炭酸ガスを使用した試験区では香りの質が有意に良いとされた。POF活性の無い酵母（VL-1）を使用した試験区では、POF活性のある酵母（VL-3）と比較して、4VP及び4VG量が顕著に少ないことが確認された。果汁中のプロリン以外の遊離アミノ酸量と発酵日数には、強い負の相関が認められ、窒素欠乏により発酵が遅延していたことが示唆された。また、資化性アミノ酸が600～800mg/Lを境に、それ以上の試験区では発酵日数との相関は低く、順調に発酵が進行しているものと考えられた。また、果汁中のプロリン以外の遊離アミノ酸量とワイン中の香気成分量の相関を求めたところ、果実様の香気をもつエステル類と強い正の相関が認められ、エステル類を多く含む試験区のワインは官能評価で良い評価を受けた。甲州種ワインの中には、果汁中のプロリン以外の遊離アミノ酸が酵母の増殖に対して量的に十分ではなく、結果として発酵速度や香気生成に影響を及ぼし、ワインの品質に影響を与える可能性が示唆された。

1. 緒 言

日本固有の品種であるブドウ「甲州」は、山梨県を中心に古くから生食・醸造兼用品種として栽培されてきた。ブドウ「甲州」を原料とした白ワインは、繊細、淡麗、まろやかな味わいを特徴としたオリジナルワインとして評価され日本人に愛されてきた。近年、ワインの世界的なグローバル化が進むなか、日本市場においても多くの外国産ワインが輸入され、また国産ワインが欧米諸国をはじめとして海外へ輸出されるようになった。このような流れの中で、消費者のワインへの嗜好も変化し始め、甲州種ワインはワイン専用品種の白ワインと比較

して、果実香が乏しく、味わいも平板であるとの指摘がされるようになってきた。年々増加する輸入ワインに対抗し、国内外において確固たる地位を築いていくためには、消費者の要求する香味豊かな甲州種ワインづくりが求められている。

そこで本研究では、甲州種ワインの品質向上を目的として、栽培圃場や栽培管理、収穫時期の異なる原料ブドウを用いて、甲州種ワインの香気成分に及ぼす要因を明らかにするとともに、香気成分を助長させる醸造条件について検討した。

平成17年度は、山梨県内の2箇所の栽培圃場（甲府圃場及び果試圃場）を供試し、栽培管理（ボルドー液の

散布有無)や収穫時期(各圃場5期(甲府圃場:8月23日,9月2日,12日,22日,10月3日;果試圃場:8月30日,9月9日,20日,30日,10月11日))の異なる20種類の試験区を設定し,ブドウ樹の生育や果実品質,ワインの香気成分に及ぼす影響について検討した^{1),2),3)}.平成18年度は,平成17年度と同様な試験区を設け研究結果を再確認するとともに,同年度に存在を確認した微量香気成分を助長させる醸造条件について検討した⁴⁾.

本年度は,過去2ヵ年にわたり調査してきた甲府市および山梨市にある2圃場において,圃場の違い,収穫時期,ボルドー液の散布有無および散布方法の違いが果実品質およびワインの香気成分に及ぼす影響について再現性を確認するとともに,醸造条件として果汁(果醪)と酸素との接触有無・一部(3種類)および使用酵母の違い(POF(Polyphenol Off Flavor)活性の有無)がワインの香気成分に及ぼす影響を検討した.また,過去2年間の結果から圃場の違い(圃場条件)がワインの香気成分に及ぼす影響が大きかったことから,圃場条件(立地条件,土壌成分,施肥,生育中の新梢・摘房・薬剤散布等の栽培管理,樹のクローンなどの条件の総称)の違いが果汁及びワインの品質に及ぼす影響を調査するため,山梨県内23圃場で栽培された甲州種ブドウから38種類のワインを醸成し,果汁およびワインの各種成分,ワインの香気について比較検討した.

また,平成18年度醸成したワインの微量香気成分について,第2報⁴⁾以降に検討を加えたので併せて報告する.

2. 実験方法

2-1 薬剤散布体系と果実品質,病害発生 の調査

圃場の違いやボルドー液の散布の有無,散布方法の違いが果実品質に及ぼす影響を調査するため,甲府圃場(甲府市里吉,標高260m)の18年生ウイルスフリー樹と果樹試験場圃場(山梨市江曾原,標高460m,以下:果試圃場)の11年生ウイルスフリー樹が植栽されている2園を供試した.

いずれの園も棚栽培・長梢剪定樹を供試し,結実確認後に収量が約1.8t/10aになるように着果量を調整した.

(1) 薬剤散布体系

薬剤散布は,両圃場とも表1で示すボルドー液散布有無,散布方法が異なる3試験区を設置した.ボルドー液散布区とボルドー液棚上散布区は,使用薬剤は同様であるが,散布区では棚下から果房も含めて薬剤を散布し,棚上散布区では果粒肥大期以降,棚の上部から葉のみに薬剤を散布した.また,一部で棚下からのボルドー液の最終散布期を変えた試験区を設け,収穫時に果房に残存する銅の測定に供した.

(2) 果実品質

果粒軟化期以降,果汁の糖度(屈折計示度:Brix),酸含量(酒石酸換算)を継時的に調査した.成熟期の果実品質調査として,収穫盛期に各試験区10果房の果実を採取し,品質調査を行った.

果房に付着した銅は,果房全体を0.5N-HClで洗浄後,洗浄液中の銅イオンをICP発光分析法で定量し,果房重あたりの銅量に換算した.

(3) 病害発生 の調査

ボルドー液散布の有無や散布時期を変えた場合の,葉における病害発生について,9月25日に各試験区100葉を採取し,べと病・さび病の発生程度を調査した.

2-2 原料ブドウと小規模試験醸造

(1) ブドウの収穫時期(甲府・果試圃場)

原料ブドウの収穫時期は,平成17年度および平成18年度のワインの官能評価で香りの強さ・質の評価が高かった早期(平成17年度換算で2.5期)と,酵母の違いを調査する目的から慣行の収穫期よりやや遅い時期(平成17年度換算で4期)の2期を設定し,果汁の糖度および酸含量の経時変化から収穫日を決定した.8月末の時点では,甲府圃場は昨年並み,果試圃場は昨年より半週早くに推移していた.甲府圃場では,9月12日(I期)および10月4日(II期),果試圃場では9月18日

表1 試験圃場の薬剤散布体系²⁾

圃場・散布日	ボルドー液散布区	ボルドー液棚上区	ボルドー液無散布区
甲府圃場 6月6日	icボルドー66D (40倍)	icボルドー66D (40倍)	アミスター10フロアブル (1000倍)
果試圃場 6月20日	アディオオン水和液 (2000倍)	アディオオン水和液 (2000倍)	アディオオン水和液 (2000倍)
両圃場 7月6日	icボルドー66D (40倍)	icボルドー66D (40倍) (棚上散布)	ホライズンドライフロアブル (5000倍)
両圃場 7月26日	icボルドー66D (40倍) アディオオン水和液 (2000倍)	icボルドー66D (40倍) アディオオン水和液 (2000倍) (棚上散布)	アミスター10フロアブル (1000倍) アディオオン水和液 (2000倍)

z) 落花期～収穫期までの薬剤散布,他の時期はそれぞれの慣行防除.

表2 平成19年度ワインセンター試験醸造試験区（栽培条件および醸造条件）

圃場 番号	醸造試験区 番号	地区	圃場名	収穫日	収量* (t/10a)	ボルドー液 散布有無*	酵母	破碎 除梗	仕込量 (kg)				
1	1	甲府	里吉	9月12日	3.0	無散布	VL3	液体	20				
	2				1.8								
	3			10月4日	1.0								
	4				1.8								
	5				1.5								
2	26		玉諸	10月1日	1.5		VL1	炭酸					
3	6	山梨	果樹試験場	9月18日	1.8	散布	VL3	ガス	天気(半) 天気				
	7					低散布							
	8			10月2日		無散布							
	9												
	10												
4	34	勝沼	菱山	10月1日		散布	VL3	液体	8.6				
5	16			10月9日	1.6	無散布			20				
6	25		勝沼	10月3日	2.0	散布							
7	23			10月4日	1.8								
8	24			10月24日	1.2								
9	12		上岩崎	10月14日	1.0	無散布							
10	27		鳥居平	10月15日	2.5								
11	15		穂坂	穂坂	10月7日	1.8				無散布			
12	17				10月16日	1.3							
13	13				10月16日	1.3							
14	14				10月16日	1.3				散布			
15	21	一宮	一宮	10月16日	1.5	無散布	VL3	ガス	50				
16	19			9月25日	2.0	散布							
17	18			9月27日	1.7								
18	22			10月14日	0.8								
19	28			9月21日	2.0								
	29			10月1日	2.0								
	30			10月10日	2.0								
20	31			9月21日	2.0								
	32			10月1日	2.0								
	33			10月10日	2.0								
21	20	御坂	御坂	9月18日	1.5	散布	VL1		20				
22	35	勝沼	東雲	9月26日	1.5	無散布			500				
	36			10月4日									
	37			10月11日									
23	38		休息	10月18日	2.0	散布							

* 各ブドウ提供者の自己申告による。

(Ⅰ期) および10月2日(Ⅱ期) となった。

(2) 原料ブドウの圃場条件

圃場条件の違いが果汁及びワインの品質に及ぼす影響を調査するため、山梨県内のワイン会社12社の協力のもと、山梨県内の5地区(甲府・山梨・一宮・勝沼・穂坂・御坂)21圃場で栽培された甲州種ブドウの提供を受けた。上述の甲府・果試圃場を加え、23圃場で収穫されたブドウを用いて、各醸造条件のもと試験醸造を行った。表2に38試験区の栽培条件および醸造条件について示す。収穫日は基本的に各ワイン会社が自社で仕込むために決めた最適日である。また、一部圃場では1週間前後ずらした複数の収穫日を設定した(圃場番号1, 3, 19, 20, 22)。

(3) 醸造条件

平成18年度の試験醸造では、全醸造工程(除梗・破碎・搾汁・発酵・貯酒等)において果醪と酸素との接触を可能な限り排除した試験区(以下、CO₂区)を設定し、同一原料ブドウを用いて通常の大気下での試験醸造(以下、対照区)と比較した。その結果、ワインの官能評価において、CO₂区は対照区と比較して、香りの質が良く、柑橘様香気が強いと評価された。また、後述のGC-

FPDおよびGC/O分析結果から果試圃場のCO₂区では、対照区の約4倍(濃度)および16倍(FDファクター)もの3-メルカプト-1-ヘキサノール(以下、3MH)が存在したことが明らかとなった。そこで本年度は、果試圃場のⅠ期を除きCO₂区とした。果試圃場のⅠ期では、収穫した原料ブドウを3分しCO₂区および一部CO₂区、対照区の3試験区を設定した。一部CO₂区では、醸造工程のうち搾汁のみを大気下で行った。搾汁後の果汁の濁変度合い(目視)は、対照区>一部CO₂区>CO₂区の順序であった。

(4) 果汁(搾汁液)の調製

収穫したブドウ約20kgを除梗・破碎後、小型水圧式圧搾機を用いて搾汁を行い、搾汁率約46.5%の果汁(搾汁液)を得た。果汁分析試料等を採取した後、残りの搾汁液にピロ亜硫酸カリウム(SO₂として50ppm)を添加した。

CO₂区では、日本液炭社製の食品添加物規格の液化炭酸ガスからドライアイス簡易製造器(ドライホーン、同社製)を介して雪状のドライアイスを製造。これを除梗破碎機や圧搾機、発酵用容器、瓶詰めラインの周囲等に適量散布し炭酸ガスを発生させ、除梗・破碎・搾汁の各工程において果醪と酸素との接触を可能な限り排除した。

状態とした上で仕込みを行った。

(5) ワインの小規模試験醸造

上記の各搾汁液 9 L を発酵栓付き 10 L 容ガラス容器に採取し、比重換算で転化糖分 22 % となるように式①より算出した蔗糖量を添加し仕込果汁とした。

転化糖分 = (比重 - 1) × 100 × 2.7 - 2.5 … 式①⁵⁾

一部試験区では、30 L 容あるいは 300 L 容のステンレス製サーマルタンクを使用した。各仕込果汁に市販の乾燥酵母 (Zymaflore VL-3 (POF 活性ポジティブ)、一部試験区では Zymaflore VL-1 (POF 活性ネガティブ)) を 1 mL 当り 10⁶ 個以上の密度になるよう添加し、室温 18℃ の恒温室で発酵させた。発酵中の果醪を定期的に採取した後、液体クロマトグラフィーでブドウ糖と果糖の総量 (残留還元糖量) およびエタノール含有量を定量することにより、発酵中の各果醪の発酵経過を経時的に測定した。各果醪の残留還元糖が 4 g/L 前後に達した段階でピロ亜硫酸カリウム (SO₂ として 100 ppm) を添加した後、液温を -4℃ 以下に下げ、発酵を停止させた。また、液温を -4℃ 以下に保ち 2 ~ 3 週間酒石の除去および澱下げを行った。

澱下げ後の果醪の上澄液を 0.45 μm のメンブランフィルターで濾過した後、720 mL ガラス瓶に詰めワイン試料とした。

醸造試験区の内容については、3 - 2 項および 3 - 7 項に記載した。

2 - 3 ワインの官能評価

ワインの香気について以下の方法で官能評価を行った。

(1) パネル

山梨県内のワイン醸造関係者 39 名

(2) 評価方法

各ワインの香りをかいだ後、口に含み、トップノートと口中香を総合した印象を評点法にて評価した。質問項目は香りの強さ、果実香、柑橘様香気、花様香気、蜂蜜様香気 (甘い香り)、ほこり・けむりのにおい、薬品のにおい、酵母臭、異臭、香りの質の 10 項目で前報⁴⁾と同様に 7 段階評価とした。

(3) 解析方法

各ワインの評点平均値について t 検定により、有意差検定を行った。

2 - 4 ワインの微量香気成分分析 (GC/O, GC-FPD)

(1) 香気成分の抽出・分画

香気成分の抽出にはエーテル・ペンタンによる溶媒抽

出法を用い、前報⁴⁾と同様の方法で香気濃縮物 (除酸部) を得た。

(2) 香気濃縮物の分析 (GC/O 分析)

香気濃縮物は GC/O (Gas chromatography/Olfactometry) 分析により、前報⁴⁾と同様の方法で AEDA (Aroma Extract Dilution Analysis) を用い、においの評価を行った。ワイン 100 mL を使用し、30 mg まで濃縮したものを GC に注入し、これを順次 4ⁿ 倍 (n = 0, 1, 2, …) に希釈して常に同量 (0.5 μL) 注入し、においが感じられなくなるまで GC/O 分析を行った。においが感じられた最大の希釈倍数 (1, 4, 16, 64, 256, 1024) を各ピーク (におい) の FD ファクターとして示した。

(3) 3MH の分析 (GC-FPD 分析)

甲州種ワイン中に含有する 3MH の含有量は、様々な品種のワインの文献値⁶⁾から 10 ~ 1,000 ng/L の範囲にあると推測されるため、ワイン 200 mL を約 100 mg まで濃縮した香気濃縮物を用いて GC-FPD 分析を行い、ワイン中の 3MH 含有量を測定した。定量方法は、香気濃縮物のピーク面積と、市販の試薬 (ACROS 製) から調製した標準物質のピーク面積より求めた。GC 分析条件は前項の GC/O 分析と同一とした。

2 - 5 ワインの香気成分分析 (HS-GC/MS, HPLC-UV)

(1) ヘッドスペース (HS) - GC/MS 分析法

今年度、ワインセンターで試験醸造した 38 種類のワイン (No.1 から No.38) について、ヘッドスペース - GC/MS 分析法による酢酸イソアミル (以下, IA), 酢酸ヘキシル (以下, HA), カプロン酸エチル (以下, EC6), カプリル酸エチル (以下, EC8), カプリン酸エチル (以下, EC10), 4-ビニルグアニアコール (以下, 4VG) の簡便な定性・定量分析法を検討した。

ワイン 10 mL に内部標準物質 (I.S.) としてシクロヘキサノール (135 mg/L) 及びトルエン d8 (160 mg/L) の 50 % エタノール水溶液を 100 μL 添加した。検量線用の標準液は 13 % エタノール水溶液にて調整した。これらのサンプルはヘッドスペースサンプラー (Turbo Matrix HS, Perkin Elmer 製) にて 80℃, 10 min 保温し、発生させた揮発成分を GC/MS に導入した。ヘッドスペースサンプラーにおけるニードル温度及びトランスファーライン温度はともに 150℃ とした。

GC には装置として SHIMADZU GC-17A Gas Chromatograph 直結 SHIMADZU GCMS-QP5050A を用いた。カラムは DB-WAX カラム (30 m × 0.25 mm, 膜厚 0.5 μm, J&W 製) を用い、カラムオーブンは 40℃ にて 5 分保持後、240℃ まで 10℃/min で昇温した後 5 分保持

した。イオン化はEI法で行い、検出器ゲインは1.4kVとした。MSによる定量はSIMモードで行った。

(2) HPLC-UV分析法

甲州種ワインは他品種の白ワインと比較してフェノール性化合物が多いとされており、収穫時期の遅いブドウから醸造したワインを中心に、フェノールの香気成分である4-ビニルフェノール (4VP) および4-ビニルグアイアコール (4VG) (白ワインのフェノレ成分) の強い香気がしばしば問題視されている。そこで、今年度ワインセンターで試験醸造した38種類の甲州種ワイン (No.1からNo.38) について、HPLC-UV分析法による4-ビニルフェノール (4VP)、4-ビニルグアイアコール (4VG) の簡便な定性・定量分析法を検討した。

0.45 μ mのメンブランフィルターで濾過したワイン20 μ Lを分析試料とした。これを高速液体クロマトグラフィー (HPLC) によりUV検出器で280nmの吸光度を測定した。標準液は市販の試薬 (4VP: Lancaster製, 4VG: Wako製) を100%エタノール中に溶解した後、13%エタノール水溶液に調整した。定量方法は、種々の濃度に調製した標準液のピーク面積から検量線を作成し、試料のピーク面積を検量線に当てはめ求めた。

2-6 フェニルプロパノイド分析

フェニルプロパノイド化合物は、前述のフェノール性香気成分の前駆体となるほか、ワインの色調や苦味等の呈味にも関与している。そこで、今年度ワインセンターで試験醸造した38種類の甲州種ワイン (No.1からNo.38) について、HPLC-DAD分析法によるフェニルプロパノイド (カftarリック酸、クータリック酸、コーヒー酸、p-クマル酸、フェルラ酸、コーヒー酸のエチルエステル体、p-クマル酸のエチルエステル体、フェルラ酸のエチルエステル体) の簡便かつ短時間での定性・定量分析を試みた。

0.45 μ mのメンブランフィルターで濾過したワインを分析試料とした。これを高速液体クロマトグラフィー (HPLC) によりDiode array検出器 (200~600nm) で吸光度を測定した。各成分の定量に用いた標準物質について、カftarリック酸及びクータリック酸は甲州種ワインよりクロマトグラフィーによる単離、コーヒー酸、p-クマル酸、フェルラ酸は東京化成製、エチルエステル体3種は合成によりそれぞれ得た。

2-7 香気以外の成分分析

(1) ブドウ果実

仕込み時に、20kgの原料ブドウから平均的な大きさの10房をサンプリングし、次の6項目の測定を行った。

- ・房長 (cm) (10房の平均値)
- ・房重 (g/房) (10房の平均値)

- ・粒長 (mm) (10房から採取した100粒の平均値)
- ・粒重 (g/粒) (10房から採取した100粒の平均値)
- ・着粒数 (粒/房) (房重を粒重で除して算出)
- ・種数 (個/粒) (10房から採取した100粒の平均値)
- ・ブドウ果皮色 ($L^*a^*b^*$ 表色系) (10房から採取した100粒の平均値): 日本電色工業製、測色色差計ZE6000及びコニカミノルタ製、分光測色計CM-3500dを使用した。

(2) ブドウ果汁

搾汁直後の果汁をサンプリングし次の各項目の分析に供した。

- ・比重: 国税庁所定分析法によった。
- ・糖度 (Brix示度): アタゴ製、デジタル糖度計PR-101 α を使用した。
- ・総酸 (酒石酸換算) (g/L): 果汁10mLを分取し、1/10N-NaOH水溶液でpH8.2まで滴定し、得られた値を酒石酸に換算して示した。
- ・pH: 堀場製作所製、pHメーターF-21を使用した。
- ・糖類 (ショ糖, ブドウ糖): 0.45 μ mのメンブランフィルターで濾過した果汁を分析試料とし、HPLCによりRI検出器で分析した。
- ・有機酸 (クエン酸, 酒石酸, リンゴ酸, コハク酸, 乳酸, 酢酸): 0.45 μ mのメンブランフィルターで濾過した果汁を分析試料とし、HPLCによりポストカラム法 (UV-Vis検出器) で分析した。
- ・全フェノール: 蒸留水で50倍希釈した果汁1mLを分析試料として、Folin-Ciocalteu法で分析した。島津製、分光光度計UV-1200を使用し765nmの吸光度測定し、得られた値を濃度既知の没食子酸の吸光度を用いて換算して示した。
- ・遊離アミノ酸: 0.45 μ mのメンブランフィルターで濾過した果汁を0.01N HCl溶液で5倍希釈し、0.20 μ mのメンブランフィルターで濾過したものを分析試料とし、日立製、L-8500形高速アミノ酸分析計を用いて41種類の遊離アミノ酸を一斉分析した。但し、分析結果を確認したところ、定性・定量できなかった比較的強いピークが1本存在した。
- ・Cu含有量: 果汁20mLを濃硝酸および過酸化水素水を用いて湿式灰化した後、得られた無色透明な溶液を1% HCl溶液で2.5倍希釈し分析試料とし、SEIKO製、SAS760型原子吸光分析装置を用いて分析した。

(3) 果醪

- ・発酵経過: 果醪の発酵経過を調査するため、2~3日に1回の割合で発酵容器から果醪をサンプリングし、0.45 μ mのメンブランフィルターで濾過したものを分析試料とし、残留還元糖 (ショ糖+ブドウ糖) 及びグリセロール生成量、エタノール濃度をHPLCによりRI検出器

で分析した。

(4) ワイン

- ・比重，アルコール，エキス：国税庁所定分析法によった。
- ・総酸（酒石酸換算）(g/L)，pH，糖類（ショ糖，ブドウ糖），有機酸（クエン酸，酒石酸，リンゴ酸，コハク酸，乳酸，酢酸），全フェノール：果汁と同様に分析した。
- ・遊離アミノ酸：果汁と同様に分析した。但し，希釈率は2倍，注入量を標準液に対して2倍に増量し実質等倍として分析した。
- ・Cu含有量：今年度の試験醸造ワインは一部を除きエキス分2.00以下の辛口であったことから，0.45 μ mのメンブランフィルターで濾過したワインを直接分析試料とした。但し，赤ワインについては，果汁と同様に湿式灰化した後1 %HCl溶液で2.5倍希釈し分析試料とした。

3. 結果及び考察

3-1 生育及び果実品質特性（甲府・果試圃場）

図1に各圃場，薬剤散布体系ごとの糖度および酸含量の推移を示した。圃場別に比較すると，果試圃場では最終的な糖度は20度に達したが，甲府圃場では16度であり，昨年までと同様に果試圃場で糖度が高い傾向にあった。両圃場の生育を比較すると，表3に示すとおり果試圃場で1.5m以上の新梢の割合が高く，樹勢が旺盛であったが，これが品質差に及ぼす影響は明らかではない。

ボルドー液散布体系の違いを比較すると，甲府圃場のボルドー液散布区において糖度がやや低い傾向にあったが，果試圃場では散布体系の違いによる差は認められなかった。表4に収穫時の果実品質を示す。収穫時の糖度

表3 甲府圃場および果試圃場の生育調査結果

	開花 始期	満開期	新梢の長さ別割合（落葉期）			
			1m未満	1～1.5m	1.5～2.0m	2.0m以上
甲府圃場	5/28	6/1	68%	22%	7%	3%
果試圃場	6/5	6/8	44%	18%	11%	27%

表4 薬剤散布体系の違いが「甲州」の果実品質に及ぼす影響

圃場	薬剤散布体系	房長	房重	着粒数	1粒重	着粒密度	糖度	酸度
		cm	g	粒	g	粒/cm	Brix	g/100ml
甲府圃場 9月12日	ボルドー液散布	22.4	341.7	72.0	4.6	4.0	15.8	0.58
	ボルドー液柵上散布	20.8	325.7	69.9	4.5	4.3	16.2	0.48
	ボルドー液無散布	21.8	341.6	77.7	4.3	4.3	16.2	0.56
果試圃場 9月19日	ボルドー液散布	20.2	356.8	87.7	4.0	5.5	18.9	0.55
	ボルドー液柵上散布	17.9	318.0	76.4	4.1	5.4	18.9	0.54
	ボルドー液無散布	18.3	319.5	77.1	4.1	5.2	18.8	0.57

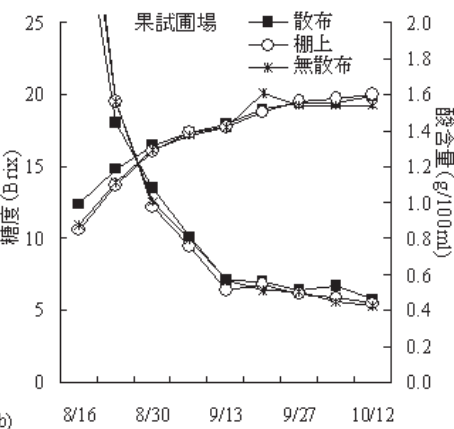
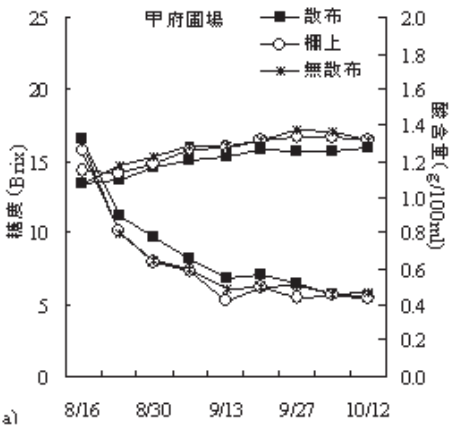


図1 甲府・果試圃場の糖度・酸含量の経時変化

は甲府圃場で16度程度，果試圃場で19度程度であった。糖度の推移と同様に，甲府のボルドー液散布区の糖度がやや低い傾向にあったが，過去2ヶ年^{1), 4)}を見てもボルドー液の散布の有無が糖度に及ぼす影響はないと考えられることから，試験区による誤差と考えられる。

他の果実品質を圃場ごとで比較すると，果試圃場で着粒数が多く，果粒が小さい傾向であった。

表5にボルドー液散布体系の違いと成葉の病害発生率

表5 薬剤散布体系の違いが「甲州」の病害発生に及ぼす影響

圃場	薬剤散布体系	成葉での発病度 ²⁾	
		べと病	さび病
甲府圃場	ボルドー液散布	4.5	5.3
	ボルドー液柵上散布	5.5	6.5
	ボルドー液無散布	28.8	15.8
果試圃場	ボルドー液散布	0.5	2.0
	ボルドー液柵上散布	0.5	2.0
	ボルドー液無散布	58.5	8.8

z) 発病度 = {(4A + 3B + 2C + D) / (4 × 調査葉数)} × 100
(発斑の面積：A：51%以上、B：31～50%、C：11～30%、D：10%以下、E：0%)

度を調査した結果を示す。いずれの圃場においてもボルドー液無散布区では、べと病、さび病とも発病度が著しく高く、収穫時には早期に落葉する様子も観察された。一方、ボルドー液の散布方法の違いは、発病度には影響せず、いずれも病害の発生抑制に効果が認められた。

表6 果房へのボルドー液の散布と銅付着量 (甲府)

散布日 ^{z)}		Cu付着量 (mg/kg)
6月6日		1.54
6月6日	7月6日	2.73
6月6日	7月26日	3.02
無散布		0.02

z) 果房へのボルドー液の散布日

表6にボルドー液散布日と果房の銅付着量を示す。棚下からのボルドー液の最終散布時期を変えた果房では、6月6日(落花直後)の1回のみ果房に散布した試験区に対し、2回散布によってCu付着量が倍増した。

銅の残存が3MH等のワインの香気成分の生成に悪影響を及ぼす一方で、ボルドー液無散布による早期落葉などを誘発する病害の発生は、永年作物であるブドウの樹体維持にとっては好ましくない。そのため、棚上からのボルドー液の散布を行うなど、果房への銅の付着を最小限に抑えることを考慮しながら、ボルドー液の使用を基本とした防除体系は重要であると考えられる。

3-2 果汁成分と発酵経過 (甲府・果試圃場)

(1) 果汁成分(糖・酸・銅)と果皮色

表7に各圃場、薬剤散布体系で収穫期ⅠまたはⅡ期に収穫されたブドウ20kgを搾汁率46.5%で搾汁した果汁(搾汁液)の各種成分およびブドウの果皮色を示す。

圃場別に比較すると、3-1項で示したBrix糖度と同様に、果試圃場の方が甲府圃場より比重が高く、その分補糖量は減少した。また、酸含量は圃場間で大差はなかった(3-1項)が、その主要成分である酒石酸とリンゴ酸の組成比(酒石酸/リンゴ酸、以下T/M比)を比較すると、収穫時期に寄らず甲府圃場の方がT/M比は高かった。

果試圃場の薬剤散布体系別に果汁中の銅含有量を比較

すると、散布区>棚上散布区>無散布区となった。棚上散布では、棚下散布と比較して搾汁液中の銅含有量を低減できることが確認された。

今年度初めて収穫されたブドウの果皮色を色差計を用いてL*a*b*表色系で数値化を試みた。各圃場、同一薬剤散布体系で、収穫期間比較すると、いずれもL*:Ⅰ期>Ⅱ期, a*:Ⅰ期<Ⅱ期, b*:Ⅰ期>Ⅱ期となっており、ブドウの成熟に伴い、赤味(a*)と青み(b*)を増し、明度(L*)が低下、すなわち紫色が強くなったことを示しており正しく数値化できることが確認された。また、同一収穫期で圃場間比較すると、Ⅰ期、Ⅱ期ともにL*:甲府>果試, a*:甲府<果試, b*:甲府>果試、となり、果試圃場の方がいずれの収穫期ともに着色度合いが進んでいたことが裏付けられた。図2に果試・甲府圃場の収穫時期Ⅱ期の写真を示す。



図2 果試・甲府圃場の収穫期Ⅱ期の写真

(2) 醸造試験区

表8に、各圃場の醸造試験区の諸条件及び、発酵日数、最終エタノール濃度をそれぞれ示す。各醸造試験区の条件について次に示す。A~Eは甲府圃場、F~Kは果試圃場で収穫されたブドウを用いた試験区である。FとGのみボルドー液を散布した試験区で、前者は棚下散布、後者は棚上散布である。A~C及びF~Jの収穫期Ⅰ, D, E, Kは収穫期Ⅱである。A, B, Cは収量のみ異なる。D, Eは使用酵母のみ異なる。H, I, Jは醸造条件のみ異なる。

表7 甲府・果試圃場の各薬剤散布体系及び収穫時期の果汁(搾汁液)の各種成分およびブドウ粒の果皮色

圃場	薬剤散布 ボルドー液	収穫期/日	補糖量 g/L	比重	pH	総酸 g/L	酒石酸 g/L	リンゴ酸 g/L	T/M比	ブドウ糖 g/L	果糖 g/L	銅 ppm	L*	a*	b*
甲府	無散布	Ⅰ 9月12日	82	1.064	3.21	6.8	4.7	1.9	2.5	76.7	76.9	0.27	57.0	0.3	17.1
	無散布	Ⅱ 10月4日	63	1.070	3.32	5.8	3.7	1.1	3.2	82.8	85.0	0.29	49.4	7.6	16.2
果試	散布	Ⅰ 9月18日	39	1.078	3.26	6.6	3.2	2.0	1.6	83.5	84.7	5.76	40.2	14.5	10.5
	棚上散布	Ⅰ 9月18日	39	1.078	3.25	6.8	3.5	2.2	1.6	90.9	92.2	1.74	45.5	12.1	15.8
	無散布	Ⅰ 9月18日	39	1.078	3.24	6.5	3.6	2.2	1.6	88.5	89.5	0.27	45.2	13.3	14.3
	無散布	Ⅱ 10月2日	39	1.078	3.37	5.7	2.4	1.5	1.6	91.1	94.4	0.43	41.2	16.3	10.5
	無散布	Ⅱ 10月2日	39	1.078	3.37	5.7	2.4	1.5	1.6	91.1	94.4	0.43	41.2	16.3	10.5

表 8 甲府・果試圃場の各醸造試験区の諸条件及び発酵経過

NO.	圃場	ボルドー液	収穫期/日	収量	醸造条件/酵母		発酵日数	残糖	エタノール
			days	t/10a			days	g/L	vol%
A	甲府	無散布	I 9月12日	3.0	CO ₂	VL-3	27	1.9	13.1
B		無散布	I 9月12日	1.8	CO ₂	VL-3	41	5.3	13.2
C		無散布	I 9月12日	1.0	CO ₂	VL-3	21	3.9	13.0
D		無散布	II 10月4日	1.8	CO ₂	VL-3	29	3.9	12.9
E		無散布	II 10月4日	1.8	CO ₂	VL-1	29	4.2	12.9
F	果試	散布	I 9月18日	1.8	CO ₂	VL-3	55	4.1	12.7
G		棚上散布	I 9月18日	1.8	CO ₂	VL-3	49	4.3	12.7
H		無散布	I 9月18日	1.8	CO ₂	VL-3	44	4.2	12.7
I		無散布	I 9月18日	1.8	一部CO ₂	VL-3	35	4.3	12.4
J		無散布	I 9月18日	1.8	対照	VL-3	36	4.1	12.5
K		無散布	II 10月2日	1.8	CO ₂	VL-3	35	3.1	12.8
38試験区の平均							26	3.8	12.8

(3) 発酵経過

図3に、各圃場（ボルドー液無散布，収穫期Ⅰ期）の発酵中のショ糖，ブドウ糖，果糖の減少およびグリセロール，エタノールの生成をモニターすることにより発酵経過を観察した結果を示す。

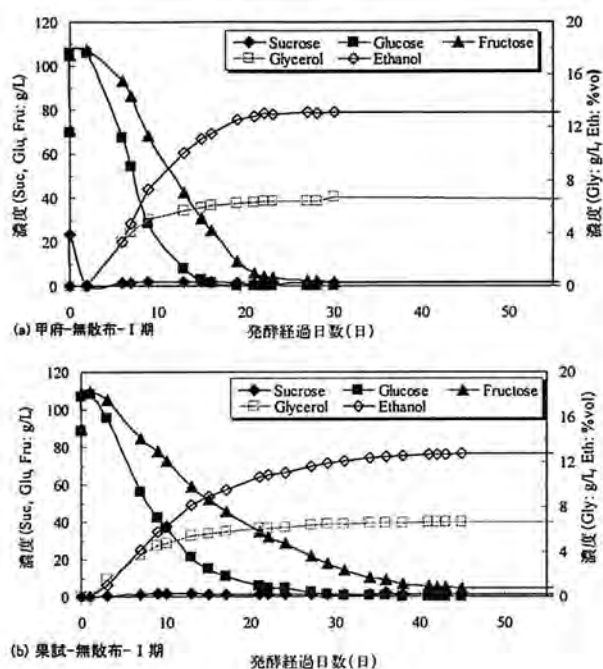


図 3 発酵経過（甲府・果試圃場，無散布，Ⅰ期）

果試圃場の各試験区では，甲府圃場と比較して，発酵初期から停止するまで発酵が緩慢に進行し，果試圃場の方が甲府圃場よりも発酵が長期化した．今年度醸造した38試験区の平均26日間と比較しても10～30日長かった（表8）．

このことから果試圃場の試験区では，ブドウ果汁中に発酵上必要不可欠な成分が欠乏している可能性が考えら

れたので，今年度醸造した38試験区の果汁成分との比較を行った．その結果，表9に示すように果試圃場のすべての試験区で果汁中の遊離アミノ酸が少なく，特にアルギニン（Arg）が他試験区よりも明らかに少ないことが判明した．そこで，38試験区の果汁の遊離アミノ酸含有量と発酵日数の関係について検討した．この結果については，3～7項に記述した．

(4) 果汁の遊離アミノ酸含有量の年度比較

表10に，各圃場の平成18年度及び平成19年度の果汁（収穫日2種）の主要遊離アミノ酸含量を示す．遊離アミノ酸総量について圃場別に年度比較すると，甲府圃場では収穫時期に寄らず平成19年度の方が約300mg/L（前年比130%）多いのに対し，果試圃場では逆に平成19年度の方が700～800mg/L（前年比60%）少なかった．このことから果汁中の遊離アミノ酸量は，収穫年により大きく変動することが示唆された．

また，総アミノ酸量に対するプロリンの比率について圃場間で比較すると，年度に依らず同じ収穫時期（ブドウの成熟度）では果試圃場の方がプロリンの比率が高かった．23圃場の果汁においても，年度に依らずプロリン比率の高い圃場と低い圃場が認められており（ブドウの成熟とともに9～10月の1ヶ月に上昇するプロリン比率よりも大きな差），この要因が樹の系統，土壌，栽培管理等のいずれにあるのかは今後の課題である．

3-3 ワインの成分（甲府・果試圃場）

表11に，各圃場で栽培されたブドウから醸造したワインの各種成分を示す．比重は0.989～0.990，エキスは1.54～2.00，残糖は1.9～5.3g/Lと，いずれの試験も比較的辛口なワインであった．発酵停止の基準として残糖約4g/Lを設定したが，発酵容器内へ酸素の侵入を極力抑制するために還元糖測定を2～3日に1回としたので±2g/Lの誤差が生じた．pHは3.03～3.33であり，い

ずれの試験区でも果汁と比較して0.1～0.2低い値となった。全フェノールは没食子酸換算で273～417mg/Lであり、収穫期Ⅱの方がⅠより含有量が多くなる傾向と、圃場間格差が認められた。総酸は5.6～7.7g/Lであり、果汁の総酸と比較すると、果汁の総酸が約6g/Lより少ない試験区では増加する傾向がみられた。有機酸6種類(クエン酸、酒石酸、リンゴ酸、コハク酸、乳酸、酢酸)の発酵前後の含有量の変化をみてみると、酒石酸が0.4

～2.9g/L減少し、コハク酸が約1g/L、乳酸が約0.2g/L、酢酸が約0.4g/L生成した。リンゴ酸は、試験区により増減の両方がみられた。総酸及び有機酸の発酵前後の増減についての考察は、3～7項(2)に記載した。銅の含有量については、果汁中で多かったボルドー液散布区を含め全ての試験区で、0.05ppm未満であり発酵中に他の成分と結合し沈殿し澱として除去されたものと推察された。

表9 甲府・果試圃場の果汁中の主要な遊離アミノ酸の含有量

圃場	ボルドー液	収量	収穫期	総アミノ酸	Pro以外	Pro	Arg	Ala	Glu	GluNH ₂					
		t/10a		mg/L	mg/L	mg/L	%	mg/L	%	mg/L	%	mg/L	%	mg/L	%
甲府	無散布	3.0	I	1117	714	403	36%	218	20%	66	6%	71	6%	95	9%
	無散布	1.8	I	1360	799	562	41%	200	15%	84	6%	95	7%	92	7%
	無散布	1.0	I	1283	756	527	41%	204	16%	78	6%	85	7%	91	7%
	無散布	1.8	II	1340	654	686	51%	182	14%	56	4%	43	3%	56	4%
果試	散布	1.8	I	962	358	603	63%	47	5%	40	4%	80	8%	26	3%
	棚上散布	1.8	I	916	358	558	61%	44	5%	40	4%	82	9%	30	3%
	無散布	1.8	I	993	437	557	56%	51	5%	52	5%	90	9%	55	6%
	無散布	1.8	II	1398	567	831	59%	62	4%	47	3%	48	3%	90	6%
38試験区の平均				1247	730	517	41%	222	18%	70	6%	60	5%	83	7%

Pro：プロリン，Arg：アルギニン，Ala：アラニン，Glu：グルタミン酸，GluNH₂：グルタミン

表10 甲府・果試圃場の果汁中の主要な遊離アミノ酸の年度比較

年度	圃場	収穫日	総アミノ酸	Pro以外	Pro		Arg		Ala		Glu		GluNH ₂	
			mg/L	mg/L	mg/L	%	mg/L	%	mg/L	%	mg/L	%	mg/L	%
2006 (H18)	甲府	9月13日	1085	692	393	36%	230	21%	89	8%	61	6%	77	7%
		9月25日	1049	568	480	46%	171	16%	67	6%	40	4%	35	3%
	果試	9月20日	1680	820	861	51%	200	12%	125	7%	102	6%	76	5%
		10月2日	2271	1012	1259	55%	212	9%	127	6%	121	5%	112	5%
2007 (H19)	甲府	9月12日	1360	799	562	41%	200	15%	84	6%	95	7%	92	7%
		10月4日	1340	654	686	51%	182	14%	56	4%	43	3%	56	4%
	果試	9月18日	993	437	557	56%	51	5%	52	5%	90	9%	55	6%
		10月2日	1398	567	831	59%	62	4%	47	3%	48	3%	90	6%

Pro：プロリン，Arg：アルギニン，Ala：アラニン，Glu：グルタミン酸，GluNH₂：グルタミン

表11 甲府・果試圃場の醸造試験区における生成ワインの各種成分

NO.	圃場	比重	アルコール	エキス	残糖	pH	全フェノール	総酸	酒石酸	リンゴ酸	コハク酸	銅
			vol %		g/L		mg/L ¹⁾	g/L ²⁾	g/L	g/L	g/L	ppm
A	甲府	0.990	13.2	2.00	1.9	3.06	273	7.0	2.7	1.3	0.9	0.05未満
B		0.990	13.2	2.00	5.3	3.09	273	6.8	2.4	1.5	1.0	0.05未満
C		0.990	13.1	1.98	3.9	3.15	319	6.8	2.5	1.5	0.9	0.05未満
D		0.990	12.9	1.93	3.9	3.11	375	7.2	2.0	1.5	1.2	0.05未満
E		0.989	13.0	1.69	4.2	3.05	333	5.6	1.9	1.4	1.1	0.05未満
F	果試	0.990	12.8	1.90	4.1	3.24	417	7.7	2.0	2.0	1.2	0.05未満
G		0.990	12.8	1.90	4.3	3.03	384	6.7	2.0	2.1	1.2	0.05未満
H		0.990	12.6	1.85	4.2	3.21	380	7.5	1.8	2.1	1.1	0.05未満
I		0.990	12.6	1.85	4.3	3.05	380	6.5	2.1	2.0	1.1	0.05未満
J		0.990	12.6	1.85	4.1	3.17	370	7.7	2.0	2.2	1.2	0.05未満
K		0.989	12.5	1.54	3.1	3.33	417	7.0	2.0	1.9	1.2	0.05未満

1) 没食子酸として，2) 酒石酸として

3-4 官能評価結果（甲府・果試圃場）

甲府・果試圃場、各薬剤散布体系で収穫期ⅠまたはⅡ期に収穫されたブドウから、いずれかの酵母（VL-1, VL-3）を使用して3種類の醸造条件（CO₂区、一部CO₂区、対照区）で醸造した各ワインの官能評価を評点法にて実施し、以下のような結果を得た。

(1) 圃場の違い

図4に圃場の違いによる官能評価結果の比較を示す。収穫期Ⅰ期（甲府：9月12日、果試：9月18日）のワインを比較した結果、いずれの項目においてもサンプル間に有意差は認められなかった。収穫期Ⅱ期（甲府：10月4日、果試：10月2日）については、果試圃場のワインが甲府圃場のワインに比較して、危険率5%で有意に柑橘様香気が強いとされた。この結果は昨年度とも一致している⁴⁾。



図4 圃場の違いによる官能評価結果の比較（Ⅱ期）

（数値は評点平均値、**は1%、*は5%危険率で各々有意差あり。）

(2) 薬剤散布体系（ボルドー液）について

果試圃場のボルドー液散布区、棚上散布区、無散布区について比較した結果、いずれの項目においてもサンプル間に有意差は認められなかった。

(3) 収穫期の違い

甲府（里吉）圃場の収穫期Ⅰ期（9月12日）とⅡ期（10月4日）のブドウから醸造されたワインについて比較した結果、いずれの項目においてもサンプル間に有意差は認められなかった。果試圃場のⅠ期（9月18日）とⅡ期（10月2日）については、Ⅱ期のワインがⅠ期に比較して、危険率5%で有意に異臭が強いとされた。

(4) 酵母の違い

VL-1を使用したワインが、VL-3のワインと比較して、危険率5%で有意に酵母臭と異臭が強いとされた。

但し、今年度醸造した38試験区のワインのうち、VL-1を使用したものの中にはVL-3と比べて果実香、柑橘様香気、花様香気、蜂蜜様香気が強く、けむり・ほこりのにおい、薬品のにおい、酵母臭、異臭が弱く、香りの質が良いと評価されたワインもあり、今後さらに試験区を増やして比較検討する必要がある。

(5) 炭酸ガス量の違い

破碎除梗時の液体炭酸ガスの有無について、炭酸ガス中で行った場合が大気中に比べ、危険率5%で有意に香りが強いとされた。香りの質については、危険率1%で、CO₂区が一部CO₂区および対照区に比べ有意に良い、とされた。この結果は昨年度とも一致している⁴⁾。

(7) 全体として

官能評価の結果、ボルドー液散布・低散布・無散布の違いは認められなかった。醸造条件については破碎除梗時に液体炭酸ガスを利用することで香りの質がよくなると考えられた。

3-5 香気成分分析結果（甲府・果試圃場）

表12に、各圃場で栽培されたブドウから醸造したワインの各種香気成分（発酵由来のエステルおよびフェノール）を示す。圃場別に比較すると、全体として甲府圃場の方が、果試圃場よりもエステル成分が多い傾向を示した。同じ搾汁液を2分してVL-3（POF+）またはVL-1（POF-）を添加して醸造したDとEを比較すると、POF活性がネガティブなEでは4VGが微量、4VPが不検出と、明らかにフェノール類の生成抑制が認められた。また、Eの方が全体としてエステル類の含有量が多かった。なお、香気成分と遊離アミノ酸の関係について、3-7項(8)に示した。

3-6 平成18年度試験醸造ワインの香気成分分析について（甲府・果試圃場）

平成18年度に試験醸造したワインについて、昨年度の研究報告書⁴⁾で発酵経過と香りの官能評価について示した。今年度は、その中で比較的评价の高かった果試圃場のボルドー液無散布・CO₂処理区に着目し、同試験区の収穫期1～3期（収穫日：9月11日、9月20日、10月2日）のワインに含まれる微量香気成分を有機溶媒を用いて抽出・濃縮し、GC/O分析およびGC/MS分析、GC-FPD分析を行い香りの強度（寄与）および濃度の側面から検討を加えた。

AEDA法を用いたGC/O分析結果を表13に示す。FDファクターが4以上を示したにおいピークについて掲載した。FDファクターは、その数値が大きいほど、そのピーク（におい物質）のワイン香気への寄与が大きいことを示唆している。

表12 甲府・果試圃場の醸造試験区における生成ワインの香気成分

NO.	圃場	IA	HA	EC6	EC8	EC10	4VG	4VP
		$\mu\text{g/L}$	$\mu\text{g/L}$	$\mu\text{g/L}$	$\mu\text{g/L}$	$\mu\text{g/L}$	$\mu\text{g/L}$	$\mu\text{g/L}$
A	甲府	646	29	654	494	159	534	202
B		435	27	436	496	241	514	156
C		807	53	806	634	100	550	140
D		506	6	373	308	182	843	603
E		795	24	428	380	210	24	N.D.
F	果試	289	8	207	183	122	459	297
G		309	8	223	202	156	451	303
H		335	8	237	254	187	577	406
I		405	12	326	323	205	594	411
J		372	10	245	210	151	572	421
K		559	35	494	624	541	874	1210

※IA：酢酸イソアミル，HA：酢酸ヘキシル，EC6：カプロン酸エチル，EC8：カプリル酸エチル，
EC10：カプリン酸エチル，4VG：4-ビニルグアイアコール，4VP：4-ビニルフェノール

※N.D.：不検出

表13 平成18年度収穫のブドウを用いたワインの*GC/O分析結果

No	RI**	においかぎ口でのにおい	FDファクター			推定化合物
			1期	2期	3期	
1	732	イースト臭、酸臭	1024	1024	1024	3-methylbutanol
2	873	果実様、バナナ様	16	4	4	3-methylbutyl acetate
3	982	ジャガイモ、味噌様	16	4	16	3-(methylthio)-1-propanol
4	1003	果実様	16	16	64	ethyl hexanoate
5	1109	バラ様	256	1024	256	2-phenylethanol
6	1143	草様、柑橘様	1	16	16	3-mercapto-1-hexanol
7	1162	甘い、カラメル、黒砂糖	1	1	4	sotolon
8	1175	甘い	1	4	4	
9	1231	カビ、薬品臭	1	4	4	4-vinylphenol
10	1311	カビ、けむりくさい、お香	16	64	64	2-methoxy-4-vinylphenol
11	1347	果実様、甘い	1	4	16	
12	1380	蜂蜜、煮リンゴ様	16	16	64	β -damascenone
13	1400	甘い、バニラ様	1	4	16	vanillin
14	1462	果実様、甘い	1	4	16	
15	1745	カビ、汗臭	1	4	64	1H-indole-3-ethanol

*果樹試験場、ボルドー液無処理区、炭酸ガス処理

**RI (Retention Index) はDB-5カラムにおける数値である。

その結果、1期に比較して2期と3期のワインの方が、全体的にFDファクターが高く、特に甘い香りのFDファクターが高い傾向にあった。2期と3期は類似していた。

図5に平成18年度試験醸造ワインの官能評価結果を示す。2007年2月に行われたワインの官能評価では、果試圃場2期のワインが、同1期より香り、果実香、柑橘様香気、花様香気、蜂蜜様香気が強いとされ、また、3期のワインは1期より香り、果実香、柑橘様香気が強いと判定されており⁴⁾、GC/O分析の結果と共通点が見られた。

図6に、官能評価結果（柑橘様香、けほこり・けむ

りのにおい）およびGC/MS・GC-FPD分析による香気成分量（4VG及び3MH）をそれぞれ示す。糖度・酸度について、ブドウの成熟に伴い糖度は徐々に上昇、酸度は徐々に減少する傾向がみられた。「柑橘様香気」の強さについては、9月20日に強さのピークがみられた。「柑橘様香気」の主成分である3MHの含有量を測定した結果、9月20日が563ng/Lと最も多く、官能評価と一致した傾向を示した。同様な傾向は「果実香」や「花様香気」やそれらの主成分であるエステル類等にもみられた。一方、「けむり・ほこりのにおい」については、主成分である4VGの含有量がブドウの成熟とともに2,300 $\mu\text{g/L}$ まで単調に増加し9月20日以降は閾値の

約440 $\mu\text{g/L}$ を大きく越えていたが、官能評価では9月11日より香りが弱い評価となった。この要因としては、9月20日以降に3MHをはじめ「果実香」、「花様香氣」等のかおりが増加し、4VGのにおいがマスキングされたものと推察される。

香氣成分の分析では、ヒトが感じる官能的な強さと客観的な定量値である濃度の双方を併せて検討することが重要であることが確認された。

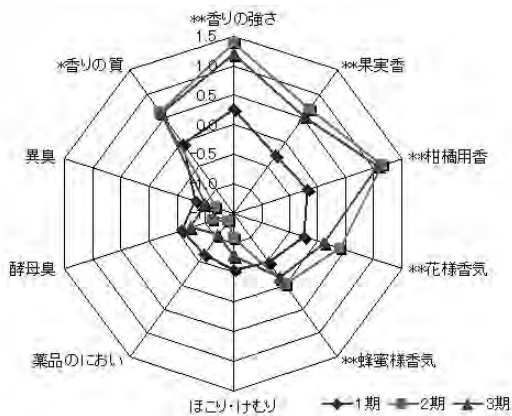
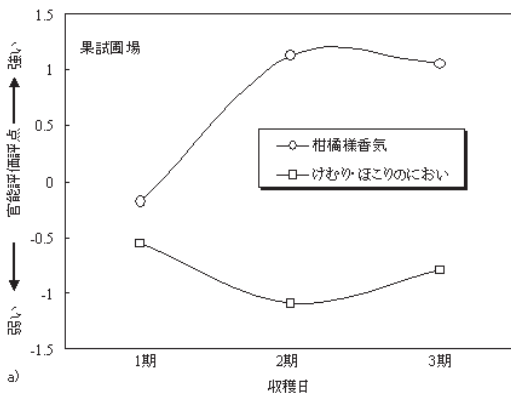
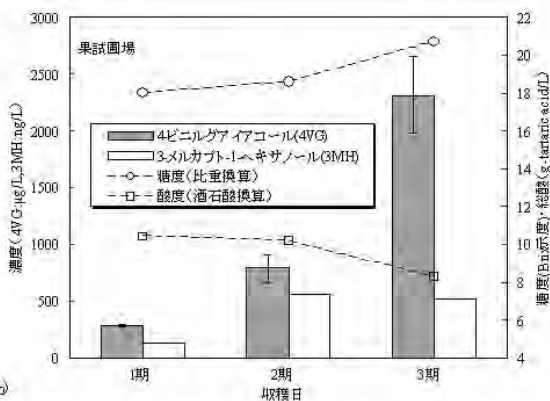


図5 平成18年度試験醸造ワインの官能評価結果
(果試圃場、ボルドー液無散布区)



a)



b)

図6 果汁の糖度・総酸、ワインの香りの強さおよび香氣成分の濃度 (平成18年度試験醸造)

3-7 23圃場、38試験区の果汁およびワイン

表14～表16に、今年度ワインセンターで試験醸造した23圃場、38試験区の果実、果汁、ワインの各種分析結果 (平均値, 最大値, 最小値, 標準偏差) をそれぞれ示す。

(1) 薬剤散布体系と果汁中の銅含有量

図7に、38試験区の薬剤散布体系 (ボルドー液の散布有無) と果汁中の銅含有量について示す。薬剤散布体系別の銅含有量は、それぞれ0.20～0.78ppm (ボルドー液無散布), 0.32～5.99ppm (ボルドー液散布) であった。ボルドー液散布区では、10倍以上の圃場間格差が認められた。これはボルドーの散布量, 散布回数, 散布時期, 散布方法 (棚上, 棚下等) などの薬剤散布体系の違いにより、果房 (主に果皮) の銅付着量が異なり、果汁中の含有量に差異が生じたものと推測された。一方、ワインに残留した銅含有量は、すべての試験区で0.15ppm未満と少量であり大部分は澱として除去されたものと考えられる。

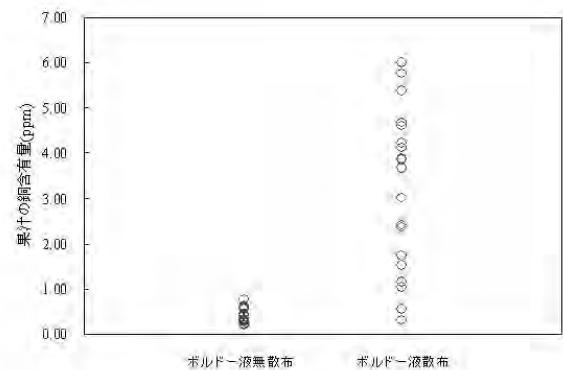


図7 薬剤散布体系と果汁中の銅含有量

ワインの官能評価において柑橘様香氣が最も強いと評価され、ワイン中の3MH含有量も約500ng/Lと38試験区の中で最も高かった試験区NO.20は、ボルドー液散布区であった。3MHは銅と容易に結合し香らなくなるため、NO.20の果汁中の銅は少ないことが予想された。そこで果汁中の銅含有量を他のボルドー液散布区と比較したところ、NO.20の果汁中の銅含有量は0.32ppmとボルドー液散布区の中で最も低く、ボルドー無散布区と同程度であった。これらのことから、生育期間中にボルドー液を散布したとしても果汁 (搾汁液) 中の銅含有量が少なければ3MHの香氣生成には影響はなく、ボルドー液の散布体系 (時期・回数・方法等) を工夫することにより果汁中の銅含有量 (果房の付着量) を減少させる可能性が示唆された。但し、1試験区のみ結果であるので、今後もデータを蓄積し確認していく。

表14 38試験区の果実の各種分析結果

23圃場・38試験区		平均	最大	最小	標準偏差
房長 (cm)	タテ	18.4	27.3	13.2	2.3
	ヨコ	7.9	9.7	5.9	0.8
房重 (g/房)		309.4	390.0	155.0	54.6
粒長 (mm)	タテ	20.2	22.1	13.8	1.4
	ヨコ	18.4	19.9	13.6	1.2
粒重 (g/粒)		4.7	5.7	1.9	0.7
着粒数 (粒/房)		66.8	138.4	43.0	15.6
果皮色	L*	45.4	58.9	37.0	4.0
	a*	11.7	19.0	-4.3	4.7
	b*	13.4	23.7	6.4	3.2
種数 (個/粒)		2.2	2.8	0.0	0.5

表15 38試験区の果汁の各種分析結果

23圃場・38試験区		平均	最大	最小	標準偏差
比重		1.067	1.078	1.060	0.006
糖度 (Brix示度)		16.3	19.2	14.5	1.4
総酸 ¹⁾ (g/L)		6.8	9.5	5.2	0.8
pH		3.29	3.53	3.14	0.08
クエン酸 (g/L)		0.7	0.8	0.5	0.1
酒石酸 (g/L)		3.5	5.6	2.3	0.8
リンゴ酸 (g/L)		1.8	3.8	0.8	0.5
ブドウ糖 (g/L)		75.8	91.1	63.7	7.8
果糖 (g/L)		78.1	94.4	65.4	7.8
銅 (ppm)		1.8	6.0	0.2	1.8

1) 酒石酸として

表16 38試験区のワインの各種分析結果

23圃場・38試験場		平均	最大	最小	標準偏差
発酵日数 (日)		26	55	12	9.2
比重		0.990	0.996	0.988	0.002
アルコール (vol%)		12.9	13.6	11.9	0.4
エキス		1.9	3.2	1.4	0.4
総酸 ¹⁾ (g/L)		6.8	8.5	5.6	0.7
pH		3.15	3.46	3.01	0.10
色調 (ABS) 430nm		0.038	0.064	0.026	0.010
530nm		0.009	0.020	0.005	0.003
全フェノール ²⁾ (mg/L)		399	659	273	87
クエン酸 (g/L)		0.7	0.8	0.5	0.1
酒石酸 (g/L)		2.1	3.0	1.3	0.3
リンゴ酸 (g/L)		1.8	3.0	1.2	0.4
コハク酸 (g/L)		1.0	1.2	0.9	0.1
乳酸 (g/L)		0.3	0.4	0.3	0.0
酢酸 (g/L)		0.3	0.5	0.2	0.1
ブドウ糖 (g/L)		0.0	0.6	0.0	0.1
果糖 (g/L)		3.8	14.8	0.6	2.7
グリセリン (g/L)		6.5	7.1	6.0	0.3
銅 (ppm)		0.03	0.15	0.00	0.03

1) 酒石酸として

2) 没食子酸として

(2) 総酸および有機酸組成の発酵前後の変化

38試験区の果汁およびワイン中の総酸および酸成分の大部分を占める脂肪族有機酸（6種類）を測定し、発酵前後の総酸および有機酸組成の変化を調べた。なお、以下の文章中または図中の記述「△○○（ワインー果汁）」（○○は、総酸やクエン酸など）は、発酵前後の○○成分の変化量（ワイン中の含有量から果汁中の含有量を引き算）を意味する。

表15及び16に示すように、果汁およびワインの総酸の平均値はいずれも6.8g/Lであったが、最大値と最小値の差はワインの方が小さかったことから、果汁の総酸量と△総酸（ワインー果汁）の相関を求めたところ単相関係数 $r = -0.5930$ （危険率0.1%で有意）と負のやや強い相関を認められた。果汁の総酸が多い場合（7.8g/L以上）には発酵中に減少、少ない場合（6.2g/L以下）には増加する傾向がみられた。

6種類の有機酸のうち、果汁ではクエン酸、酒石酸、リンゴ酸が、ワインではクエン酸、酒石酸、リンゴ酸、コハク酸、乳酸、酢酸がそれぞれ検出された。

クエン酸は、発酵前後で平均値、最大、最小のいずれもほとんど変化がなかった（△クエン酸（ワインー果汁） $= -0.1 \sim 0.1$ g/L、標準偏差0.0g/L）。

酒石酸は、発酵前後で平均値が3.5g/Lから2.1g/Lへと約1g/L減少し、最大値と最小値の差および標準偏差も小さくなった。果汁の酒石酸量と△酒石酸（ワインー果汁）の相関を求めたところ、図8に示すように単相関係数 $r = -0.9208$ （危険率0.1%で有意）と負の強い相関を認められ、果汁の酒石酸量が多いほど発酵中に多く減少する傾向がみられた。

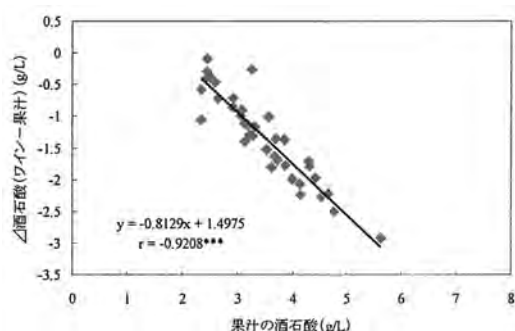


図8 38試験区の果汁の酒石酸と△酒石酸

リンゴ酸の平均値は、いずれも1.8g/Lであったが、最大値と最小値の差はワインの方が小さかった。そこで、果汁のリンゴ酸量と△リンゴ酸（ワインー果汁）の相関を求めたところ、図9で示すように単相関係数 $r = -0.8086$ （危険率0.1%で有意）と負の強い相関が認められたが、果汁のリンゴ酸量1.8g/Lを境に、これより多い場合には発酵中に減少する傾向が、逆に少ない場合には発酵中に増加する傾向がみられた。

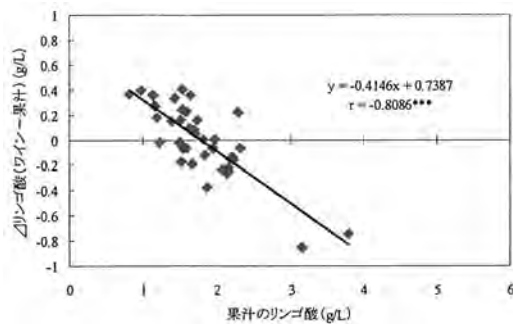


図9 38試験区の果汁のリンゴ酸と△リンゴ酸

コハク酸、乳酸、酢酸は、果汁には存在せず、発酵中に酵母の代謝により生成される有機酸である。ワイン中のコハク酸、乳酸、酢酸の平均値は、それぞれ1.0g/L、0.3g/L、0.3g/Lであり、最大値と最小値の差はいずれも±0.2以内と試験区間でほとんど差異は認められなかった。これらの有機酸は、酵母の代謝系で一定の濃度に制御されているものと推察された。

果汁中の有機酸の和と△有機酸の和（ワインー果汁）の相関を求めたところ、図10で示すように単相関係数 $r = -0.9287$ （危険率0.1%で有意）と負の強い相関を認められ、果汁の有機酸の和が6.4g/L前後を境に、これより多い場合には発酵中に減少、少ない場合には増加した。

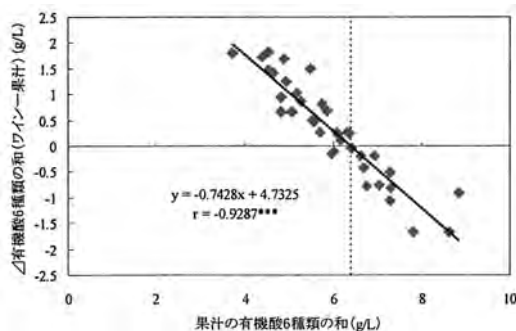
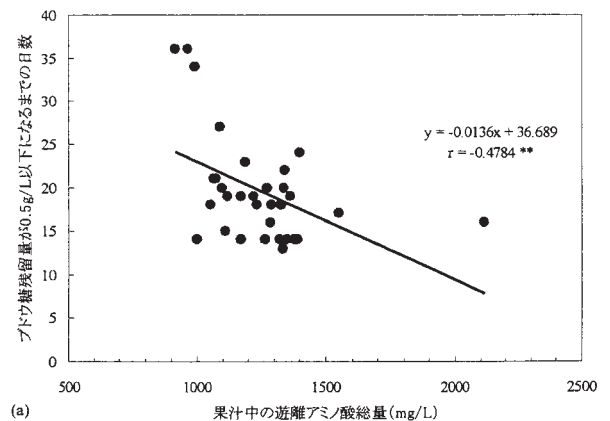


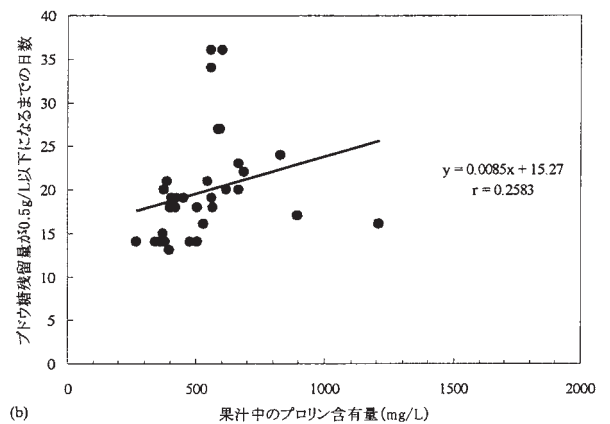
図10 38試験区の果汁の有機酸6種と△有機酸6種

(3) 果汁の遊離アミノ酸含有量と発酵日数の関係

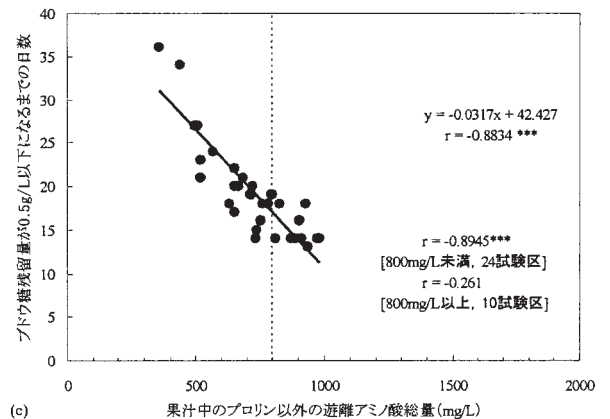
検討に先立ち、各試験区の糖類の発酵経過を見直したところ、順調に還元糖が4 g/Lまで減少し発酵停止となった試験区と、還元糖が7 g/Lまで減少したところで減少速度が緩慢になり結果として発酵日数が長くなった試験区の2種類が認められた。両者の発酵経過の違いを調べたところ、発酵中に優先的に減少するブドウ糖は両者とも順調に減少していたが（減少速度は試験区により異なる）、果糖は前者は順調（1日当たり1 g/L以上の減少速度）に4 g/L以下まで減少したのに対し、後者では6 g/L前後で減少速度が急に低下（1日当たり0.2g/L程度）していた。また、後者ではブドウ糖がほぼゼロになった



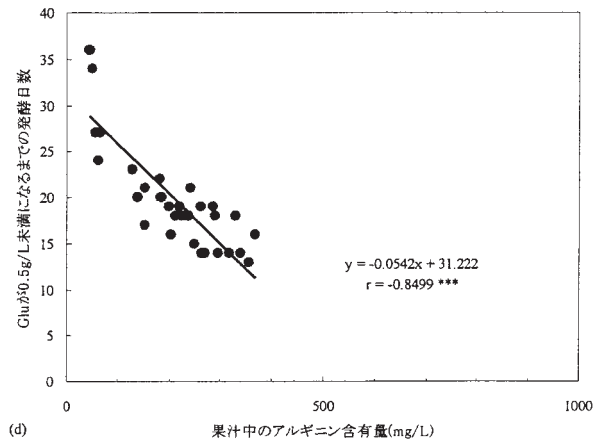
(a)



(b)



(c)



(d)

図11 34試験区の果汁のアミノ酸と発酵日数

時点で既に前者よりもアルコール度数が高くなっており、より多くの果糖が残った段階で発酵が弱まったものと推測された。そこで、すべての試験区で同一条件で計れるブドウ糖の残留量が0.5g/L以下になるまでの発酵日数（以下、Glu日数）と、果汁の遊離アミノ酸含有量の関係を調べた結果を図11に示す。なお、38試験区のうち4試験区は発酵経過の分析頻度が少なくGlu日数を求められなかったため除外した。

まず、34試験区の果汁のアミノ酸総量とGlu日数の相関を求めたところ、図11 (a) で示すように単相関係数 $r = -0.4784$ (*危険率1%で有意) とやや強い負の相関が認められた。そこで、最も含有比率の高いアミノ酸であるプロリンとGlu日数の相関を求めたが、図11 (b) で示すように単相関係数 $r = 0.2583$ と強い相関は認められなかった。これは酵母が発酵中にプロリンを消費できないためであると考え、発酵中に消費できるプロリン以外の遊離アミノ酸総量とGlu日数の相関を求めた。その結果、図11 (c) で示すように単相関係数 $r = -0.8834$ (危険率0.1%で有意) と強い負の相関が認められ、プロリン以外の遊離アミノ酸総量が多いほど発酵が速やかに進行することが明らかになった。また、プロリン以外の遊離アミノ酸総量が600~800mg/Lを境にそれ以上の試験区では、発酵日数との相関は低くなり(800mg/L以上の10試験区の単相関係数は、 $r = -0.261$)、Glu日数は15日前後であった。なお、果樹圃場で含有量の少なかったアルギニンとGlu日数の相関についても、図11 (d) で示すように単相関係数 $r = -0.8499$ (危険率0.1%で有意) と強い負の相関が認められた。なお、プロリン以外の遊離アミノ酸総量の比較的多かった試験区はNO.20, NO.31, NO.25, NO.32, NO.23 (多い順, 910mg/L以上) であり、比較적少なかった試験区はK 6,

K 7, K 8, K10, K 9 (少ない順, 510mg/L以下) であった。

以上のことから、34試験区のうち24試験区(23圃場のうち14圃場)で窒素欠乏により発酵が遅延していたことが示唆された。一方、果汁中のプロリン以外の遊離アミノ酸が600~800mg/Lを境にそれ以上の試験区では、順調に発酵が進行していたものと考えられた。

窒素欠乏による遅延のないアルコール発酵を行うためには、ブドウ果汁中の酵母が消費できるプロリン以外の遊離アミノ酸総量を十分含有する原料ブドウを用いることが重要であり、今後も継続して県内各地域の圃場で栽培されたブドウ果汁中の遊離アミノ酸分析を実施し、プロリン以外の遊離アミノ酸量が多い圃場に共通する条件を特定したい。また、併せて発酵助剤の使用有無についても検討したい。

(5) ワイン中のフェニルプロパノイドについて

本実験ではワイン中のフェニルプロパノイドを短時間で測定するにあたり新たなHPLC測定法を開発した。この結果、各化合物とも明瞭かつ比較的短時間で測定できることがわかった。

本方法で行った各ワインのフェニルプロパノイド量の結果は図12に示す。

(6) 官能評価

図13に、38試験区のワインの官能評価結果(一部)を示す。棒グラフは、39人の審査員のうち無回答を除いた評価点の平均値(評点平均値)である。評価点が大いほど、香りが強く(項目①)、香りの質が高い(項目⑩)ことをそれぞれ示す。また、表17に各項目の評点の高かった3試験区(1, 2, 3位)および低かった

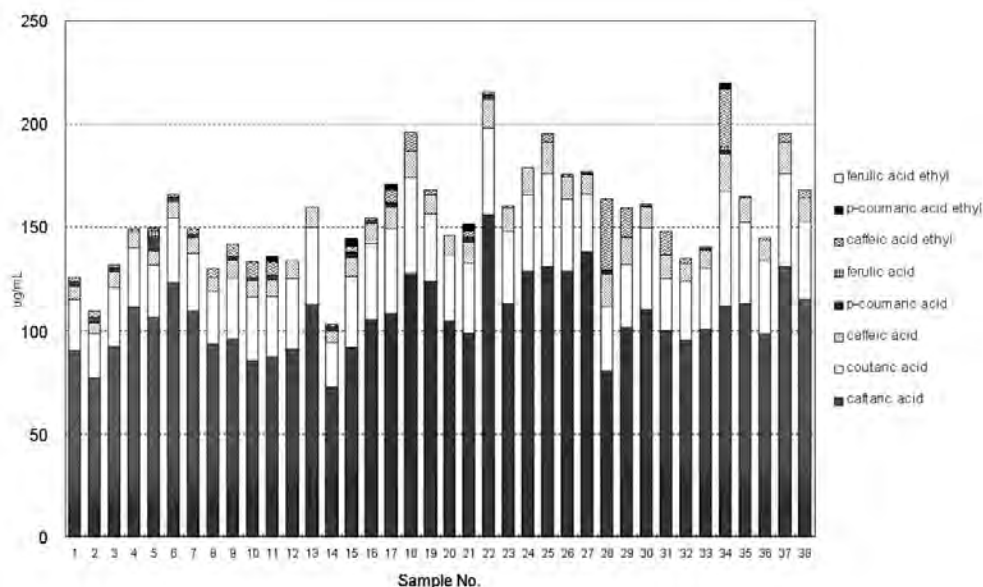


図12 各ワインのフェニルプロパノイド量 (mg/mL)

3 試験区 (36, 37, 38位), 中間 (19位) をそれぞれ示す。

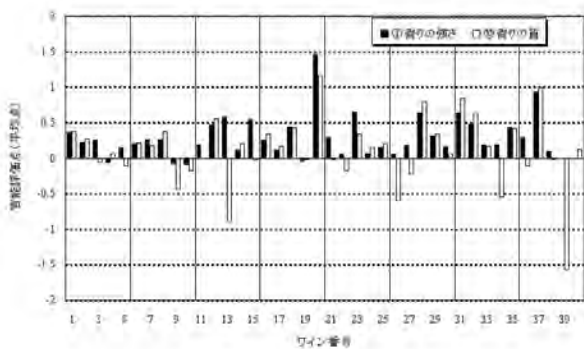


図13 38試験区の香りの官能評価結果 (強さ・質)

表17 38試験区の香りの官能評価結果 (強さ・質)

順位	1位	2位	3位	19位	36位	37位	38位
①香りの強さ	20	37	23	3	4	9	10
②果実香	20	37	28	2	26	34	13
③柑橘様香気	20	31	28	15	26	13	34
④花様香気	37	20	35	6	34	26	13
⑤蜂蜜様香気 (甘い香り)	37	36	30	8	10	26	13
⑥ほこり・けむりのにおい	13	34	26	4	20	31	37
⑦薬品のにおい	13	9	34	2	20	37	31
⑧酵母臭	13	26	5	7	31	37	35
⑨異臭	13	26	9	12	31	32	37
⑩香りの質	20	37	31	17	34	26	13

評価平均値について t 検定による有意差検定を行った結果の一部を示す。項目①「香りの強さ」について、最も評点の高かったNO.20は、2位のNO.37に対して危

険率1%で有意に香りが強く、3位のNO.23に対して危険率0.1%で有意に香りが強いとされた。また、3位のNO.23と19位のNO.3には有意差認められなかったが、NO.23と20位のNO.2とは危険率5%で有意差が認められた。項目⑩「香りの質」について、最も評点の高かったNO.20は、2位のNO.37および3位のNO.31、4位のNO.28に対して有意差は認められなかったが、5位のNO.32に対しては危険率5%で、19位のNO.17に対しては危険率0.1%で有意に香りの質が高いとされた。また、3位のNO.31と19位のNO.17とは危険率0.1%で、4位のNO.28とNO.17とは危険率1%で、5位のNO.32とNO.17とは危険率5%でそれぞれ有意差が認められた。

全体としては、NO.20, NO.37, NO.31, NO.28等が比較的良好な評価を、一方NO.13, NO.26, NO.34, NO.9等が比較的に悪い評価を受けた。

(7) 香気成分分析

(i) ヘッドスペース (HS) -GC/MS分析法

図14に、5種類のエステル類 (IS, HA, EC6, EC8, EC10) について、38試験区のワイン中の濃度を示す。試験区間で明らかに濃度差 (5成分の総和: 0.8~5.3mg/L) が認められた。また、1成分の濃度が高い試験区では、他の4成分も高い傾向がみられた。そこで、各エステル類同士の相関を求めたところ、表18に示すように、いずれも強い正の相関が認められ、特にアセチル基をもつもの同士や炭素鎖が6本同士、本数が近い同士 (6本と8本, 8本と10本) では0.8以上であった。

(ii) HPLC-UV分析法

図15 (a) に4VGとその前駆体であるフェルラ酸, (b)

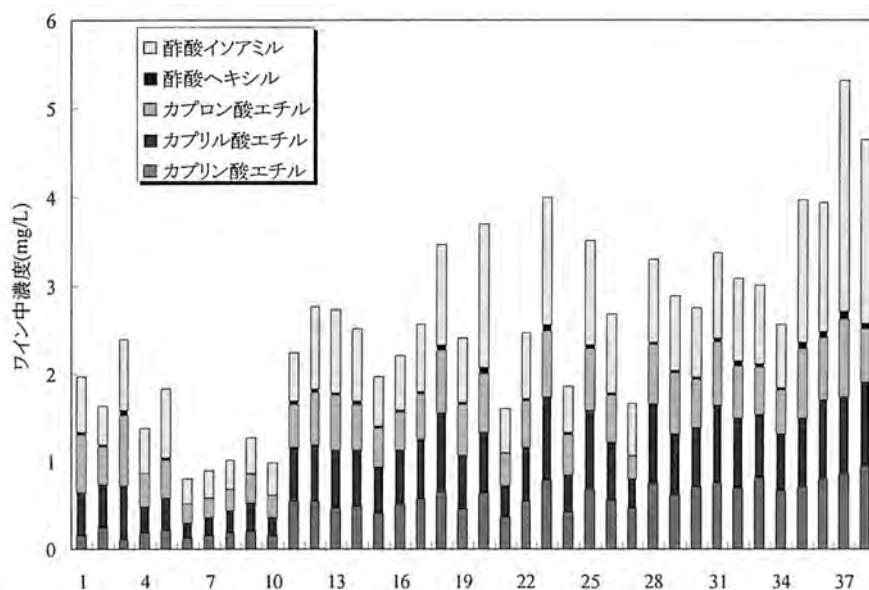


図14 38試験区のワインの香気成分濃度 (エステル類5種)

表18 38試験区のワイン中のエステル化合物同士の相関

相関係数	酢酸ヘキシル	カプロン酸エチル	カプリル酸エチル	カプリン酸エチル
酢酸イソアミル	0.890***	0.763***	0.750***	0.734***
酢酸ヘキシル		0.879***	0.831***	0.713***
カプロン酸エチル			0.876***	0.642***
カプリル酸エチル				0.874***

に4VPとその前駆体であるp-クマル酸について、38試験区のワイン中の濃度を示す。POF活性のネガティブな酵母VL-1を使用した試験区 (NO.5, NO.37, NO.38) では、POF活性がポジティブな酵母VL-3を使用した他の試験区と比較して、明らかな違いが認められた。すなわち、フェルラ酸およびp-クマル酸の脱炭酸が起こらなかった結果、4VGは20 $\mu\text{g/L}$ 以下、4VPは検出限界 (5 $\mu\text{g/L}$ 未満) と極微量であり、一方フェルラ酸およびp-クマル酸は1.3~1.8mg/Lと2~3倍含まれていた。

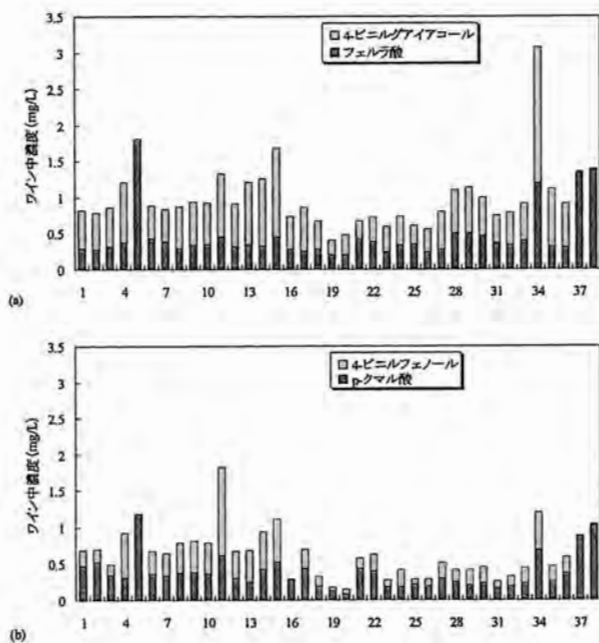


図15 38試験区のワインの香気成分 (フェノール類) 及びその前駆体の濃度

また、官能評価で香りの質が高いと評価されたNO.20やNO.37では、4VG及び4VPのいずれも低い濃度であった。一方、「ほこり・けむりのにおい」が他の試験区と比べて強いと評価されたNO.34は、4-ビニルグアイアコールおよびその前駆体のフェルラ酸の濃度が他と比べて明らかに多く官能評価と一致した。同様に「ほこり・けむりのにおい」および「薬品のにおい」が他の試験区と比べて強いと評価されたNO.13や26では、フェノール類の濃度に有意差は認められなかったが、「酵母臭」や「異臭」も強く他に好ましくない香気成分があったものと推察された。

(8) 遊離アミノ酸含有量と香気成分の関係

表19に、38試験区のワイン中の香気成分量 (酵母が関与する2種類のフェノレ物質及び5種類のエステル類) と果汁中のプロリン以外の遊離アミノ酸総量との相関をそれぞれ示す。このうちEC6との相関図を図16に示す。

4VG及び4VPとの間にはほとんど相関は認められなかったが、酢酸イソアミル、酢酸ヘキシル、カプロン酸エチル、カプリル酸エチル、カプリン酸エチルとは0.1%の危険率で強い正の相関 ($r=0.659\sim0.838$) が認められた。このことから果汁中のプロリン以外の遊離アミノ酸が、エステル類の生成に関与していることが示唆された。エステル類の生成経路については、ロイシン等のアミノ酸の脱アミノ、脱炭酸 (エールリッヒ経路) や糖質からアミノ酸が生合成される経路の中間代謝産物であるケト酸のオーバーフローからの生成が報告されている⁷⁾。以上のことから、果汁中のプロリン以外の遊離アミノ酸香気成分生成の点においても重要であることが明らかとなった。

表19 38試験区の果汁中アミノ酸とワイン香気成分

相関係数	プロリン以外のアミノ酸総量
4-ビニルグアイアコール	0.070
4-ビニルフェノール	-0.326
酢酸イソアミル	0.659***
酢酸ヘキシル	0.753***
カプロン酸エチル	0.743***
カプリル酸エチル	0.838***
カプリン酸エチル	0.717***

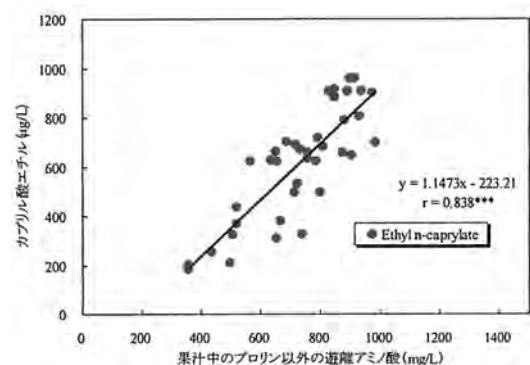


図16 38試験区のワインの香気成分と果汁中のプロリン以外のアミノ酸

4. 結 言

甲府圃場及び果試圃場の2圃場において、圃場、薬剤散布体系（ボルドー液）、収穫時期、醸造条件（液化炭酸ガス）、酵母（POF活性）の違いが、果実・果汁・ワインの品質およびワインの香気成分に及ぼす影響について検討した。また、山梨県内23圃場で栽培された甲州種ブドウから38種類のワインを醸成し、圃場の違いが果汁およびワインの各種成分、ワインの香気について比較検討した。

<甲府・果試圃場>

糖・酸の推移は、8月末時点で甲府圃場では昨年並み、果試圃場では半週早かったが、収穫時の糖度は甲府圃場で約16度、果試圃場で約19度と過去2ヵ年の結果と同様に果試圃場の方が高かった。収穫時の果房の着色は、Ⅰ期、Ⅱ期ともに果試圃場の方が赤味が濃かった。

果実の成熟に伴い糖度は上昇し酸含量は低下したが、ボルドー液散布の有無による糖度・酸含量への影響は認められなかったが、ボルドー液無散布の体系では葉の病害の発生が多かった。棚上散布では、棚下散布と比較して搾汁液中の銅含有量を低減できた。果汁中の総酸量は、Ⅰ期、Ⅱ期とも、両圃場で差異はなかったが、主要成分である酒石酸とリンゴ酸の比率（T/M比）は甲府圃場の方が高かった。

発酵中の糖類の減少及びエタノールの生成により発酵経過をモニターした結果、果試圃場の方が発酵速度が遅く、発酵日数も長期化した。果汁成分を調べたところ、果試圃場の試験区では遊離アミノ酸（特にアルギニン）が少なく（前年比60%）、発酵遅延の要因と示唆された。銅含有量は薬剤散布体系に依らず0.05ppm未満と発酵中に減少した。ワイン中の全フェノール量及びフェノレ成分（4VP, 4VG）は、POF活性の無い酵母（VL-1）を使用した試験区では、POF活性のある酵母（VL-3）と比較して明らかに少なかった。官能評価より、薬剤散布体系による有意差は認めず、仕込み時に液体炭酸ガスを使用した試験区では香りの質が有意に良いとされた。

<38試験区の比較>

果汁中の銅含有量は、薬剤散布体系により大きく異なり、ボルドー液散布区では無散布区並みに低い試験区（約0.3ppm）から約6ppmまで幅広かった。また、生育期間中にボルドー液を散布したとしても果汁（搾汁液）中の銅含有量が少なければ3MHの香気生成には影響はなく、ボルドー液の散布体系（時期・回数・方法等）を工夫することにより果汁中の銅含有量（果房の付着量）を減少させる可能性を示唆された。

果汁及びワイン中の総酸の比較から、果汁中の総酸が多い場合には発酵中に減少、少ない場合には増加することが明らかになった。主要成分である脂肪族有機酸量を比較した結果、酒石酸は果汁中の含有量が多いほど多

く減少したが、リンゴ酸は1.8g/L（果汁中）を境に増減が分かれ、多い場合には減少、少ない場合には増加した。また、発酵中に生成するコハク酸、乳酸、酢酸は、ほぼ一定値であった。

果汁中のプロリン以外の遊離アミノ酸量と発酵日数の相関を求めたところ、強い負の相関が認められ、窒素欠乏により発酵が遅延していたことが示唆された。また、資化性アミノ酸が600～800mg/L以上の試験区では、発酵日数との相関は低く、順調に発酵が進行していた。また、果汁中のプロリン以外の遊離アミノ酸量とワイン中の香気成分量の相関を求めたところ、果実様の香気をもつエステル類と強い正の相関が認められた。これらのエステル類を多く含む試験区のワインは、官能評価で良い評価を受けていた。これらのことから甲州種ワインの中には、果汁中のプロリン以外の遊離アミノ酸が酵母の増殖に対して量的に十分ではなく、結果として発酵速度や香気生成に影響を及ぼし、ワインの品質に影響を与える可能性が示唆された。

5. 謝 辞

本研究を遂行するにあたり、多大なるご助言をいただいたボルドー第2大学醸造学部の高永敬俊博士に心より感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 中込一憲・小林和司・齊藤典義・三森真里子・古屋 栄：山梨県総合理工学研究機構，Vol.1, P.55 (2006)
- 2) 樋川芳仁・飯野修一・中山忠博・荻野 敏：山梨県総合理工学研究機構，Vol.1, P.59 (2006)
- 3) 時友裕紀子：山梨県総合理工学研究機構，Vol.1, P.63 (2006)
- 4) 小松正和・飯野修一・中山忠博・上垣良信・中込一憲・齊藤典義・時友裕紀子・上野 昇：山梨県総合理工学研究機構，Vol.2, P.43 (2007)
- 5) 葡萄酒醸造法：山梨県工業技術センター，P.91 (2000)
- 6) Claudia Barbara Fretz, Jean-Luc Luisier, Takatoshi Tominaga, Renato Amado: Am. J. Enol. Vitic., Vol.56, P.407 (2005)
- 7) ワイン学：産業調査会，P.99 (1998)

農林水産物の鳥獣類被害に対する 防除対策の研究

農林水産物の鳥獣類被害に対する防除対策の研究 ニホンジカによる樹木への食害

森林総合研究所
長池 卓男

Studies for Controlling the Damage of Agricultural Products by Wildlife Debarking by Sika Deer (*Cervus nippon*)

Yamanashi Forest Research Institute
Takuo NAGAIKE

要 約

新植地におけるニホンジカによる食害の新たな防除方法を検討するために、下刈り高を高くすることによってニホンジカによる食害が軽減効果を調査した。2007年にヒノキ人工林に設定した調査区において、2008年3月に新たな食害の発生と、下刈り高を高くしたことによって懸念される植栽木の成長量を把握した。剥皮面積は、下刈り高に関わらずすべての調査区で増加していた。直径成長には下刈り高の違いによる差異は見られず、下刈り高を高くすることによる成長阻害は確認されなかった。したがって、下刈り高をかえることによるニホンジカによる剥皮害の防除は、今回の結果からはその効果が小さいことが明らかとなった。したがって、他の防除法による対策を考える必要がある。

Abstract

To develop a new method controlling the debarking of newly planted trees by sika deer (*Cervus nippon*), I examined the effects of increased height of weeding on debarking in young hinoki (*Chamaecyparis obtusa*) plantations. Debarked area was increased from 2006 to 2008, regardless of height of weeding. I found no effects of increased height of weeding on tree diameter growth. Since increased height of weeding has no significant effect on controlling of debarking, I should develop other methods.

1. 緒 言

新植地におけるニホンジカによる食害が顕在化して久しい。山梨県特定鳥獣（ニホンジカ）保護管理計画（山梨県、2006）では、地域個体群の存続、森林の生物多様性の保全、および農林業被害の軽減のために、個体数調整とともに被害防除に努めることを求めている。被害防除には、対象林分を防除柵およびネットで囲うことや、対象木ごとに防除ネットを巻き付けるなどの方法がある。しかし、これらはいずれも高価であることが欠点として指摘されてきた。鋸谷・大内（2003）や井上・金森（2006）によれば、下刈り高を高くすることによって、ニホンジカの新植地への侵入を防げたことが指摘されているが、実証的なデータは示されていない。個別の林分における当面の問題解決策は、野生動物の移動により他の林分での被害を誘発するという危険性はもたらんでいる。しかしながら、下刈り高を変えるという比較的軽

微な変更によって、ニホンジカによる新植地の食害を抑制することができるのならば、今後の施業に有益であると考えられる。

そこで、下刈り高を高くすることによって、通常高よりもニホンジカによる食害が軽減できるかを明らかにすることを目的に調査を行った。

今年度は、昨年度に設定した調査区での被害調査と、下刈り高を高くしたことによって懸念される植栽木の成長量を把握した。

2. 調査地および調査方法

2-1 調査地

調査は、北杜市須玉町内の県有林で行った。対象となる小班は576林班に6および9小班（通称：小森川）ならびに580林班ぬ5およびぬ15小班（通称：大明神）のヒノキ人工林である（表1）。それぞれの小班で下刈

りの処理が以下のように異なる：2006年は通常高（約10cm）の下刈り1林分，下刈り高を50cmに高くした2林分，6月の下刈り後放置した2林分，2007年は通常高（約10cm）の下刈り2林分，下刈り高を50cmに高くした2林分である。

表1 調査林分の概要

調査区名	小班名	植栽年	標高	下刈り処理	
				2006	2007
小奥1-3	476に6	2002	1140	刈高50cm	刈高50cm
小前1-3	476に9	2003	1120	7月に通常	7月に通常
大1-3	480ぬ5	2003	1000	6月に通常高	刈高50cm
大A-C	480ぬ15	2003	1010	6月に通常高	7月に通常

2-2 調査方法

2006年7-8月，20×20mの調査区を1林分あたり3カ所ずつ設置し（計12調査区），すべてのヒノキ植栽木を対象にして地上高0.1mの直径，苗長，食害の有無を記録した．2007年3月には，すべての調査対象木について秋から冬にかけて新たな食害が発生しているかを確認した．2008年3月，各調査区の調査対象区からランダムに20本選出し，新たな食害が発生しているかを確認し，地上高0.1mの直径を記録した．食害については，幹に対して剥皮の最大幅を，幹の周囲長に対する割合として求め，さらにその長さを記録した．剥皮面積は（幹の周囲長×幹の周囲長に対する割合×長さ）として求めた．2007年から2008年にかけての相対成長速度は $(\ln(D2008) - \ln(D2006)) / 2 \times 100$ として求めた（D2008，D2006はそれぞれ2008年，2006年の地上高0.1mの直径）．

3. 結果

昨年度報告したように，調査地は植栽木全体の約4分の1が食害を受けており，2006年秋から2007年春にかけての新たな食害は発生していなかった．

しかしながら，2007年春から2008年春にかけての剥皮面積は，下刈り高に関わらずすべての調査区で増加していた（図1）．

図2に調査区の直径の変化を，図3に直径の相対成長速度をそれぞれ示した．その結果，下刈り高に関わらず直径には成長が見られ，下刈り高を高くすることによる成長阻害は確認されなかった．

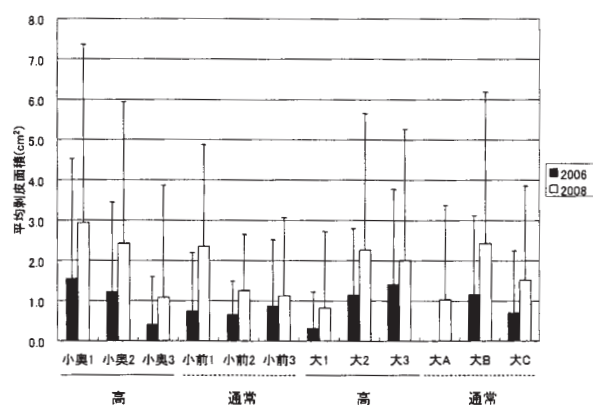


図1 ニホンジカによる剥皮面積の変化

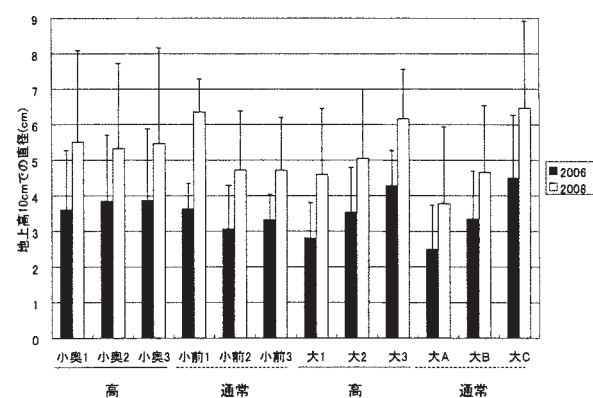


図2 調査区の直径の変化

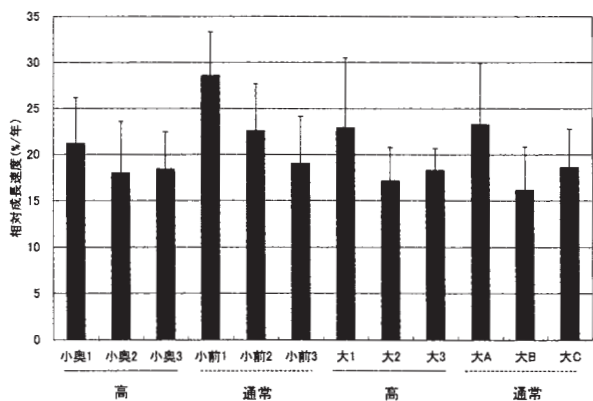


図3 調査区の相対成長速度

4. 考察

ニホンジカによる食害がこれまで甚大であった林分で調査を行った．新たな食害は，昨年度は見られなかったものの今年度は見られた．このような違いがもたらされた要因にはニホンジカの行動の変化等いろいろ考えられるが，その一つには，今冬は昨冬に比較して寒さが厳しかったという冬季の気象条件の違いによるのかもしれない．また，食害は，前回の調査終了後今回の調査までの

期間中に生じたものであり、冬季ではない季節に行われた可能性もある。

同一の植栽木に対するニホンジカによる剥皮面積は増加していたが、それは下刈り高の高さによる差異は見られなかった。したがって、今回の調査からは、下刈り高を高くすることによって被害を軽減させることは実証できなかった。その要因としては、50cmに高くした下刈り高では未だに低かったことも考えられるが、これ以上高くすると下刈りの効果を減ずることも考えられると同時に、労働作業上の危険性も生じてくる。一方で、下刈り高を高くすることによって植栽木の成長への影響が懸念されたが、大きな影響は与えていなかった。

5. 結 言

下刈り高をかえることによるニホンジカによる剥皮害の防除は、今回の結果からはその効果が小さいことが明らかとなった。したがって、廉価な他の防除法による対策を考える必要がある。

調査にご協力いただいた、中北林務環境部県有林課、林 敦子、久保満佐子、高野瀬洋一郎、三納圭之介、山口健太、竹内大悟、松崎誠司、長沢京子、折居美穂の皆さんに感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 井上雅央、金森弘樹：山と田畑をシカから守る，農山漁村文化協会，P.134 (2006)
- 2) 鋸谷 茂，大内正伸：これならできる山づくり，農山漁村文化協会，P.153 (2003)
- 3) 山梨県：山梨県特定鳥獣（ニホンジカ）保護管理計画，山梨県，P.39 (2006)

農林水産物の鳥獣類被害に対する防除対策の研究 カワウの繁殖抑制を目的とした卵発生停止技術の検討

水産技術センター¹・工業技術センター²

坪井 潤一¹・桐生 透¹・岩間 貴司²・阿部 正人²・石黒 輝雄²・宮本 博永²

Evaluation of the Method for Stopping the Embryonic Growth Aiming to Decrease the Reproductive Success of Great Cormorants

Fisheries Technology Center¹, Industrial Technology Center²

Jun-ichi TSUBOI¹, Toru KIRYUU¹, Takashi IWAMA², Masato ABE²,

Teruo ISHIGURO², and Hironaga Miyamoto²

要 約

個体数が急増し全国各地で人間との軋轢が生じているカワウ*Phalacrocorax carbo*の被害防除を目的として、卵発生停止技術の検討を行った。予備実験では、ドライアイスによる急速な冷却がカワウ卵の発生を停止させることができ、最も実用的であると判断された。甲府市にあるカワウの繁殖コロニーにおいて、ドライアイスを用いた冷却処理の繁殖抑制効果を調査したところ、カワウ卵をドライアイスにより冷却した巣（26巣）では雛の孵化は全くみられなかった。そのため、本方法は繁殖抑制方法として有効であることがわかった。

Abstract

The aim of this study is to establish an efficient method for controlling the reproductive success in great cormorant *Phalacrocorax carbo*, greatly increasing in number and damaging the fresh water fisheries. In the preliminary experiment, we have found that quick cooling of the cormorant's eggs with dry ice is simple but secure, as well as cost-benefit, for stopping the development of the embryo. In an actual cormorant colony located in Kofu city, we have further examined the efficiency of the cooling method. No hatching of the chicks was observed in all of 26 nests, in which eggs were treated with dry ice. We conclude that this method is highly useful in order to control the reproductive success in the cormorant colony.

1. 緒 言

日本のカワウ*Phalacrocorax carbo*個体数は1970年代に激減したが、1980年代後半には増加に転じ、近年の報告では50,000～60,000羽とされている¹⁾。個体数の増加に伴いカワウによる被害が顕在化しており、魚類捕食による水産被害や排泄物による公園や森林の樹木枯死、それに伴う景観の悪化など、人との間に軋轢を生じさせている²⁾。食害を受けている魚種ではアユ*Plecoglossus altivelis*が最も多く、食害の発生時期はアユの放流時期である3月から5月に顕著である³⁾。3月から5月はカワウの繁殖期に含まれることが多く⁴⁾、繁殖期には産卵や雛を育てるために捕食量が増加することが知られている⁵⁾。そのため、繁殖を抑制し捕食量を減らすことは、食害軽減に効果的であると考えられる。また、繁殖抑制は被害防

除だけでなく個体数抑制としても有効な対策となり得る。

カワウにおける繁殖抑制の事例として、卵を偽物の卵（以下、擬卵）に置き換える方法があり、兵庫県⁶⁾、長野県⁷⁾、山梨県⁸⁾で繁殖抑制効果が実証されている。特に筆者らが山梨県甲府市のカワウの集団繁殖地で行った事例では、約200巣から孵った雛はわずか12羽であり、非常に高い繁殖抑制効果がみられた⁸⁾。しかし、擬卵置き換えは擬卵製作およびカワウ卵の巣内からの取り出しに非常に労力がかかる。そのため本研究ではカワウ卵の発生を止める手法を開発し、孵化しない卵を親鳥に抱かせることによる繁殖抑制方法の確立を目的とし、実験を行った。

2006年に鶏卵を用いて行った予備実験では、液体窒素により卵を急速に冷却する方法が卵発生を停止させる

のに有効であった。そこで、2007年は液体窒素よりも取り扱いが容易であるドライアイスを用いて、実際のカワウの繁殖コロニーにおいて、繁殖抑制実験を行った。

2. 実験方法

2-1 ドライアイスによる卵発生停止技術の確立

繁殖期初期にあたる2007年2月から3月にかけて、甲府市下曽根町にある山梨県内最大のカワウの繁殖コロニー（以下、下曽根コロニー）から18卵を採取し、発生停止実験に用いた。なお、下曽根コロニーにおけるカワウ卵採取および発生停止実験については、山梨県から許可を得て行った。それぞれの処理群ごとにカワウの巣に似せた洗面器に卵を置き、ペレット状のドライアイスを入れた（図1）。ドライアイスが昇華した後、孵化予定日であるおよそ3週間後まで孵化器（ベルバード社）に入れて管理した。

2-2 カワウ繁殖コロニーでの実用化実験

2007年2月28日から6月12日までの14日間、従来行ってきた繁殖抑制方法である擬卵との置き換えによる方法とドライアイスによる冷却処理による方法とで、繁殖抑制処理を行い、その効果を比較した。カワウは樹上（地面からの高さは平均6m、最高で11m）に営巣するため、ドライアイスを正確かつ安全に巣内に投入する方法として、漏斗を用い風船の中にドライアイスを入れ、それを釣り竿の先端に固定し、スイッチを押すと針で風船が割れる方法を開発した（図2）。なお風船は天然ゴム製で生分解性のものを使用した。

ドライアイス投入後の巣内を観察するため、明度や気象条件によらず、3日間以上の連続撮影が可能なビデオカメラを設置した。明度の低下により自然光から赤外線による撮影に自動的に切り替わるシステムを搭載した小型ビデオカメラを防水ケースに納めた（図3）。2007年4月20日に、比較的低い木にある巣の斜め上に撮影器具を設置した。電源は小型バッテリーを用い、映像データを蓄積するロガーとともに防水ケースに入れ、営巣木から約5m離れた場所に設置した。

3. 結果

3-1 ドライアイスによる卵発生停止技術の確立

コントロール区では全ての卵が孵化したのに対し、ドライアイスによる冷却を行った各区では、孵化がみられなかった（図1、表1）。ドライアイスで完全に埋もれてしまった卵では、卵内の成分が凍結、膨張し卵殻が割れてしまった。そのため、図1のように卵の半分程度がドライアイスに覆われる程度が適量であることがわかった。



図1 ペレット状のドライアイスをかいたカワウ卵

表1 ドライアイスを用いた発生停止実験の結果

処理	ドライアイス 投入量 (g)	ドライアイスが昇華 するまでの時間(分)	処理を行 った卵数	孵化 卵数	孵化率 (%)
ドライアイス	100	30	3	0	0
ドライアイス	150	45	4	0	0
ドライアイス	200	90	4	0	0
ドライアイス	300	60	5	0	0
コントロール			2	2	100

3-2 カワウ繁殖コロニーでの実用化実験

2007年の繁殖期には159巣の営巣が確認され、このうち72巣においてドライアイスによる冷却処理を行った（図2）。1巣あたり約250gのドライアイスを投入したが、卵数や巣内での卵の散らばり具合により、投入量を変化させた。



図2 風船を用いたドライアイスの投入

ビデオカメラを設置した巣において、ドライアイスの投入後、筆者らが巣から速やかに巣から離れたところ、ドライアイスに埋もれた卵を掘り出し、抱卵を開始していたことが、撮影された動画から明らかになった（図3、4）。全ての巣において、ドライアイス投入あるいは擬卵との置き換え後も親鳥の抱卵が観察された。



図3 巣内撮影装置の設置



図4 ドライアイス処理後に埋もれた卵を掘り起こし抱卵を始める親鳥

繁殖期が終了する8月末まで週に1回のペースで、フィールドスコープ（単眼鏡）を用いて巣内の観察を続けたところ、擬卵の置き換えを行った85巣のうち6巣で13羽の雛が孵化したのに対し、ドライアイス処理のみを行った26巣では雛は全く孵らず、ドライアイスと擬卵を併用した46巣では、2巣で5羽が孵化した（表2）。

表2 2007年の下曽根コロニーにおける繁殖成績

処 理	巣数	雛が孵化した巣数	雛数
擬卵	85	6	13
ドライアイス	26	0	0
擬卵・ドライアイス ¹	46	2	5
無処理 ²	2	1	2
計	159	9	20

1 初回の処理と産み足し卵に対する処理とで異なる方法を用いた。

2 1巣では親鳥が抱卵を放棄した。

4. 考 察

本研究では、従来から行われてきた繁殖抑制方法である擬卵との置き換えよりもさらに簡便な方法として、ドライアイスによる急速冷却により、孵化しないカワウ卵を親鳥に抱かせることにより繁殖を抑制する方法を確立した。

繁殖抑制を行ったにもかかわらず孵化した18羽の雛のうち、17羽は7月5日以降に確認された。これは処理実験の最終日である6月12日の少なくとも22日後であり、カワウの産卵から孵化までの日数が28日であること⁴⁾を考慮すると、処理後に産み足された卵から孵化した雛である可能性が高い。そのため、6月12日以降に産み足された卵についても処理を行っていれば、孵化を阻止できたと考えられる。しかし、繁殖成功率が極度に低い場合、他の場所へ移動することが知られているため⁸⁾、本研究ではあえて繁殖期後期における繁殖抑制処理を行わなかった。

ドライアイスを用いた繁殖抑制の問題点として、処理のおよそ3週間後に巣内の状況を確認する際、全ての卵が処理済みなのか、もしくは産み足された卵が含まれるのかを識別することが非常に難しいことがあげられる。そのため、今後は、初回の処理で擬卵との置き換えを行い、後日、産み足された卵が確認された場合、ドライアイス処理を行う、両方法の併用が最も効率的であると考えられる。

5. 結 言

カワウは急激な個体数増加により魚類捕食による水産被害が深刻化している。近年、繁殖期でありアユの放流時期でもある春季の食害軽減および個体数抑制を目指した繁殖抑制の試みが、全国各地で始まっている。本研究では、全く新しい繁殖抑制手法として、ドライアイスを用いて卵の発生を停止させる手法を確立した。

カワウの平均寿命は4～5年と鳥類では比較的長い⁴⁾ため、今後も繁殖抑制およびコロニーでの個体数モニタリング調査を継続して行い、繁殖抑制がカワウ個体群に与える影響を明らかにしたい。

6. 謝 辞

東京都葛西臨海水族園の福田道雄氏、NPO法人バードリサーチの加藤七枝氏、名城大学の新妻靖章氏には、カワウの繁殖生態について有益なご助言をいただいた。本プロジェクトのコーディネーターである山梨県理工学研究機構の永井正則氏には、卵発生に関して生理学的な知見に基づくアドバイスをいただいた。帝京科学大学の後藤章浩氏、佐々木幸穂氏はじめ学生諸氏には、繁殖コ

ロニーでの作業に多大なる協力をしていただいた。ここに感謝申し上げる。

参考文献

- 1) 福田道雄, 成末雅恵, 加藤七枝: 日本鳥学会誌, Vol.51, No.1, P.4-11 (2002)
- 2) 環境省: 特定鳥獣保護管理計画技術マニュアル (カワウ編). 環境省 (2004)
- 3) 全国内水面漁業協同組合連合会: カワウによる漁業対象種の食害状況調査結果. 全国内水面漁業協同組合連合会 (2004)
- 4) 福田道雄: 日本鳥学会誌, Vol.51, No.2, P.116-121 (2002)
- 5) Platteeuw M., K. Koffijberg, and W. Dubbeldam : Ardea, Vol.83, P.235-245 (1995)
- 6) 高津一男: 広報ないすいめん, Vol.37, P.10-17 (2004)
- 7) 熊川真二: 広報ないすいめん, Vol.40, P.43-50 (2005)
- 8) 坪井潤一, 桐生 透: 日本鳥学会誌, Vol.56, No.1, 33-39 (2007)
- 9) Schjorring S, J. Gregersen, and T. Bregnballe : Journal of Animal Ecology, Vol.69, P.214-223 (2000)

成果発表状況

学会発表

- 1) 坪井潤一・桐生 透・岩間貴司・石黒輝雄・阿部正人・宮本博永・萩原 茂: 個体数抑制のためのカワウ繁殖コロニー管理, 日本鳥学会2007年度大会, 熊本, 2007

**ブドウ搾り滓を活用した
家畜排せつ物の堆肥化
および環境負荷低減化技術の開発**

ブドウ搾り滓を活用した家畜排せつ物の堆肥化 および環境負荷低減化技術の開発

¹環境科学研究所・²畜産試験場・³総合農業技術センター・⁴富士工業技術センター・⁵山梨大学
長谷川達也¹・森 智和¹・齊藤奈々子¹・高橋 照美²・山崎 修平³・上垣 良信⁴・高尾 清利⁴・
御園生 拓⁵・金子 栄廣⁵・早川 正幸⁵

Composting of Livestock Wastes and Reduction of Environmental Load Using Wine Compression Residues

¹Institute of Environmental Sciences, ²Livestock Experiment Station, ³Agricultural Technology Center,
⁴Fuji Industrial Technology Center, ⁵University of Yamanashi
Tatsuya HASEGAWA¹, Tomokazu MORI¹, Nanako SAITO¹, Terumi TAKAHASHI², Shuhei YAMASAKI³,
Yoshinobu UEGAKI⁴, Kiyotoshi TAKAO⁴, Taku MISONOU⁵, Hidehiro KANEKO⁵ and Masayuki HAYAKAWA⁵

要 約

小型堆肥化実験装置を用いた検討により、豚ふんを原料とした堆肥作成において、ワイン製造にともなって生じるブドウ搾り滓（ワイン圧縮残渣）を加えることにより、発生するアンモニアを低減することを見いだした。つぎに畜産試験場の堆肥舎における実用規模の検討を行った。豚ふん600kgを原料とした第1区、豚ふん（600kg）にブドウ搾り滓（120kg）を始めから混ぜ込んだ第2区、豚ふん（600kg）をブドウ搾り滓（120kg）で覆った第3区（1回目の切り返し後、第2区と同様にブドウ搾り滓は豚ふんに混ぜ込まれる）を設定し、毎週切り返しを行った。堆肥作成期間中、温度記録計で発酵温度を随時測定した。悪臭物質としてアンモニア、硫化水素、メチルメルカプタン、硫化メチルを切り返し時に測定した。その結果、三つの試験区とも発酵温度に大きな差はなく順調に発酵が進行した。悪臭物質の発生は、ブドウ搾り滓を添加した第2区と第3区で対照の第1区より低減が認められた。三点比較式臭袋法による官能試験でもブドウ搾り滓の効果が実証された。これらの悪臭物質低減作用に悪臭分解微生物の関与が考えられた。そこで、三つの試験区の堆肥中に増殖している微生物（放線菌、バクテリア、カビ）をそれぞれ分析した。ブドウ搾り滓を添加した第2区と第3区で放線菌やカビが多く増殖していることが明らかとなった。DNAの電気泳動パターンからもブドウ搾り滓により微生物相の変化することが示された。ブドウ搾り滓を添加して作成した堆肥の施肥効果についてコマツナを用いたポット試験で検討した。その結果、コマツナの乾物収量は化成肥料と比較して同等以上であった。また、堆肥中の重金属含量は問題となる量ではなかった。従って、豚ふんを原料とした堆肥作りにブドウ搾り滓を加えると、堆肥発酵過程に発生する悪臭が低減でき、完成した堆肥の施肥効果は良好で、環境に対する負荷量も少ないことが示唆された。

Abstract

It was confirmed that the wine compression residue decreased the malodorous from the composting test of using the pig feces with a small experimental composting apparatus. Next, we examined a practical scale in the compost depot of Livestock Experiment Station. Composting examination was set three districts, and scooping up every week. The examination district was the first district where pig feces 600 kg was made raw material, the second district mixed including wine compression residue 120 kg every pig feces 600 kg, the third district where pig feces 600 kg was covered with wine compression residue 120 kg (after the scooping up of the first time, the wine compression residue are mixed with the pig feces same as the second district). The fermentation temperature was measured as required for the compost making period with the temperature record meter. The ammonia, the hydrogen sulfide, the methyl mercaptan, and the methyl sulphide were measured as a malodorous substance at the scooping up. As a result, the fermentation temperatures and fermentation has progressed well in each examination districts. As for the generation of malodorous substance, the decrease was admitted from the first district of the contrast in the second district and the third district where the wine

compression residue had been added. The effect of the wine compression residue was proven as for the sensory test by choosing one odorous bag out of three bags method for odor sensory measurement. The decreasing malodorous substance suggested possible involvement of the stink resolution microorganism. The populations of actinomycetes, bacteria and fungi in composts of three experimental districts were analyzed. A significantly higher incidence of both actinomycetes and fungi was observed at the second and third districts. The electrophoresis pattern of the DNA was suggested the microflora changes by wine compression residue. In addition, we examined a fertilizer application effect of the manure compost with wine compression residue by Komatsuna (*Brassica rapa* L.) in the soil packer in Wagner pots. As a result the yield of Komatsuna cultivated by the manure compost was the same or more as cultivated by chemical fertilizer. The heavy metal residue in the compost was no problem. Therefore, these result suggested that effect of wine compression residue addition in pig feces composting were 1) malodorous reduction in composting process, 2) good fertilizing effect of the manure compost with wine compression residue, 3) decreasing environmental load.

1. 緒言

山梨県はブドウ、モモ、スモモの生産量が全国で一位を誇る果樹王国であり、さらにブドウから作られるワイン生産量においてもそのシェアは日本一である。しかし、ワイン製造過程で生じる多量のブドウ搾り滓（ワイン圧縮残渣）の処理が問題となっている。これらブドウ搾り滓の一部は飼料、滓とりブランデー製造あるいは堆肥に利用されているが、多くは有用な利用法が無く処分されているのが現状である。その一方で、ブドウ搾り滓に含まれる機能性成分、特にポリフェノール類の抗菌作用や抗酸化作用、消臭作用は、昨今の健康食品ブームにおいて注目されている。

一方、畜産農家では、周辺住民の混住化により悪臭を始めとする環境問題が重要な課題となっている。国は家畜排せつ物の適切な管理と資源としての有効利用を求める「家畜排せつ物法」を平成11年11月に施行したが抜本的な解決には至っていない。また、生産された堆肥の流通の課題や、堆肥に含まれる重金属等による土壌や地下水汚染も懸念されている。そのため本県でも、家畜排せつ物や農産物残渣などの処理および利活用をめざし、環境保全型農業を推進するため「バイオマス利活用マスタープラン」が平成17年6月に策定された。平成19年12月には「山梨農業ルネサンス大綱」を公表し、翌年3月に「新たな環境保全型農業基本方針」を策定し、これら問題の解決をめざしている。

そこで我々は本県の未利用資源としてブドウ搾り滓に着目し、家畜排せつ物の堆肥化における悪臭低減化技術への利用およびその実用化を第一の目的に、新技術で作成された堆肥の施肥効果、施肥による土壌および水系への影響評価を第二の目的に、さらに家畜排せつ物等の循環処理過程におけるライフサイクルアセスメントの実施を第三の目的として本研究を実施した。

この一連の研究は、山梨県の未利用資源を有効に利用する技術開発のひとつとなると同時に、環境保全型農業推進にも役立つと考えられる。

2. 実験方法

2-1 ブドウ搾り滓および豚ふん

ブドウ搾り滓：山梨県内のワインメーカーよりワイン製造過程で生じるワイン圧縮残渣（ブドウ搾り滓）を提供していただいた。このブドウ搾り滓は冷凍保存し、実験には解凍したものをを用いた。

豚ふん：山梨県畜産試験場の豚房より豚ふんを採取した。

2-2 小型堆肥化実験装置による検討

小型堆肥化実験装置（かぐやひめ、富士平）を用い¹⁾、豚ふんにブドウ搾り滓を加えた場合に発生する臭気量を検討した。小型堆肥化実験装置は、比較的簡単に条件を変えて堆肥を作ることができるため、堆肥作りにおける基礎研究に多く用いられている^{2, 3)}。

豚ふん（第1区）：豚ふんにオカズを混合し含水率65%程度に調整して小型堆肥化実験装置に5kgを充填した。通気速度の設定は500mL/minにした。

豚ふん＋ブドウ滓（第2区）：豚ふん5kgに、ブドウ搾り滓を5kg混ぜ、オカズで含水量を65%に調整し小型堆肥化実験装置に充填した。通気速度は850mL/minに設定した。

堆肥化開始日を0日とし、7日、14日、21日、28日目に充填した各試験区のサンプルを小型堆肥化実験装置



写真－1 畜産試験場で飼育されている豚



写真－２ 実験に用いた豚ふん



写真－３ 実験に用いたブドウ搾り滓

から取り出して、均一に攪拌して切り返しを行った。堆肥化の発酵状況の目安として堆肥の内部温度をデータロガーで記録した。悪臭物質の指標としてアンモニア濃度を測定した。

2－3 堆肥作成（実用規模）

山梨県畜産試験場の堆肥舎で実験を行った。原料に使用した豚ふんはオガクズを加え、水分含量が65%になるように調整した。実験には三つの試験区を設定し堆肥化を行った。

第1区：豚ふんのみ、豚ふん600kgを原料とした。

第2区：豚ふん＋ブドウ滓 Mix, 豚ふん600kgに実験開始時点でブドウ搾り滓（120kg）を混ぜ込んだ。



写真－４ 小型堆肥化実験装置

第3区：豚ふん＋ブドウ滓 Cover, 豚ふん600kgをブドウ搾り滓（120kg）で覆った。ただし、最初の切り返し以降は第2区と同様に豚ふんとブドウ搾り滓は混合される。

堆肥化開始日を0日とし、一週間ごとに重機（ホイローローダー）で切り返しを行い、臭気測定用サンプルをテドラパックに採取した。また同時に発酵途中の堆肥の一部を採取し、発酵過程－堆肥サンプルとした。また、堆肥の発酵状況を把握するため堆肥中心部と表面の温度をデータロガーで記録した。

2－4 堆肥発酵過程における堆肥のpHの推移

発酵過程－堆肥サンプル30gをそれぞれ300mLの蒸留水に懸濁させ、ガラス電極を用いてpHの測定を行った。

2－5 悪臭物質の分析

サンプルの採取：切り返しの前後で発生した臭気を試料採取用ポンプを用いてテドラパック（1,000mL）に直接採取した。

アンモニア：検知管（ガステック）で直接測定した。

硫化水素（ H_2S ）、メチルメルカプタン（ CH_3SH ）、硫化メチル（ $(\text{CH}_3)_2\text{S}$ ）：キャピラリーカラム（Rtx-1, RESTEK）を装着したガスクロマトグラフィ（GC-2014, 島津）で分析を行った。なお検出器にはFPDを用い、検量線用の標準ガスはパーミエーター（ガステック）で調製した。

2－6 官能試験（三点比較式臭袋試験）

発酵過程－堆肥サンプル20gをそれぞれ500mLの密栓ガラスビンに入れ45℃で1時間静置し、その上部空間の気体を臭気試料とした。3Lの無臭空気を充填した臭い袋を3袋1セットとして使用し、そのうちひとつに所定の希釈倍数となるよう臭気試料を充填した。希釈倍率は10倍から臭気が判別できなくなるまで、およそ3倍間隔で設定した。6名のパネル（基準物質の臭気判定試験により、あらかじめ正常な臭覚を有することを確認した判定者）に1セット（無臭2袋＋有臭1袋）のうち、臭気の感じられる袋を選ばせて臭気判定を行い、得られたデータから臭気濃度を算出した⁴⁾。

2－7 DNAパターン分析による微生物相の解析

それぞれの発酵過程－堆肥サンプルから微生物の全DNAを抽出し、16S rDNAの部分塩基配列のPCR増幅産物をDGGE（変性剤濃度勾配電気泳動）法によって解析した。プライマーにはC9F-350R, C49F-520R, 350F-680R, 520F-920Rの4セットを用いた。

2－8 培養試験による微生物相の解析

それぞれの発酵過程－堆肥サンプルを風乾後、サンプ

ル中の微生物（放線菌、バクテリア、カビ）を滅菌精製水に懸濁させ、それぞれの選択培地で培養して菌数を求めた。選択培地として放線菌はHumic acid-vitamin agar（+Cycloheximide 50mg/L, Nalidixic acid 20mg/L）、バクテリアはTrypticase-soy agar（+Cycloheximide 50mg/L）、カビはPotato-dextrose agar（+Nalidixic acid 20mg/L）を用いた。総菌数は希釈平板法（表面塗布法）で好気性菌の総数を求めた。なお、培養温度は堆肥化過程の温度を考慮して50℃とし、10日間培養した。

2-9 ポリフェノール類の測定

サンプル1gに50%エタノール10mLを加えて70℃で90分間振とう抽出した後、メンブランフィルターでろ過を行った。このろ液中のポリフェノール類をペルオキシダーゼ・過酸化水素センサー法によるポリフェノール測定装置（東洋紡エンジニアリング）で測定した。測定されたポリフェノール類の量はカテキン量に換算して示した。

2-10 発芽試験および施肥試験（ポット試験）

コマツナを用いて発酵終了堆肥（完熟堆肥）の発芽試験および施肥試験を行った。発芽試験は堆肥等有機物分析法⁵⁾に従って、熱水抽出液による試験を行った。施肥効果は5000分の1アールワグネルポットで栽培を行い、乾物収量および肥料成分吸収量を測定した。各堆肥の施用量は自然乾燥状態のものを乾物換算で20g（1t/10a相当量）とした。また、化学肥料は窒素、リン酸、加里それぞれ成分量で20kg/10a相当量を施用し、成分吸収量を求めるため、施用する化学肥料の成分を欠落させた区を設けた^{6, 7)}。

2-11 堆肥の成分分析（重金属を含む）

発酵終了堆肥（完熟堆肥）および発酵過程一堆肥サンプルを自然乾燥させ、ブレンダーで粉碎し、0.5mmメッシュのふるいを全通させ、成分分析用サンプルとした。主要成分の分析は堆肥等有機物分析法⁵⁾に従い、アンモニア態窒素、硝酸性窒素、含水量、電気伝導度を測定した。ミネラル成分に関してはマッフル炉で乾式灰化した後、リン酸はバナドモリブデン酸比色法で、加里とマグネシウム、カルシウムは原子吸光光度計（島津）でそれぞれ測定した。全炭素（TC）と全窒素（TN）はCNアナライザー（パーキンエルマー）で測定した。

重金属の分析は、成分分析用サンプルの一定量に硝酸を加え、マイクロ波分解装置（マイルストーンゼネラル）で分解した後、ICP-MS（4500, 横川アナリティカルシステムズ）で銅、亜鉛、ヒ素、カドミウム、鉛の測定を行った。

2-12 工学的手法による悪臭物質の分解試験

銅-クロム触媒（N201, 日揮化学）を100g充填した石英管（直径19mm, 全長225mm）を円筒型マイクロ波照射装置にセットし、アンモニアガス（100ppm）を0.4L/minの流量で石英管の中を通気させた。マイクロ波は200Wで照射した。石英管の出口で検知管を用いてアンモニアガス濃度を測定した。

3. 結果

3-1 小型堆肥化実験装置による予備的検討

小型堆肥化実験装置に豚ふんを充填した第1区と、豚ふんとブドウ搾り滓を充填した第2区のそれぞれの発酵温度および発生したアンモニアの経日変化を図-1と図-2に示す。最高温度に達した時期が第1区と第2区で異なっていた。これは、ブドウ搾り滓添加により第2区の堆肥化スタート時点でpHが低くなっていたことによると考えられる。アンモニアの発生時期のずれも同様の理由と考えられる。そこで、堆肥発酵期間中の温度とアンモニア発生量を積算してグラフを図-3に示した。

その結果、第1区、第2区とも発酵温度の積算値には大きな差はないが、発生したアンモニア量は第2区が第1区に比べ低くなっていることが認められた。この結果

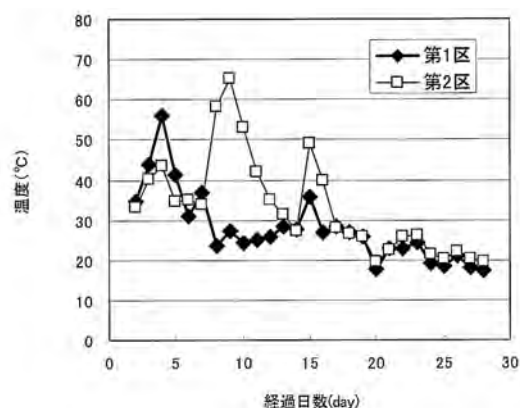


図-1 発酵温度の変化

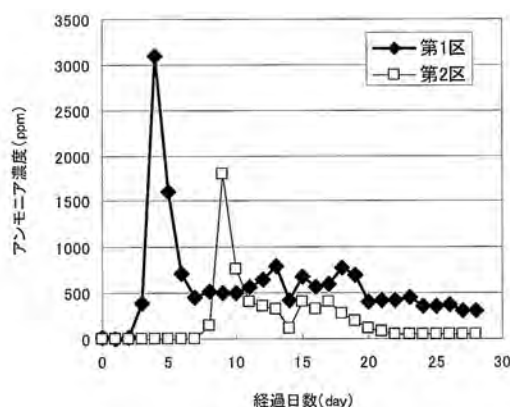
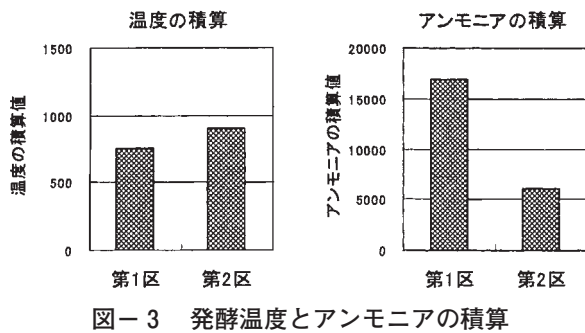


図-2 アンモニアの測定結果



から、ブドウ搾り滓がアンモニアの発生を低減することが示された。

3-2 畜産試験場堆肥舎による実用規模の検討

小型堆肥化実験装置の実験で、豚ふんを原料に堆肥を作成する場合、ブドウ搾り滓を加えることにより発生するアンモニアの量を低減することができた。しかし、小型堆肥化実験装置での実験に用いたブドウ搾り滓の割合は豚ふんに対して1:1であった。この割合では実際の現場での堆肥作りには不向きである。また、ブドウ搾りを1:1で加えると発酵スタート時点のpHが低くなり、発酵期間（堆肥が完熟するまでの期間）が長くなることも予備検討により明らかとなった。そこで、pHに影響を与えず現場で使える量として、豚ふん：ブドウ搾り滓を1:0.2とした。さらに、三つの試験区を設定して実用規模の検討を行った。

第1区：豚ふん

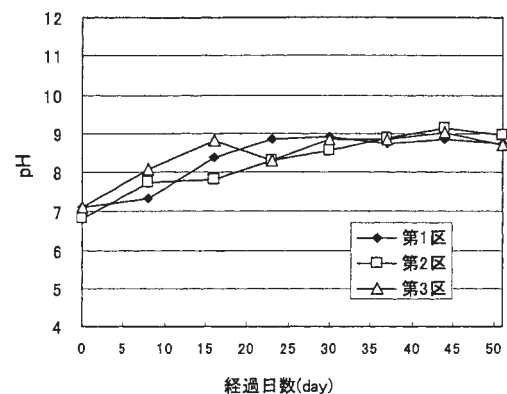
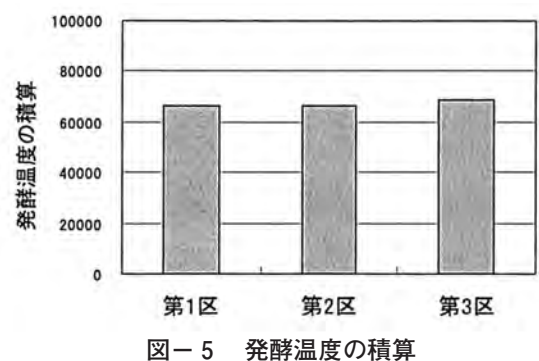
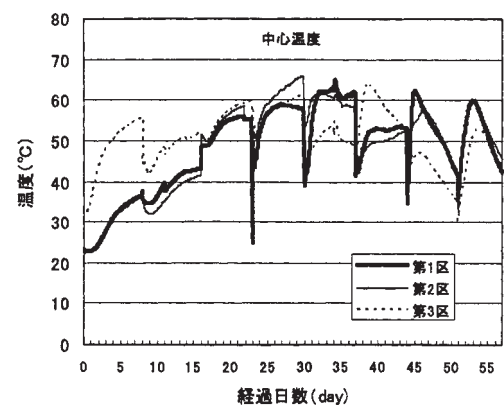
第2区：豚ふん+ブドウ滓 Mix

第3区：豚ふん+ブドウ滓 Cover

3-2-(1) 発酵温度とpH

図-4 にデータロガーで記録した堆肥中心部の温度変化を示し、このデータを基に算出した堆肥発酵期間の温度の積算値を図-5に示す。その結果、どの試験区においても温度上昇が認められ、発酵が順調に進んだことが確認できた。そして、三つの試験区で発酵温度の積算値に差のないことも示された。

図-6 にpHの推移を示す。三つの試験区で大きな違いのないことが示され、豚ふん：ブドウ搾り滓の比率が



適切であることが確認された。



写真-5 三種類の堆肥

3-2-(2) 悪臭物質の測定

アンモニア、硫化水素、メチルメルカプタン、硫化メチルの測定を、毎週行われる切り返しの前後で分析した。アンモニアは1回目から7回目の切り返しまで検出することができた。しかし、メチルメルカプタンと硫化メチルは2回目の切り返しまでしか検出できなかった。硫化水素に至っては、1回目の切り返しでしか検出できなかった。図-7、図-8、図-9に硫化水素、メチルメルカプタン、硫化メチルの測定結果をそれぞれ示す。

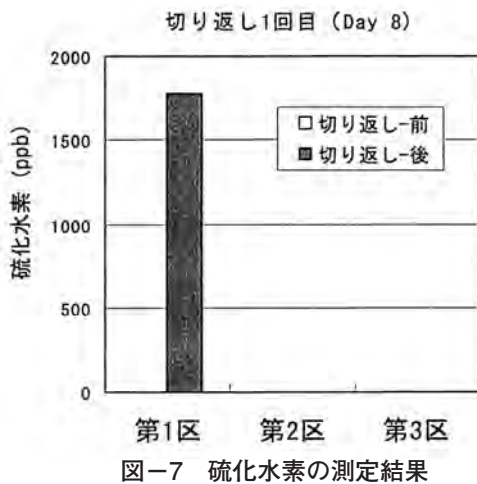
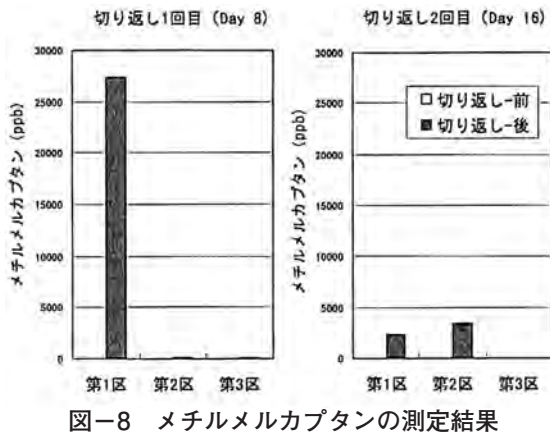


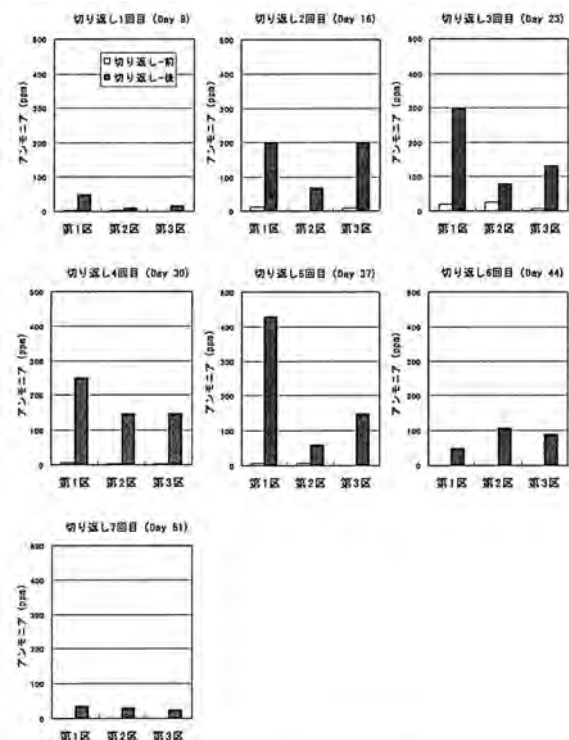
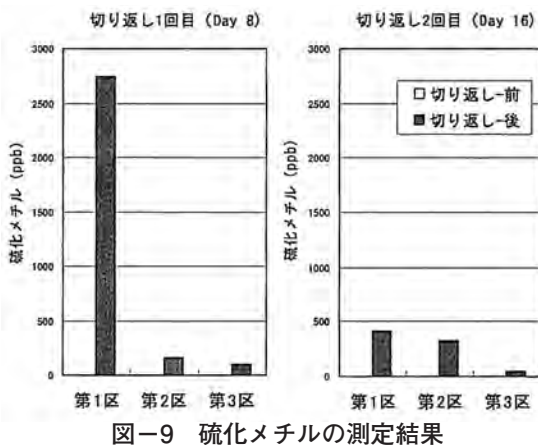
写真-6 重機による切り返し



写真-7 臭気のサンプリング



三種類の硫黄化合物はともに切り返しの後でしか検出できなかった。そして、第1区に比べ、第2区や第3区は硫黄化合物の発生量が少ないことが示された。



アンモニアの測定結果を図-10に示す。アンモニアは1回目の切り返し時より2回目以降の切り返しの方が多く発生していた。これは図-4に示した発酵温度と関連していると考えられる。図-11には切り返し後の測定結果の推移を示した。

図-7から図-10に示した悪臭物質の発生量の実験区による違いを比較するため、実験期間内に測定できた臭気のそれぞれの総量を算出しグラフにした。その結果を図-12に示す。この結果から、ブドウ搾り滓を添加した第2区と第3区で悪臭物質の発生量が低減できることが明確に示された。第2区と第3区を比べた場合、悪臭物質の種類によりその効果の異なることも明らかとなった。

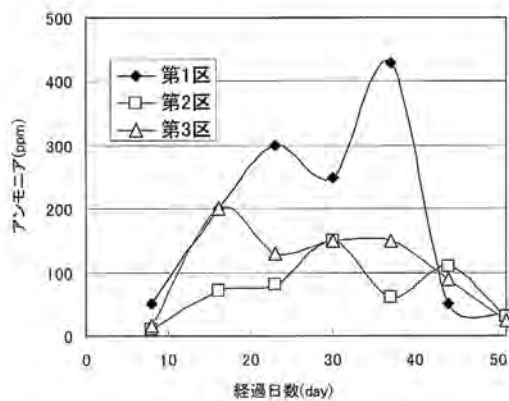


図-11 発生したアンモニアの推移

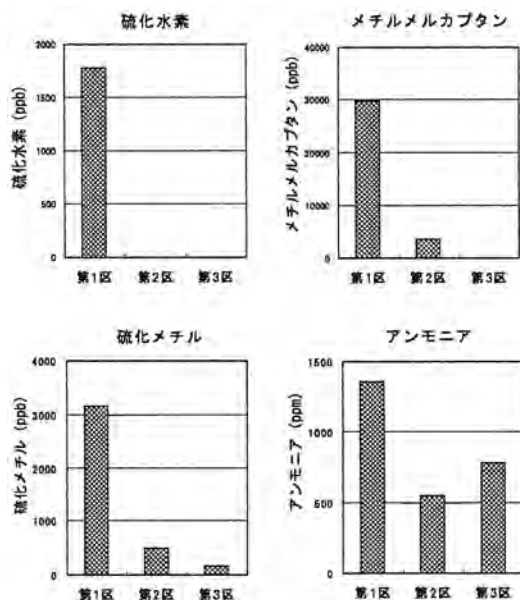


図-12 測定された悪臭物質の総量

3-3 官能試験

三点比較式臭袋試験法によりブドウ搾り滓添加による悪臭の官能試験を行った。その結果を図-13に示す。

第1区に比べ、明らかに第2区、第3区で臭気濃度が低くなることが示された。この結果は、悪臭の成分分析の結果と矛盾がなく、ブドウ搾り滓の効果が官能試験でも証明された結果となった。

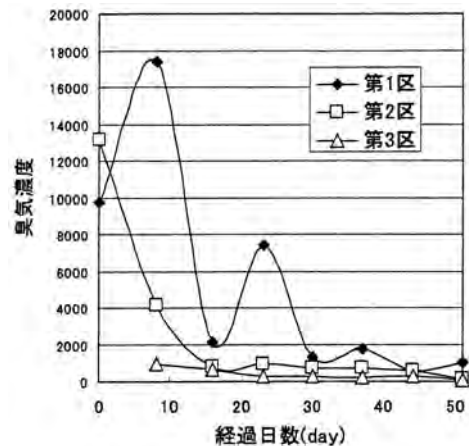


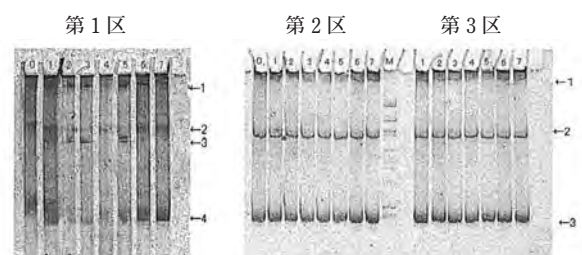
図-13 官能試験の結果

3-4 微生物相の解析

ある種の微生物には悪臭成分を分解する能力があり、これを利用した消臭技術がこれまでに報告されている⁸⁻¹²⁾。ブドウ搾り滓を豚ふんに加えることにより、堆肥の発酵過程における微生物相が変化し、悪臭を分解する微生物が増殖している可能性がある。そこで、堆肥発酵過程における微生物相の解析を行った。

3-4-(1) DNAパターンによる微生物相の検討

近年の遺伝子操作技術の進歩により、微生物からDNAを抽出し、比較検討することは比較的容易である。DNAのパターンが異なれば微生物相が変化していることが考えられる。そこで、発酵過程-堆肥サンプルから微生物の全DNAを抽出した後、16S rDNAの部分塩基配列のPCR増幅産物をDGGE（変性剤濃度勾配電気泳動）法によって解析した。その結果、図-14に示すごとく、プライマーにC9F-350Rを用い、変性剤濃度を0～20%にした結果、明らかに第2区と第3区のDNA電気泳動パターンが第1区と異なることが示された。



各レーンの番号は切り返しの番号を示す。

図-14 DNAの電気泳動パターン

すなわち、ぶどう搾り滓を豚ふんに加え、堆肥を作成すると、発酵過程における微生物相が変化することが明らかとなった。

同様に、4種のプライマーセットを用いてDGGEを行った。そして、各堆肥区の違いを調べるために出現したバンドの数を比較した。表-1にそれぞれの実験区ごとに認められた共通なバンドの数を示し、表-2には異なるバンドの数を示した。表-2に示すごとく、第1区と第3区を比べた場合、異なるバンド数は10本と、他の組み合わせに比べて多かった。これは、豚ふんのみの堆肥と豚ふんをぶどう搾り滓で覆った堆肥では微生物群集が特に異なることを示している。また、第2区と第3区でも異なるバンドが8本確認された。つまり、ぶどう搾り滓を最初から混合した堆肥とぶどう搾り滓を振りかけて一週間後に混合させた堆肥では、微生物群集の異なることが示された。すなわち、ぶどう搾り滓の添加方法を変えるだけで微生物群集が影響を受けることが明らかとなった。

表-1 共通なバンドの数 表-2 異なるバンドの数

	第1区	第2区	第3区
第1区		18	15
第2区	18		16
第3区	15	16	

	第1区	第2区	第3区
第1区		7	10
第2区	7		8
第3区	10	8	

次に、各堆肥試験区の堆肥熟成過程における微生物相のパターンの変化を調べた。堆肥熟成過程のバンド変化を表-3に示す。前期：0-2週目、中期：2-5週目、後期：5-7週目とした場合、それぞれの実験区において、堆肥化過程全体を通して存在するバンドが10-11本と最も多かったが、堆肥化の前期・中期・後期に消長するバンドもかなりの数存在することが示された。すなわち、堆肥熟成に伴って特定の微生物群集が出現・消失することがわかった。また、堆肥熟成過程におけるバンドの変動は実験区ごとで異なっていた。つまり、堆肥熟成に伴う微生物群集の変動は堆肥の種類によって異なるということが分かった。

表-3 堆肥成熟過程におけるバンド変化

	前中後 +++	前中後 +-	前中後 --	前中後 -+-	前中後 -++	前中後 ---
第1区	10	5	1	5	0	4
第2区	10	4	0	5	1	4
第3区	11	1	1	6	0	3

3-4-(2) 培養試験による微生物相の検討

DNAのパターン分析によりぶどう搾り滓の添加で微生物相が変化することが示されたため、培養試験による検討を行った。すなわち、発酵過程-堆肥サンプルを滅菌精製水に懸濁させ、放線菌、バクテリア、カビのそれぞれの選択培地に塗布して培養を行った。培養温度は実際の堆肥の発酵温度を考慮し50℃とした。その結果を図-15に示す。

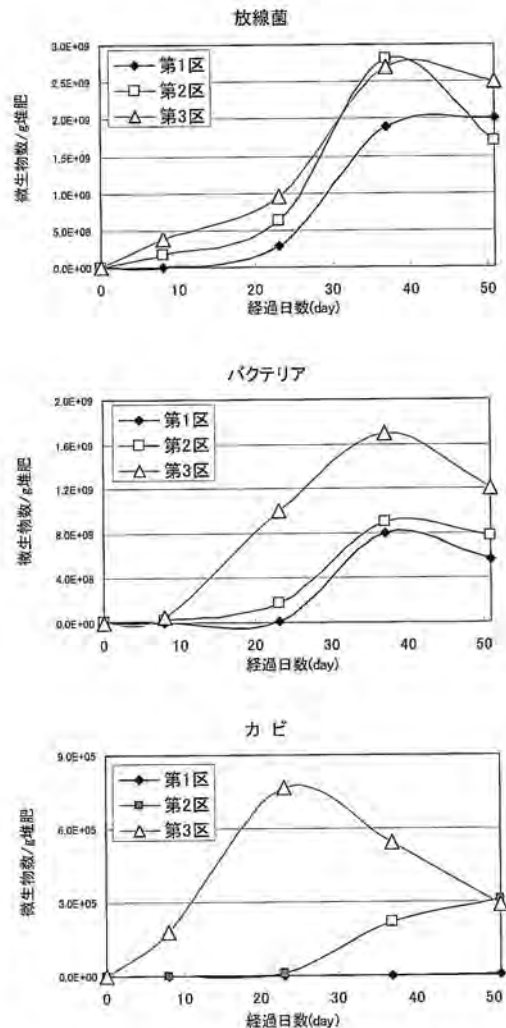


図-15 堆肥発酵期間における微生物数の推移

放線菌が第2区と第3区で、第1区に比べ多いことが明らかとなった。バクテリアは第3区が多かった。カビは第1区では全く認められないが、第3区では発酵の初期から、第2区では発酵の後半に多く認められた。

次に1回目の切り返し (Day 8) の時点に認められた放線菌についてさらに検討を行った。その結果を表-4に示す。これらの放線菌が悪臭分解作用を有するかは今後の検討課題である。

表-4 堆肥中の高温性放線菌相 (切り返し1回目)

	堆肥 1g (乾燥重量) 当りの放線菌数*					総計 (全微生物**中の割合)
	<i>Saccharo-</i> <i>monospora</i>	<i>Thermo-</i> <i>monospora</i>	<i>Thermo-</i> <i>actinomyces</i>	<i>Strepto-</i> <i>myces</i>	その他の属	
第1区	5.0×10^4	0	6.5×10^4	0	3.5×10^4	1.5×10^5 (11%)
第2区	8.4×10^7	8.0×10^7	5.0×10^6	2.0×10^6	1.0×10^7	1.7×10^8 (86%)
第3区	2.2×10^8	1.5×10^8	1.0×10^6	5.0×10^6	1.0×10^7	3.9×10^8 (89%)

*HV agar, 50℃, 10日間培養, **放線菌+バクテリア+カビ

3-5 ポリフェノール類の分析

ポリフェノール類には消臭作用のあることが知られており、ブドウ搾り滓中にも多く含まれている。そこで、豚ふんにブドウ搾り滓を加え、ポリフェノール類の測定を行った。豚ふん：ブドウ搾り滓は1：0.2とし、ポリフェノール類はカテキンに換算した。その結果、図-16に示すごとく、豚ふん中のポリフェノール類の量は2,210mg/kg、豚ふんにブドウ滓を添加した場合は3,080mg/kgで、その差870mg/kgがブドウ搾り滓由来のポリフェノール類であると考えられた。ブドウ搾り滓には12,470mg/kgのポリフェノール類が含まれていた。豚ふん中にもポリフェノール類が存在するが、ブドウ搾り滓中のポリフェノール類とは種類が異なることが容易に推測できる。今後、ブドウ搾り滓に由来するポリフェノール類が堆肥製造過程で発生する悪臭の低減、あるいは微生物の増殖に関与するか検討を行ってみたい。

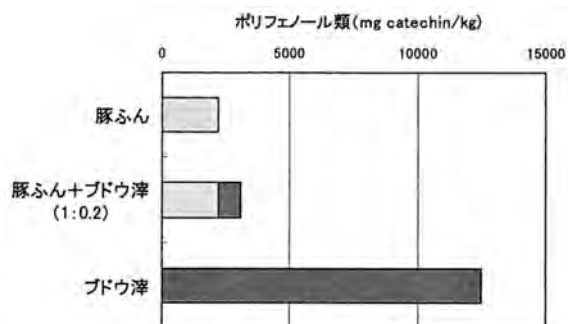


図-16 ポリフェノール類の量

3-6 堆肥の発芽試験および施肥試験

完成した堆肥について発芽試験を行った。その結果を図-17に示す。蒸留水の発芽数を100とした時の各区の発芽指数は、豚ふん堆肥で83%，豚ふん+ブドウ滓堆肥で91%となり若干の差が見られたが、全て良好な結果であった。

コマツナを用いて堆肥の施肥効果についても検討を行った。図-18に示すように、ポット栽培によるコマツナの生育は、各堆肥を乾物として1t/10a単用した場合、化学肥料を単用して栽培した時と同等以上の収量が得られた。

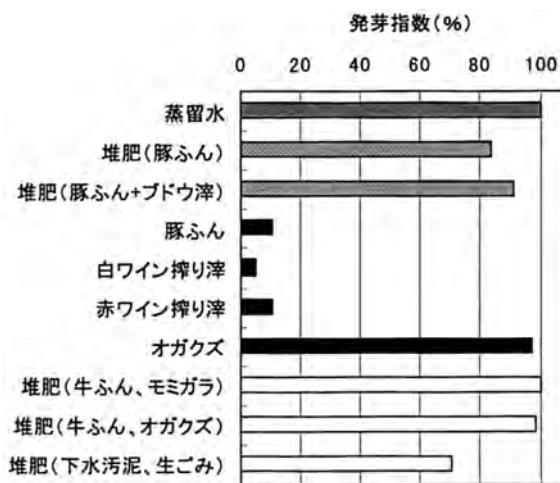


図-17 発芽試験の結果

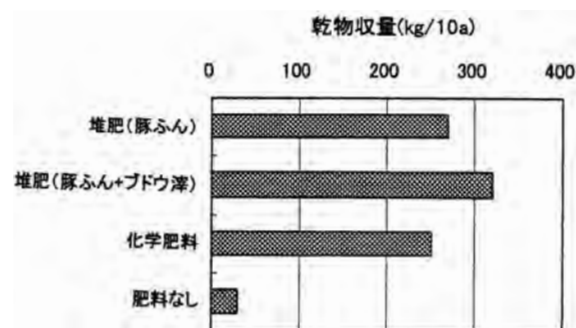


図-18 コマツナの乾物収量



写真-8 施肥試験 (ポット栽培)

堆肥由来の窒素成分吸収量は化学肥料を単用した場合よりも低い傾向が見られた。一方、リン酸と加里は化学

肥料単用区よりも高い吸収量を示し、効率よく吸収していることが示された。(表－5)

表－5 堆肥由来成分の吸収量 (kg/10a)

	窒素	リン酸	加里
堆肥 (豚ふん)	3.4	4.5	16.7
堆肥 (堆肥+ブドウ滓)	4.7	4.8	20.2
化学肥料	6.2	2.3	14.1

※化学肥料単用区の吸収量は化学肥料由来の成分

3－7 堆肥の成分分析

堆肥成分の分析を行った結果を表－6に示す。各処理区とも含水率が30%前後まで減少しており、過乾気味であったが、ブドウ搾り滓を添加した第2区および第3区では水分の減少が抑えられる傾向が見られた。窒素やリン酸および塩基類の含量は、ブドウ搾り滓を添加しなかった第1区と比較して、添加した第2区および第3区の方が低い傾向が見られたが、豚ふん堆肥として利用する上で、問題は無いと考えられた。

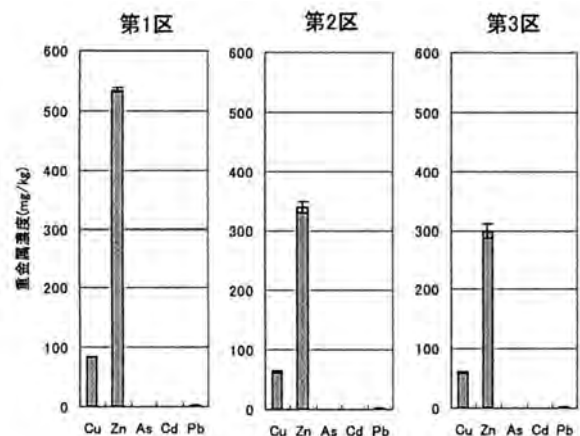
表－6 発酵過程における堆肥の成分含量

切り返し		0	1	2	3	4	5	6	7
経過日数		Day 0 6月11日	Day 8 6月19日	Day 16 6月27日	Day 23 7月4日	Day 30 7月11日	Day 37 7月18日	Day 44 7月25日	Day 51 8月1日
現物 水分率(%)	第1区	64.9	64.7	53.9	46.7	45.1	39.9	32.2	28.9
	第2区	67.1	61.1	58.0	52.4	55.1	42.4	34.0	32.1
	第3区	64.9	62.9	56.9	45.8	38.8	42.6	32.4	32.2
pH (1:10)	第1区	7.1	7.3	8.4	8.8	8.9	8.8	8.8	8.7
	第2区	6.8	7.7	7.8	8.3	8.5	8.9	9.2	9.0
	第3区	7.1	8.1	8.8	8.3	8.9	8.8	9.0	8.7
EC(mS/cm) (1:10)	第1区	3.7	4.9	3.8	2.5	3.1	2.9	3.2	3.0
	第2区	2.8	3.9	3.7	2.6	3.0	2.6	2.8	2.7
	第3区	3.7	3.3	2.6	2.0	2.4	2.1	2.6	2.5
窒素全量(%)	第1区	3.3	3.0	2.5	2.6	2.7	3.1	3.1	3.0
	第2区	2.8	2.9	2.5	2.4	2.7	2.7	2.8	2.6
	第3区	3.3	2.7	2.6	2.7	2.5	2.6	2.8	2.5
アンモニア態 窒素(%)	第1区	0.52	1.56	0.85	0.55	0.53	0.26	0.22	0.16
	第2区	0.86	0.93	0.96	0.60	0.68	0.26	0.25	0.19
	第3区	0.52	0.94	0.55	0.30	0.24	0.21	0.22	0.15
硝酸態 窒素(%)	第1区	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	第2区	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.01
	第3区	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.01	0.06
リン酸全量(%) P ₂ O ₅	第1区	4.6	5.4	4.2	5.1	5.2	5.6	5.5	7.3
	第2区	2.9	5.1	4.0	2.7	3.7	3.7	3.2	3.4
	第3区	4.6	5.0	4.2	3.8	3.6	3.7	3.9	3.8
加里全量(%) K ₂ O	第1区	2.1	2.2	2.1	2.1	2.1	2.4	2.5	2.6
	第2区	1.7	2.0	2.0	2.2	2.3	2.3	2.5	2.6
	第3区	2.1	1.8	1.9	2.0	1.9	2.0	2.2	2.3
苦土全量(%) MgO	第1区	1.7	1.9	1.7	1.7	1.8	2.2	2.1	2.4
	第2区	1.0	1.6	1.4	1.0	1.3	1.4	1.5	1.4
	第3区	1.7	1.4	1.4	1.3	1.3	1.2	1.5	1.2
石灰全量(%) CaO	第1区	4.3	4.5	4.3	4.1	4.2	5.0	5.3	5.6
	第2区	3.6	4.8	3.8	3.1	3.7	3.8	4.1	4.1
	第3区	4.3	5.8	5.3	4.7	4.8	4.3	5.6	4.7

※水分以外は全て乾物あたりの値

堆肥を使用する場合、堆肥中の重金属の含量が問題となる。特に、ブタの排せつ物は牛や鶏に比べは重金属が多いことが知られている^{13, 14)}。また、ブドウの栽培において果樹農家はボルドー液を殺菌剤として使用することが多い。ボルドー液は硫酸銅 (CuSO₄) と生

石灰 (CaO) から作られるため、高濃度の銅を含んでいる。従って、豚ふんにブドウ搾り滓を加える場合、銅をはじめとして重金属含量を測定しておくことは重要である。図－19に堆肥中の重金属の測定結果を示す。堆肥に含まれている銅濃度は、第1区で84mg/kg、第2区で62mg/kg、第3区で60mg/kgであった。亜鉛濃度は第1区で536mg/kg、第2区で339mg/kg、第3区は299mg/kgであった。ブドウ搾り滓を加えた第2区と第3区の方が重金属濃度の低くなることが示された。この原因として、堆肥の発酵終了時においてもブドウ搾り滓が完全に分解していないため、第1区に比べ完成した堆肥の質量が多いためと考えられる。また、肥料取締法では銅の濃度が300mg/kg以上、亜鉛が900mg/kg以上含まれている場合に、表示が義務づけられているが、今回の実験で作られた堆肥は重金属量を心配しないで使えることが示された。ほかの重金属に関しても低い値であった。



図－19 重金属含量

3－8 工学的手法による悪臭の分解

本研究では悪臭物質の分解の一つの手段として工学的手法の利用も視野に入れている。そこで本年度は実験室レベルで、マイクロ波と金属触媒を用いた分解法の検討を行った。

銅－クロム触媒を充填した石英管を円筒型マイクロ波照射装置にセットし、アンモニアガスを0.4L/minの流量で石英管の中を通過させた。その結果、80ppmあったアンモニアが石英管の出口では検出限界以下にまで分解されていた。(図－20)

このマイクロ波分解装置は電気エネルギーを効率よく熱エネルギーに変換できるため省エネルギーで分解できる。また、操作が用意で、100Vの家庭用電源で動き、小型なので持ち運ぶことも可能である。来年度から堆肥舎への設置を視野に入れ検討を行っていく予定である。

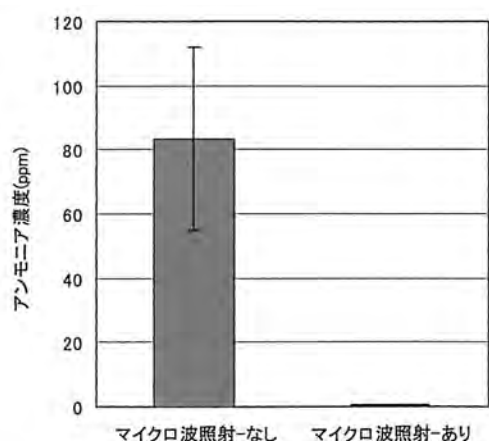


図-20 工学的的手法によるアンモニアの分解

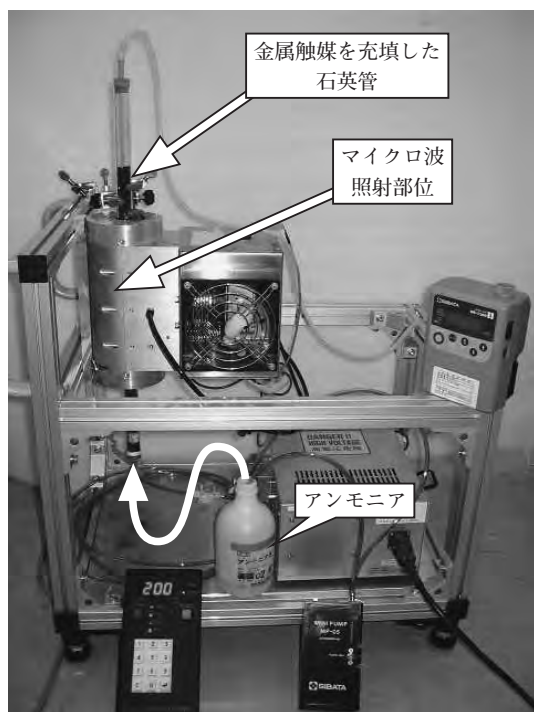


写真-9 マイクロ波分解装置

4. 考 察

本研究は、まだ、初年度であるため一年目で明らかとなった留意点および今後の検討課題を以下に記す。実用規模の堆肥化実験は実験期間が2ヶ月間必要で、天候および温度に堆肥の発酵が左右されるため、季節変動を考慮した再現性の検討が必要である。ブドウ搾り滓の保存手段を考慮し、発酵させたブドウ搾り滓の利用を検討する必要がある。悪臭物質として、硫黄化合物とアンモニアの測定を行ったが、脂肪酸の測定も検討して行きたい。消臭作用の機構として、微生物とポリフェノール類の関与が考えられるが、これらの効果を実証する検討が必要である。工学的消臭装置としてマイクロ波と金属触

媒を用いる方法を検討したが、光触媒による方法も検討したい。そして、これらの消臭装置を堆肥舎で使用する場合のスケールアップに関する検討も必要である。さらに、2年目からは、臭気を集め物理的に吸着する吸引通気装置^{15, 16)}を備えた堆肥舎での検討、および、ライシメーターによる土壌・水系への堆肥成分の影響調査とライフサイクルアセスメントに関する検討も実施していく予定である。

5. 結 言

山梨県ではワイン製造過程で生じる多量のブドウ搾り滓の処理が問題となっている。これらの一部は飼料、滓とりブランデー製造あるいは堆肥に利用されているが、多くは有用な利用法が無く処分されている。我々はこのブドウ搾り滓に着目し、豚ふんを原料として作られる堆肥の発酵過程に、ブドウ搾り滓を加えた。その結果、発酵過程で発生する悪臭を低減できることができた。そして、豚ふんとブドウ搾り滓により作られた堆肥の施肥効果は化学肥料と同等以上であった。今後、ブドウ搾り滓添加による消臭メカニズムや、施肥における土壌や水系への環境負荷に関しても検討を行っていく予定である。

6. 謝 辞

ブドウ搾り滓を快く提供してくださいましたマンズワイン株式会社には厚く御礼申し上げます。堆肥発酵過程の毎週の切り返しにおいて、重機（ホイルローダー）の操作および臭気サンプルの輸送を担当していただきました畜産試験場の保坂幸次主任技能員、保坂和彦主任技能員ならびに村上高山氏、中山三男氏、深沢豊氏には大変お世話になりました。環境科学研究所の大森さおりさんと外川雅子さんには小型堆肥化実験装置での切り返し、ならびに重金属分析においてそれぞれお世話になりました。悪臭成分の分析においては、山梨県ワインセンターの原川守研究管理幹、小松正和研究員に御協力いただきました。心から感謝致します。また、コマツナの栽培試験および堆肥の成分分析においては、総合農業技術センターの望月久美子研究員、佐藤きよみさん、鈴木ゆかりさん、根津節子さんに御協力をしていただきました。御礼申し上げます。

最後に、本研究のコーディネイターとして、適切な御助言ならびに御指導を数多くしていただきました総合理工学研究機構乙黒親男特別研究員には心から感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 羽賀清典，長田隆，田中康雄，黒田和孝，花島大：

堆肥化実験装置，特許出願番号平成8年特許出願第235967号

- 2) 坂井隆宏，脇屋裕一郎，岩永到悦：茶がらを副資材として利用した豚ふんの堆肥化，日豚会誌，41：153-161，2002
- 3) 高橋正宏，泉 秀幸：硝酸カリウム添加が堆肥化に及ぼす影響，日畜会報，77：59-65，2006
- 4) 石黒辰吉：臭気の測定と対策技術，オーム社，2002
- 5) 日本土壌協会編：堆肥等有機物質分析法，2000
- 6) 土壌養分測定法委員会編：土壌養分分析法，1987
- 7) 農林水産省消費・安全局農産安全管理課監修：ポケット肥料要覧2006，2007
- 8) 田中米実，林田晋策，本江元吉：糸状菌による畜産排泄物の処理，発酵工学，54：333-339，1976
- 9) 田中米実，林田晋策，本江元吉：真菌による鶏ふんの処理，発酵工学，55：134-140，1977
- 10) 田中米実，田中稔篤，南里信也，林田晋策：放線菌による畜産排出物の処理，発酵工学，56：788-793，1978
- 11) 太田欽幸，池田 貢：微生物による豚ふんの急速無臭化法，農芸化学，53：277-284，1979
- 12) 黒田和孝：家畜排せつ物の堆肥化における微生物を用いたアンモニア発生低減，資源環境対策，40：64-68，2004
- 13) 折原健太郎，上山紀代美，藤原俊六郎：家畜ふん堆肥の重金属含有の特性，土肥誌，73：403-409，2002
- 14) 高橋良三：豚ふん中の銅，亜鉛含量の低減に向けた飼料管理技術，日豚会誌，42：149-156，2005
- 15) 坂井隆宏，脇屋裕一郎，則武圭輔，四牟田修蔵，式町秀明：豚ふん堆肥化時に発生する臭気の活性汚泥曝気方法による脱臭，日豚会誌，42：157-164，2005
- 16) 開澤浩義：豚ふんの吸引式通気堆肥化と簡易脱臭技術，農業電化，59：28-33，2006

成果発表状況

学会発表

- 1) 長谷川達也，瀬子義幸：ブタの排せつ物中の重金属に関して，第9回MTノックアウトマウス研究会，八戸，2006
- 2) 齊藤奈々子，森 智和，長谷川達也，佐野慶一郎，金子栄廣：ブドウ滓を利用した家畜糞堆肥化の悪臭抑制効果，第39回化学工学会秋季大会，札幌，2007

**甲府盆地飲用地下水を中心とする
水質特性の時系列解析
および新規地下水調査**

甲府盆地飲用地下水を中心とする水質特性の時系列解析 および新規地下水調査

衛生公害研究所¹, 環境科学研究所², 富士工業技術センター³

小林 浩¹, 輿水 達司², 尾形 正岐³

Investigation of Groundwater Flow System in the Kofu Basin

Yamanashi Institute for Public Health¹, Yamanashi Institute of Environmental Sciences²,
Yamanashi Pref. Fuji Industrial Technology Center³

Hiroshi KOBAYASHI¹, Satoshi KOSHIMIZU² and Masaki OGATA³

要 約

各水道事業体（市町村）が水道水源として利用している飲用地下水の、おおむね4年以上のデータが得られた11市町村の170井戸、1,429試料について検査結果を収集した。測定項目のうちpH, Na, Cl, 硬度, 蒸発残留物はすべての地点において結果が記載され、地点ごとの比較が可能であることがわかった。また、硝酸性・亜硝酸性窒素もすべての地点で検出され、人為的影響（主に農業生産活動）を確認できると考えられた。掘削深度は166地点について把握することができた。データ収集井戸の特徴として、50m以上150m未満の井戸が多く、166井戸中110井戸（66.3%）がこの深度に分布していた。しかし、盆地の西側（釜無川）と東側（笛吹川）との比較では、掘削深度は大きく異なっていた。

1. 緒 言

山梨県の中心部に位置する甲府盆地は、周辺を深い森林で覆われ、豊富な地下水が存在する（防災研究協会、1967）。本県では盆地やその周辺地域において上水道に地下水を多く利用している。一方、甲府盆地および周辺部は扇状地が広がり良好な果樹栽培地域として発展し、桃やブドウは国内屈指の生産地となっている。しかし、この地域は砂層や砂礫層から形成され透水性が高く（山梨県、1974；東京通産産業局、1977）、地下水が表層部の人為的活動の影響を受けやすいと推定される。そのため、水質状況の監視は必須である。

地下水は上層部の農業や工業などの人為的な影響や、降雨や降雪、森林生態系、岩石・地質などの自然的影響を受け、様々な物質や成分を含有している。水試料中の様々な成分を利用し、時間的な変化を知ることにより、自然的・人為的な影響の有無を把握し、現状の水質状況から将来の水質を予測することが可能と考えられる。また、掘削深度と水質状況を検討することで、地下深部の水質影響を、空間的に把握することが可能となる。水質の経時的な変化傾向の把握と、空間的な違いから、地下水の現状と将来的に利用可能な地下水を知ることができると考えられる。

水質の時間的な変化傾向や、新たな地下水を調査するための基礎資料として、我々は水道水源として利用され

る飲用地下水の水道原水検査結果に着目した。この検査は、毎年1回以上、水道水質基準に基づき50項目の水質検査が行なわれる。また、ほとんどの井戸の掘削深度が明らかであり、掘削深度と測定項目との関連性を比較できる。主な測定項目のうち、ナトリウムイオン（以下Na）や塩化物イオン（Cl）、蒸発残留物などは水質状況を示す基礎的なデータであり、硝酸性・亜硝酸性窒素は人為的影響を知ることのできる項目であり、この測定結果は地下水水質状況を把握できる資料である。

本年度は調査1年目であるため、以下の内容について検討した。

1) 甲府盆地と周辺に位置する飲用井戸水の水質検査結果を収集する。

2) 水質検査結果の項目から、人為的な影響や自然的な影響を示す項目を選択し、集積データ利用の可否の検討を開始する。

3) 井戸深度情報を基に地域的な特徴を把握する。

2. 解析方法

2-1 収集・解析したデータの概要

各水道事業体（市町村）が水道水源として利用している飲用地下水のおおむね4年以上のデータが得られた11市町村の170井戸、1,429試料について収集できた。井戸地点の概要を図1に示し、市町村ごとの試料数や

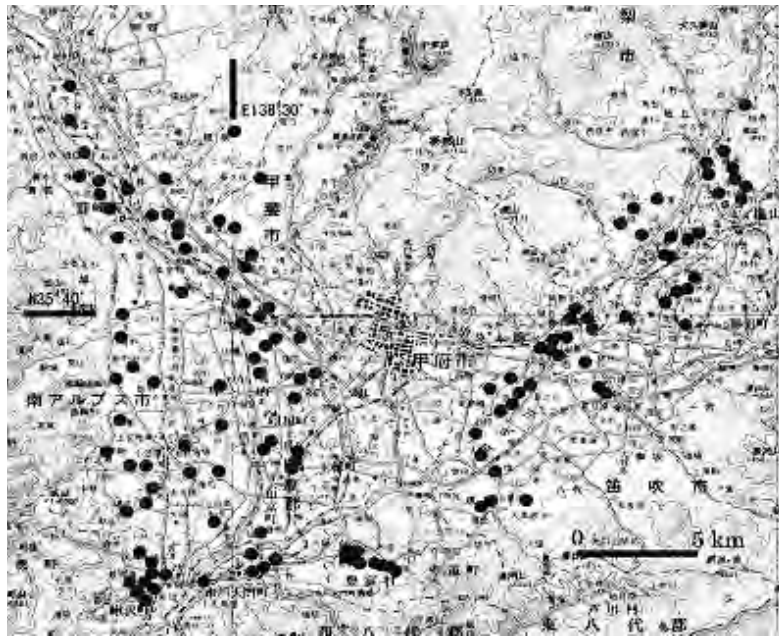


図1 井戸地点の概要

データ収集期間の概要を表1に示した。

表1 変化傾向を解析した調査地点とデータの概要

市町村名	データ数	地点数	解析期間(年度)
山梨市	186	17	H7-18
甲斐市	105	23	H13-17
南アルプス市	184	24	H11-15
増穂町	50	10	H14-18
韮崎市	70	18	H13, 16-18
田富町	54	6	H6-18
市川大門町	23	5	H14-18
甲府市・昭和町	354	20	S61-H17
豊富村	54	9	H14-18
甲州市	140	11	H6-18
笛吹市	209	27	H12-18
合 計	1,429	170	

3. 結果と考察

3-1 解析対象項目と有効性

水質基準項目は50項目設定されているが、その多くはppbレベルの濃度であり、「不検出」の項目も多い。それらのうち、水質性状を示すpH、Na、Cl、硬度、蒸発残留物はすべての地点において値が記載され比較可能であることが確認できた。また、水質基準項目には設定されないが電気伝導度(以下「EC」)の測定が行なわれている。この項目は、水質性状を示す安定した物理情報のひとつであり、変化傾向の把握に有効と思われた。また、硝酸性・亜硝酸性窒素はすべての地点で検出され、人為的影響(主に農業生産活動)を確認できると考えら

れる。

各測定項目の最高値、最低値、平均値を表2に示した。水道水質基準と比較すると、硝酸性・亜硝酸性窒素の項目、pHの項目において基準値を超えた地点があったが、その他の項目においては基準を満たしていた。また平均値は基準値より低い値だった。

表2 解析対象項目の概要

	硝酸性・亜硝酸性窒素	Na	Cl	硬度	蒸発残留物	pH	EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
最高値	13.40	95.0	53.2	197	401	9.00	696
最低値	0.02	3.7	0.4	5.9	55	6.38	63.6
平均値	2.95	12.4	8.2	82.7	164	7.49	228

*pH, ECを除く各項目の単位: mg/L

3-2 掘削深度の特徴

掘削深度は166地点について把握することができた。市町村ごとの深度別井戸数を図2に示した。対象井戸全体の特徴として、50m以上150m未満の井戸が多く、166井戸中110井戸(66.3%)がこの深度に分布していた。しかし、盆地の西側(釜無川)と東側(笛吹川)との比較では、掘削深度は大きく異なっていた。甲府盆地中心部と河川合流部分を除いた釜無川側(盆地西側)72地点、笛吹川側(盆地東側)63地点の掘削深度の概要を図3に示した。盆地西側井戸の掘削深度平均は158mであり、盆地東側井戸の平均深度は92mであり、盆地西側の釜無川地域の平均深度が60m以上深かった。

掘削深度が異なるため、水質性状を示すpHを比較すると、pHの平均値では、盆地西側を流下する釜無川左

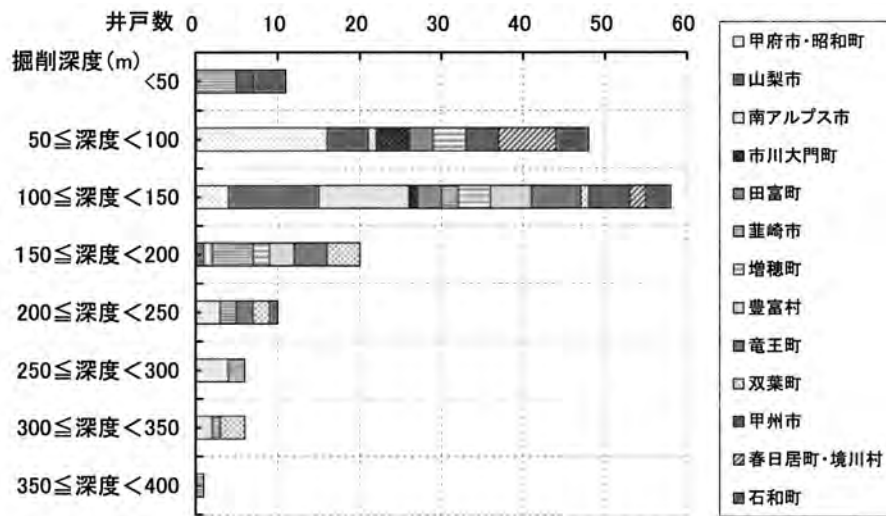


図2 市町村ごとの深度別井戸数

岸で約7.3の値を示し、他の地点では7.5～7.9の値を示し、掘削深度の浅い地下水では中性に近く、深い井戸ではpH 7より高いアルカリ性を示していた。

4. 今後の課題

甲府盆地飲用地下水の水質検査結果を元に、水質性状を示す項目について測定結果を収集した。この結果のうち、水質性状のNa、Cl、硬度は主に地下水の胚胎する岩石や地質的な状況を反映すると推定される。また、pHの平均値は、地域的な違いが認められた。水道水質基準のうち、硝酸性・亜硝酸性窒素濃度は、一部水質基準を超える地点もあったが、多くの地点で濃度は基準値より低いことが確認された。今後、降水量や地下水量、負荷量の比較などの要因を基に、変化傾向（経時的变化）と深度別特徴（空間的特徴）について2年目以降検討を行う予定である。

また、変化傾向が認められる項目については、変化傾向の程度や要因について検討を行うことを考えている。

謝 辞

ここにまとめたデータは水道事業者（市町村）の協力により、水道原水検査結果を比較検討した。データを提供していただきました関係各位に深く感謝いたします。

参考資料

- 1) 防災研究協会 (1967)：甲府盆地地下水の動態に関する研究調査, p21-28
- 2) 東京通商産業局総務部開発業務課 (1977)：山梨県甲府地域地下水利用適正化調査報告書（その2）, 222号, 51-70

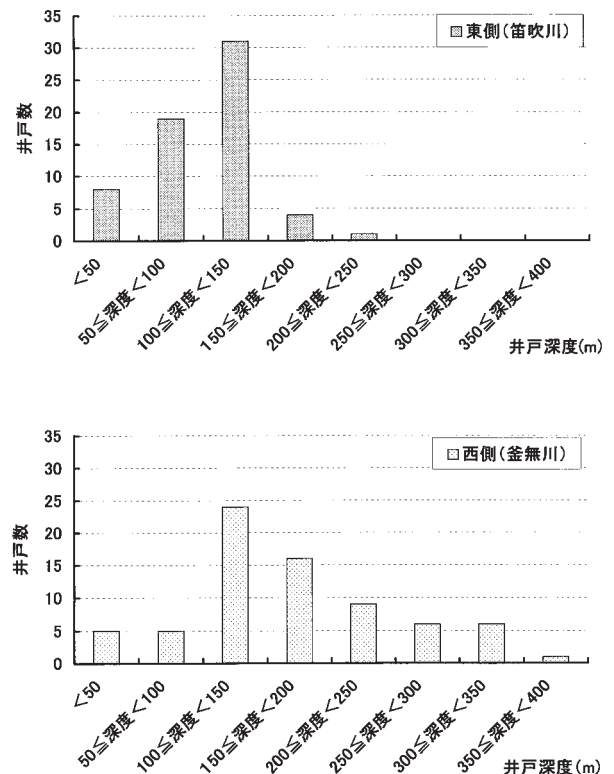


図3 地域別掘削深度の概要

- 3) 山梨県 (1974)：山梨県の地下水資源, 山梨県水資源調査委員会

成果発表状況

学会発表

- 1) 尾形正岐, 小林 浩, 奥水達司, 甲府盆地周辺河川水, 地下水の水質性状把握～既存データから変化を探る～, 廃棄物学会・地盤工学会・日本地下水学

会・日本水環境学会・土壌環境センター，京都府，
2007

- 2) 小林 浩，興水達司，尾形正岐，甲府盆地飲用地
下水の水質変動の把握，日本地下水学会，千葉県，
2007
- 3) 尾形正岐，小林 浩，興水達司，釜無川と桂川の
pH，DO，BOD経年変化，日本水文科学会，東京
都，2007
- 4) 小林 浩，興水達司，堀内雅人，甲府盆地地下水
の農薬濃度と地域性，日本地下水学会，長野県，
2007
- 5) 興水達司，小林 浩，甲府盆地の地下水中ヒ素起
源，日本地下水学会，長野県，2007
- 6) 小林 浩，興水達司，尾形正岐，甲府盆地飲用地
下水中の硝酸性窒素濃度と水質特性，水環境学会，愛
知県，2008

資料

(1) 平成19年度山梨県総合理工学研究機構の活動

「山梨県総合理工学研究機構運営委員会」の開催

(委員名簿は別表1)

- ・平成19年7月3日 第1回運営委員会開催
平成18年度終了研究テーマの事後評価
実施中の研究テーマの成果報告
- ・平成19年10月15日 第2回運営委員会開催
平成20年度新規研究テーマ(案)の事前評価

「山梨県総合理工学研究機構テーマ等調整会議」の開催

(構成員名簿は別表2)

- ・平成19年6月15日 第1回会議開催
平成19年度研究体制について
平成19年度研究予算の配分について
各研究テーマの進捗状況の報告
- ・平成19年9月21日 第2回会議開催
平成20年度新規研究テーマ(案)の事前評価について
平成19年度研究予算の第2次追加配分について
平成20年度試験研究費について

研究報告書の出版

- ・平成18年6月30日 山梨県総合理工学研究機構研究報告書第2号を出版

研究成果の発表

- ・平成19年9月7日 県・山梨大学連携研究公開事業において研究発表

特許出願

- ・平成19年5月25日 「鳥類卵の孵化抑制方法及びその装置」(特願2007-139405)

平成19年

別表 1 運営委員会委員名簿

氏 名	役 職
◎伊藤 洋	関東IT支援NPO連絡協議会代表幹事、元山梨大学副学長
○風間 善樹	産業活性化研究所所長、山梨県機械電子工業会会長
早川 正幸	山梨大学医学工学総合研究部教授
前田秀一郎	山梨大学大学院医学工学総合研究部長・医学部長・生化学教授
陽 捷行	北里大学教授、元独立行政法人農業環境技術研究所理事長

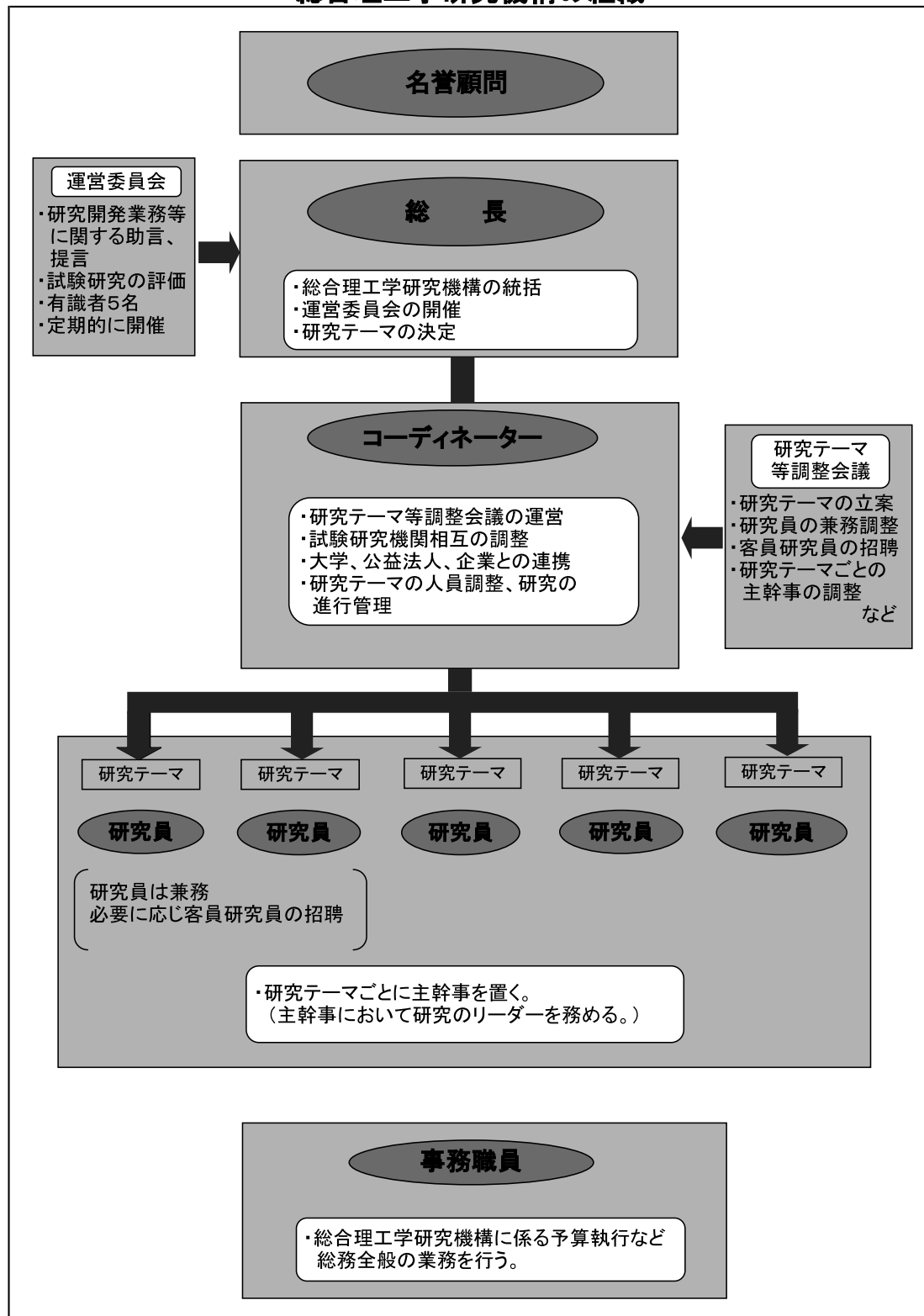
(五十音順、役職名は平成18年5月現在、◎：委員長、○：副委員長)

別表 2 研究テーマ等調整会議メンバー

氏 名	役 職
高橋 要	衛生公害研究所長
志村 充	環境科学研究所副所長
上野 喜弘	森林総合研究所長
殿岡 日吉	工業技術センター所長
羽田 幸徳	富士工業技術センター所長
芳賀 稔	水産技術センター所長
浅利 覚	総合農業技術センター所長
櫻井 健雄	果樹試験場長
小林 政雄	畜産試験場長
白砂 勇	酪農試験場長
林 政一	総合理工学研究機構事務局長
日向 茂樹	総合理工学研究機構次長(兼)
乙黒 親男	総合理工学研究機構コーディネーター
眞浦 正徳	総合理工学研究機構コーディネーター
永井 正則	総合理工学研究機構コーディネーター

(2) 平成19年度山梨県総合理工学研究機構組織図

総合理工学研究機構の組織



平成19年度組織図（附）

名 誉 顧 問	大 村 智
総 長	小 林 正彦

事 務 局 長	林 政一
次 長（兼）	日 向 茂樹

（総務スタッフ）

主 査	北 村 徹
-----	-------

（コーディネーター）

特別研究員	乙 黒 親男
特別研究員	眞 浦 正徳
特別研究員	永 井 正則

（研究スタッフ）

技 術 吏 員（兼）	小 林 浩
技 術 吏 員（兼）	興 水 達司
技 術 吏 員（兼）	長 谷 川 達也
技 術 吏 員（兼）	小 澤 雅之
技 術 吏 員（兼）	長 池 卓男
技 術 吏 員（兼）	萩 原 茂
技 術 吏 員（兼）	岩 間 貴司
技 術 吏 員（兼）	恩 田 匠
技 術 吏 員（兼）	小 松 正和
技 術 吏 員（兼）	上 垣 良信
技 術 吏 員（兼）	尾 形 正岐
技 術 吏 員（兼）	桐 生 透
技 術 吏 員（兼）	竹 丘 守
技 術 吏 員（兼）	長 坂 克彦
技 術 吏 員（兼）	山 崎 修平
技 術 吏 員（兼）	猪 俣 雅人
技 術 吏 員（兼）	齊 藤 典義
技 術 吏 員（兼）	高 橋 照美
技 術 吏 員（兼）	伊 藤 和彦

課題担当コーディネーター一覧

課 題 名	研究期間	平成17年度	平成18年度	平成19年度
地域農産素材の機能性解明と高付加価値製品の開発	平17～20	功刀能文	眞浦正徳	眞浦正徳
未利用農林産物系バイオマスの利用技術の開発	平17～19	功刀能文	眞浦正徳	眞浦正徳
廃棄プラスチックの熱分解とリサイクル技術の研究開発	平17～18	鮎沢信家	永井正則	
無電極プラズマ光による次世代水殺菌処理システムの研究開発	平17～18	鮎沢信家	乙黒親男	
栽培条件の異なるブドウ「甲州」を用いたワインの個性化醸造技術の確立に関する研究	平17～19	渡辺和裕	乙黒親男	乙黒親男
農林水産物の鳥獣類被害に対する防除対策の研究	平18～19		永井正則	永井正則
ブドウ搾り滓を活用した家畜排泄物の堆肥化および環境負荷低減化技術の開発	平19～21			乙黒親男
人工光利用による施設栽培ブドウの高品質化技術の開発	平19～21			眞浦正徳
甲府盆地飲用地下水を中心とする水質特性の時系列解析及び新規地下水調査	平19～21			永井正則

山梨県総合理工学研究機構研究報告書
第 3 号

Y-CROST Research Report 2008

2008年 6 月発行

編集・発行
山梨県総合理工学研究機構

〒400-0055 甲府市大津町2094
電話：055-243-6046
FAX：055-243-6047
e-mail：s-rikouken@pref.yamanashi.lg.jp

印刷 株式会社ヨネヤ

表紙デザイン：山梨県工業技術センターデザイン技術部