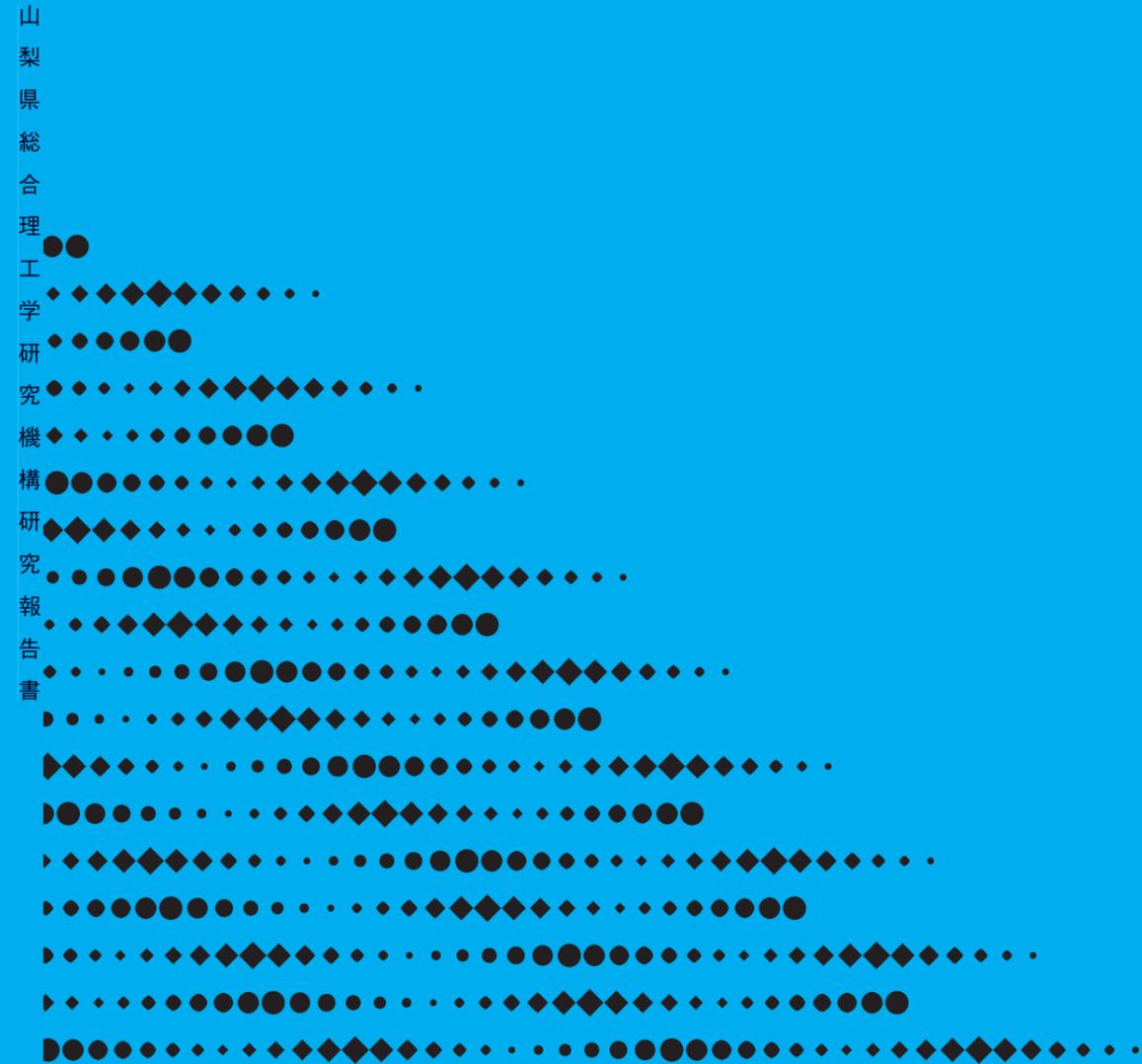


2007

山梨県総合理工学研究機構 研究報告書 第2号



第
2
号

Y-CROST Research Report 2007

Y-CROST
Comprehensive Research Organization for Science and Technology
Yamanashi Prefectural Government



環境にやさしい古紙配合率100%再生紙と
植物性大豆インキを使用しています。

山梨県総合理工学研究機構研究報告書

第 2 号

Y-CROST
Research Report 2007

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) 県産野菜の機能性評価	1
	2) 新作物キノアの生体調節機能の調査とその利用技術の開発	6
	3) 牛乳中の機能性を高める飼料給与方法の確立	14
2	未利用農林産物系バイオマスの利用技術の開発	
	1) バイオマス植物としてのスイートコーンの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	17
	2) 山梨県地域における林地残材の堆積状況	24
3	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	29
4	無電極放電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 (第2報)	33
5	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	43
6	農林水産物の鳥獣類被害に対する防除対策の研究	
	1) ニホンジカによる樹木の食害	51
	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	54

資 料

(1)	平成18度山梨県総合理工学研究機構の活動	57
	総合理工学研究機構運営委員会名簿	58
	総合理工学研究機構テーマ等調整会議メンバー名簿	58
(2)	平成18年度山梨県総合理工学研究機構組織図	59
	担当コーディネーター一覧	61

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。

設立初年度には、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つの研究テーマを選定し、現在まで研究を行ってきました。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が平成18年度末に所定の成果を挙げて終了し、成果の実用化に向けた取り組みが始まりました。プラズマ光を用いた水殺菌技術に関する研究も、一定の成果を得て終了しました。設立2年目の平成18年度には、新たに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ました。本研究機構の設立目標のひとつである県内試験研究機関の横断的連携により、研究開始1年目でカワウの個体数の管理技術に関して目に見える成果を挙げることができました。

この度、山梨県総合理工学研究機構の平成18年度の研究成果をとりまとめ、研究報告書第2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。今後、得られた成果の普及に向けても力を注ぐ所存であります。

本研究機構の活動が、本県の科学技術の更なる発展の礎となることを願っています。

平成19年7月31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) 県産野菜の機能性評価

山梨県工業技術センター

木村 英生、長沼 孝多、小嶋 匡人
恩田 匠

2) 新作物キノアの生体調節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、内田 一秀
堀内 浩明、上野 直也、長坂 克彦
加藤 知美

(付) 第223回日本作物学会講演要旨

3) 牛乳中の機能性を高める飼料給与方法の確立

山梨県酪農試験場

横山 紅子、保倉 勝己

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) バイオマス植物としてのスイートコーンの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

山梨県工業技術センター

○恩田 匠、長沼 孝多、小嶋 匡人
山梨県農業技術センター
長坂 克彦、市川 和規、加藤 知美
山梨大学 島崎 洋一

2) 山梨県地域における林地残材の堆積状況

山梨県森林総合研究所 小澤 雅之

(付) 2007年度 国際バイオエネルギー学会講演要旨

3 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 (平成17年度～18年度)

山梨県環境科学研究所

齊藤奈々子、森 智和、○本郷 哲郎
静岡県立大学 佐野慶一郎
山梨県富士工業技術センター 萩原 義人
日清オイリオグループ(株) 高柳 正明

4 無電極放電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 (第2報) (平成17年度～18年度)

山梨県富士工業技術センター

○渡辺 誠、尾形 正岐

山梨大学医学工学総合研究部

ワイン科学研究センター

高柳 勉、鈴木 俊二

5 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 中込 一憲、齋藤 典義

山梨大学教育人間科学部

時友裕紀子

山梨県ワイン酒造組合

上野 昇

6 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

Research Report of Comprehensive Research Organization of Science and Technology, Yamanashi Prefecture (Y-CROST) 2007

Index of Research Projects

The Angiotensin Converting Enzyme (ACE) Inhibiting Activity and the Antiallergic Activity of Local Agricultural Products

Hideo KIMURA, Kota NAGANUMA, Masahito KOJIMA, Takumi ONDA (Industrial Technology Center)

Investigation of Biological Conditioning Action and Development of the Utilisation Technology in New Crop Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)

Mamoru TAKEOKA, Toshiyuki ISHII, Kazuhide UCHIDA, Hiroaki HORIUCHI, Naoya UENO, Katsuhiko NAGASAKA, Tomomi KATO (Agricultural Technology Center)

Assessment of Feeding Systems for the Enhancement of Functional Activities of the Cow Milk

Beniko YOKOYAMA, Katsumi HOKURA (Dairy Experiment Station)

Use Suitability of Sweet Corn as the Biomass and Bio-ethanol Production from Sweet Corn Residues

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

State of Forest Residues in Forests and Timber Yards in Yamanashi Area

Masayuki OZAWA (Forest Research Institute)

Development of Dissolution and Recycling Technique of Plastic Wastes

Nanako SAITO, Tomokazu MORI (Institute of Environmental Sciences), Keiichiro SANO (University of Shizuoka), Yoshihito HAGIHARA (Fuji Industrial Technology Center), Masaaki TAKAYANAGI (Nissin OilliO Group, Ltd.)

Research and Development of Water Sterilize System by Electrodeless Discharge Plasma Emission (2nd Report)

Makoto WATANABE, Masaki OGATA (Fuji Industrial Technology Center), Tsutomu TAKAYANAGI, Shunji SUZUKI (Interdisciplinary Graduate School of Medicine and Engineering & Institute of Enology and Viticulture, University of Yamanashi)

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), Kazunori NAKAGOMI, Noriyoshi SAITO (Fruit Tree Experimental Station), Yukiko TOKITOMO (Yamanashi University), Noboru UENO (Yamanashi Prefecture Wine Manufacturers' Association)

Studies for Controlling the Damage by Wildlife Debarking of Trees 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 (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

県産野菜の機能性評価

工業技術センター

木村 英生・長沼 孝多・小嶋 匡人・恩田 匠

ACE Inhibiting Activity and the Antiallergic Activity of Local Agricultural Products

Industrial Technology Center

Hideo KIMURA, Kota NAGANUMA, Masahito KOJIMA and Takumi ONDA

要 約

山梨県産野菜29品種を対象に、その血圧上昇抑制性（アンジオテンシン変換酵素（ACE）阻害活性）及び抗アレルギー性（ヒアルロニダーゼ阻害活性及び脱顆粒阻害活性）を調査した。野菜中で高いACE阻害活性を示したのは水かけ菜であった。またヒアルロニダーゼ阻害活性及び脱顆粒阻害活性の両者を示したのはクレソンとスイートコーン（ゴールドラッシュ及び味来）であった。

Abstract

The angiotensin converting enzyme (ACE) inhibiting activity and the antiallergic activity of vegetable were investigated. Mizukakena showed the high ACE inhibiting activity as compared with other vegetable. Cresson and sweet corn (Gold rush and Mirai) showed the inhibiting activity of hyaluronidase and the inhibiting activity of degranulation from RBL-2H3 cells.

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（病気の予防に働く等の機能）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、抗ガン及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活かされている。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に取り組んでいる¹⁾。

山梨県内においても、限られた地域で長年生産されてきた在来野菜（おちあいいも（丹波山村）、鳴沢菜（鳴沢村）、長禅寺菜（甲府市）、大野菜（おおのな、身延町）などは数多く見られる。また、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）などの野菜が存在する。

そこで、本研究では、山梨県内の農産物素材を対象に、その機能性を明らかにし、機能性成分を豊富に含む

農産物の育成やこれら農産物を用いた新たな機能性食品を開発することを目的とした。本研究は山梨県工業技術センター、山梨県総合農業技術センター及び山梨県酪農試験場の3機関が担当し、工業技術センターでは、県産野菜を対象に、その機能性を明らかにすることを研究目的としている。

今年度はこれら在来野菜類及び一般野菜類を対象として、その血圧上昇抑制性（アンジオテンシン変換酵素（ACE）阻害活性）及び抗アレルギー活性（ヒアルロニダーゼ阻害活性と脱顆粒阻害活性）について調査した。

2. 実験方法

2-1 供試野菜

供試野菜を表1に示した。これらの野菜はいずれも山梨県産であり、平成17~18年度に農園（農家）、農協などの直売所、スーパーなどで購入した。ここでは、山梨県の在来種である野菜を「在来野菜」とし、それ以外の野菜を「一般野菜」とした。

表1 供試野菜

区 分	名 称 ・ 品 種
在 来 野 菜	大野菜, おちあいいも, 長禅寺菜 水かけ菜 (水菜, 冬菜), 鳴沢菜 茂倉うり
一 般 野 菜	クレソン, 大塚にんじん, 長かぶ やはたいも (静岡早生) ジャガイモ (メークイーン, キタアカリ, 男爵, アンデスレッド, デジマ) スイートコーン (甘々娘, おひさまコーン, 味来, ゴールドラッシュ) モロヘイヤ, 野沢菜, きゅうり, 白うり 大根 (浅尾ダイコン), 小松菜, トマト ブロッコリー, 水菜

2-2 分析試料の調製

供試野菜 (可食部) 20gを細断し, 破碎後の終濃度が80%となるよう99.5%エタノールを加え, 15分間加熱還流を行った. 冷却後ホモジナイズし, ろ紙 (ADVANTEC No.2) でろ過した. 残さは回収し, 80%エタノールを加えて同様に加熱還流を行い, ろ紙 (ADVANTEC No.2) でろ過した. ろ液はすべて合わせて45~50℃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 (ADVANTEC No.5C) でろ過したものを分析試料とした.

2-3 血圧上昇抑制性評価試験 (アンジオテンシン変換酵素 (ACE) 阻害活性)

試験は堀江らの方法²⁾に従った.

2-3-1 試薬の調製

(1) リン酸緩衝液

600mMの塩化ナトリウムを含む400mMリン酸一カリウム水溶液と同濃度のリン酸二カリウム水溶液をpHが8.3となるように混合した.

(2) アンジオテンシン変換酵素基質液 (A液)

アンジオテンシン変換酵素合成基質Hip-His-Leu (Hippuryl-L-histidyl-L-leucine, 和光純薬) 2mgに対し, リン酸緩衝液1mlの割合で溶解した.

(3) アンジオテンシン変換酵素 (ACE) 液 (B液)

アンジオテンシン変換酵素 (ACE; ウサギ肺由来, SIGMA) 0.1unitに対し, 蒸留水4mlの割合で溶解させた.

2-3-2 操作

試験管にA液100 μ l, 分析試料100 μ lを加え, 5分間37℃で保持した. 次いでB液100 μ lを加え, 攪拌した後, 37℃で30分間酵素反応させた. 1N塩酸250 μ lを加えて

反応を停止させ, 反応生成物 (馬尿酸) を回収するため酢酸エチル1.5mlを加えて15秒間攪拌した後, 遠心分離 (3000rpm, 10分間) した. 酢酸エチル層1mlを採取し, 酢酸エチルを減圧乾燥機で除去した後, 蒸留水1mlを加えて攪拌し, 15分間静置して溶解させた. この液について, 分光光度計を用いて228nmの吸光度を測定した. このときの吸光度をAsとした. またB液100 μ lを加えずに37℃で30分間反応させ, 1N塩酸を加えて反応を停止させた後, B液を加えた試験区も同時に行った. この吸光度をAb1とした.

分析試料の代わりに蒸留水を用いた試験区も同時に行い, それぞれの吸光度をAc, Ab2とした.

ACE阻害率 (%) は, $\{1 - (As - Ab1) / (Ac - Ab2)\} \times 100$ で算出した. 分析試料は適宜希釈し, それぞれの試料濃度のACE阻害率 (%) を上記の操作で求め, 阻害率と試料濃度のプロット上50%阻害に対応する試料量を読み取り, IC₅₀とした.

2-4 抗アレルギー性評価試験

2-4-1 ヒアルロニダーゼ阻害活性

ASADAらの方法³⁾にしたがって測定し, 阻害率を示した. すなわち, 分析試料0.1mlに酵素溶液 (0.1M酢酸緩衝液 (pH4.0) にHyaluronidase TypeIV-S from bovine tests (SIGMA) を4.0mg/mlとなるように溶解) 0.05mlを混合し, 37℃で20分間保持した. 次いで酵素活性化液 (酢酸緩衝液にCompound 48/80 (SIGMA) を0.5mg/ml, 塩化カルシウムを3.8mg/mlとなるように溶解) 0.1mlを添加し, 37℃で20分間保持した後, 基質溶液 (酢酸緩衝液にHyaluronic acid sodium salt from rooster comb (SIGMA) を0.8mg/mlとなるように溶解) 0.25mlを添加して37℃で40分間保持した. これに0.4N NaOH 0.1mlとホウ酸カリウム溶液 (0.8Mホウ酸水溶液に水酸化カリウムを22.4mg/mlとなるように溶解) 0.1mlを添加し, 沸騰水中で3分間加熱後, 急冷した. *p*-ジメチルアミノベンズアルデヒド溶液3ml (*p*-Dimethylaminobenzaldehyde (和光純薬) 5gを氷酢酸44ml, 10N HCl 6mlに溶解. 使用時に氷酢酸で10倍希釈) を加え, 37℃で20分間保持し, 585nmの吸光度を測定した. 分析試料の代わりに蒸留水を入れたものを対照とし, 各分析試料と対照について酵素溶液を入れないものをブランクとして, 吸光度を測定し, 阻害率を求めた.

2-4-2 マスト細胞の脱顆粒阻害活性

アレルギーに関与するマスト細胞の脱顆粒モデル系⁴⁾を使用した. すなわち, マスト細胞 (RBL-2H3, ラット好塩基性白血球細胞株JCRB0023, ヒューマンサイエンス振興財団) を, 10%ウシ胎児血清, 100unit/mlペニシリン, 100 μ g/mlストレプトマイシンを含む

Dulbecco's Modified Eagle's Medium (SIGMA) で一晚培養 (37°C, 5 % CO₂) した。次に、マスト細胞を96well平底マイクロプレートに5.0×10⁴ cells/well (200 μl/well) となるように播種して一晚培養 (37°C, 5 % CO₂) しwellに付着させた。各wellに抗DNP-IgE抗体 (Monoclonal Anti-DNP, SIGMA) を添加して2時間 (37°C, 5 % CO₂) 培養することでマスト細胞を感作させ、PBS(-)で2回洗浄した後、希釈した分析試料を98 μlずつ添加し、10分間培養 (37°C, 5 % CO₂) した。これにヒトDNP抗原 (Albumin, dinitrophenyl human, SIGMA) を2 μl添加して30分間培養 (37°C, 5 % CO₂) し、マスト細胞を脱顆粒刺激した。5分間氷冷して反応を止めた後、各wellの上清を50 μlずつ別のマイクロプレートに移し、基質溶液 (100mMクエン酸緩衝液にp-Nitrophenyl-2- acetamido- 2-deoxy-beta-D-glucopyranoside (和光純薬) を3.3mMになるように溶解) を100 μl加えて混和後、37°Cで25分間反応させた。2.0Mグリシン緩衝液を100 μl加えて反応を停止し、マイクロプレートリーダーで405nmの吸光度を測定し、脱顆粒時に細胞内から放出されたβ-hexosaminidase活性を指標として、分析試料の阻害活性を評価した。また、分析試料の代わりにPBS(-)を添加した場合の活性を対照とし、分析試料の脱顆粒阻害率を求めた。

3. 実験結果および考察

3-1 野菜類の血圧上昇抑制性

ACE阻害活性は、ACE活性を50%阻害するために必要な試料濃度 (IC₅₀; g湿重量/100ml) で示した (表2, 表3)。

表2 在来野菜のACE阻害活性

供試野菜	ACE阻害活性 IC ₅₀ (g/100ml)
大野菜	>20
おちあいいも	>20
長禅寺菜	>20
鳴沢菜	>20
水かけ菜 (水菜)	8.8
水かけ菜 (冬菜)	10.6
茂倉うり	>20

在来野菜7種の中では、水かけ菜 (水菜) が最も高い阻害活性を示し、8.8 (g/100ml) であった。続いて水かけ菜 (冬菜) が10.6 (g/100ml) であり、その他の野菜は20.0 (g/100ml) 以上であった。

一方、一般野菜22種の中では、モロヘイヤ、クレソン及び野沢菜が9.0, 11.8及び15.6 (g/100ml) を示したが、その他の野菜は20 (g/100ml) 以上であった。

ACEは、不活性なアンジオテンシン I のC末端His-Leuを切断し、血管収縮などの強い血圧上昇作用を有するアンジオテンシン II を生じさせ、一方で、強い血管拡張作用を有するブラジキニンを分解する働きをしている昇圧系酵素である。このACEの働きを阻害することにより、高血圧症の治療が可能である。今回野菜中で阻害活性を示した水かけ菜などには、ACE阻害物質が含まれ、高血圧症の予防効果を示す可能性が考えられる。

ACE阻害物質については、食品タンパク質由来のペプチド型物質が数多く報告⁵⁻⁹⁾ されているが、原ら¹⁰⁾ によって茶成分のポリフェノール類 (カテキン類やテアフラビン類) にもACE阻害活性があることが報告されている。阻害物質の推定については、今後実施していきたい。

表3 一般野菜のACE阻害活性

供試野菜	ACE阻害活性 IC ₅₀ (g/100ml)
大塚にんじん	>20
きゅうり	>20
クレソン	11.8
小松菜	>20
白うり	>20
大根 (浅尾大根)	>20
トマト	>20
長かぶ	>20
野沢菜	15.6
ブロッコリー	>20
水菜	>20
モロヘイヤ	9.0
やはたいも	>20
(スイートコーン)	
おひさまコーン	>20
甘々娘	>20
ゴールドラッシュ	>20
味来	>20
(ジャガイモ)	
アンデスレッド	>20
キタアカリ	>20
男爵	>20
デジマ	>20
メークイーン	>20

3-2 野菜類の抗アレルギー性

在来野菜のヒアルロニダーゼ阻害率と脱顆粒阻害率を表4に示した。また、一般野菜のヒアルロニダーゼ阻害率と脱顆粒阻害率を表5に示した。

表4 在来野菜の抗アレルギー性

供試野菜	ヒアルロニダーゼ 阻害率 (%)	脱顆粒 阻害率 (%)
大野菜	0	0
おちあいいも	0	0
長禅寺菜	5.6	0
鳴沢菜	0	0
水かけ菜 (水菜)	3.4	0
水かけ菜 (冬菜)	5.9	0
茂倉うり	0	0

表5 一般野菜の抗アレルギー性

供試野菜	ヒアルロニダーゼ 阻害率 (%)	脱顆粒 阻害率 (%)
大塚にんじん	0	0
きゅうり	4.4	13.3
クレソン	5.6	8.9
小松菜	5.1	0
白うり	0	0
大根 (浅尾大根)	2.1	0
トマト	0	0
長かぶ	0	0
野沢菜	0	15.4
ブロッコリー	21.7	0
水菜	0	0
モロヘイヤ	20.3	0
やはたいも	15.3	0
(スイートコーン)		
おひさまコーン	3.6	0
甘々娘	0	0
ゴールドラッシュ	2.9	3.1
味来	2.7	15.8
(ジャガイモ)		
アンデスレッド	4.0	0
キタアカリ	3.0	0
男爵	2.3	0
デジマ	0	0
メークイーン	3.3	0

在来野菜7種で比較すると、水かけ菜 (冬菜) が5.9%、長禅寺菜が5.6%、水かけ菜 (水菜) が3.4%のヒアルロニダーゼ阻害率を示した。

一般野菜では、ブロッコリーが21.7%、モロヘイヤが20.3%、やはたいもが15.3%のヒアルロニダーゼ阻害率を示し、きゅうり、クレソン及びスイートコーンのゴールドラッシュと味来が、ヒアルロニダーゼ阻害活性と脱顆粒阻害活性の双方を示した。

既報によると、野菜類の抗アレルギー活性には主にポリフェノールが関与する。強い抗アレルギー活性を示す野菜には、トマト (加工用トマトの果皮)¹¹⁾、茶 (べにふうき)¹²⁾、タイム¹³⁾、エストラゴン¹³⁾などが報告され、いずれも特定のポリフェノールが関与している。本試験で野菜類が示したヒアルロニダーゼ阻害活性と脱顆粒阻害活性にもポリフェノールが関与している可能性が考えられる。しかし、阻害率は高くとも20%前後であり、既報の野菜類のように顕著な阻害活性を示す野菜類は見られなかった。また、既報のポリフェノール含有量とも特に相関は見られなかった。

4. 結 言

県産野菜のアンジオテンシン変換酵素 (ACE) 阻害活性について調査したところ、水かけ菜が高い阻害活性を示した。

また県産野菜の抗アレルギー性 (ヒアルロニダーゼ阻害活性及び脱顆粒阻害活性) について調査したところ、数種の野菜で阻害活性を示すことが明らかになった。

以上の結果から、これらの野菜を素材とすることで、高血圧予防効果や抗アレルギー性を有する機能性食品を開発できる可能性が示唆された。

謝 辞

動物細胞の脱顆粒抑制性を測定するにあたり、ご指導いただきました独立行政法人食品総合研究所の新本洋士室長、石川祐子主任研究官、ほか機能成分研究室 (現・機能性成分解析ユニット) の皆さまに厚く御礼申し上げます。

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) 農林水産省 農林水産技術会議事務局 食品総合研究所: 食品の機能評価マニュアル集, p.117 (1999)
- 3) Asada M., Sugie M., Inoue M., Nakagomi K., Hongo S., Murata K., Irie S., Takeuchi T, Tomizuka N., and Oka S.: Inhibitory effect of alginic acids on hyaluronidase and on histamine release from mast cells. *Biosci Biotech Biochem*, 61, 1030-1032 (1997)
- 4) 吉川雅之, 松田久司, 森川敏生: 平成14・15年度文部科学省ハイテクリサーチセンター整備事業研究成果報告書: 京都薬科大学, 生理学p.1-16 (2002)
- 5) 川村幸雄: 食品工業, 33, 20 (1990)
- 6) 千葉英雄・吉川正明: 化学と生物, 29, 454 (1991)

- 7) 小浜恵子・高橋 亨・大澤純也：岩手県工業技術センター研究報告, 15, 85 (2005)
- 8) Yokoyama, K., Chiba, H., Yoshikawa, M. : *Biosci. Biotech. Biochem.*, 56, 1541 (1992)
- 9) 野村 明・月原百合香：高知県工業技術センター研究報告, 35, 13 (2004)
- 10) 原 征彦・松崎妙子・鈴木建夫：農芸化学会誌, 61, 803 (1987)
- 11) Yamamoto T., Yoshimura M., Yamaguchi F., Kouchi T., Tsuji R., Saito M., Obata A. and Kikuchi M. : Anti-allergic Activity of Naringenin Chalcone from a Tomato Skin Extract, *Biosci. Biotech. Biochem.*, 68 (8), 1706-1711 (2004)
- 12) 山本 (前田) 万里：緑茶の抗アレルギー作用とがん転移阻害効果, 食科工, 49 (10), 631-638 (2002)
- 13) Watanabe J., Shinmoto H. and Tsushida T. : Coumarin and Flavone Derivatives from Estragon and Thyme as Inhibitors of Chemical Mediator Release from RBL-2H3 cells, *Biosci. Biotech. Biochem.*, 69 (1), 1-6 (2005)

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・内田 一秀・堀内 浩明
上野 直也・長坂 克彦・加藤 知美

Investigation of Biological Conditioning Action and Development of the Utilisation Technology in New Crop Quinoa (*Chenopodium quinoa* WILLD.)

YAMANASHI PREFECTURAL AGRICULTURAL TECHNOLOGY CENTER
Mamoru TAKEOKA, Toshiyuki ISHII, Kazuhide UCHIDA, Hiroaki HORIUCHI,
Naoya UENO, Katsuhiko NAGASAKA, Tomomi KATO

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結果、春播種より生育日数は短く、草丈が低くなった。子実収量は減少したが、密植によって、その減収程度が改善される傾向がみられ、千粒重等の子実品質は向上した。県内4カ所の現地試験で播種時期の検討を行った結果、出芽率は夏播種の方が低く、連作による出芽不良が3カ所で確認された。子実収量は夏播種の方が少収傾向となった。労働時間は手作業が多い除草や収穫作業で長く、合計で1aあたり約9時間となった。また、窒素基肥量を0~24g m⁻²で検討した結果、8g m⁻²以上にしても子実収量は増加しなかった。成熟期の地上部窒素吸収量は10g m⁻²程度であった。葉部を食害するカメノコハマシに対し、イミダクロプリド20%フロアブル剤の4000倍希釈液は、高い防除効果を示した。また、薬害および汚れは観察されなかった。

1. 緒 言

キノア (*Chenopodium quinoa* WILLD.) は南米地方原産のアカザ科アカザ属一年草の擬穀類で、その子実(種子)は米や小麦などの主要穀物と比べて、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、キノアの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¹⁾。

キノアの品種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²⁾。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³⁾。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、栽培可能な優良系統の栽培技術を確立する。そして、山梨大学との共同研究により、子実中の内容成分を明らかにし、これらを用いた利用技術を開発する。

平成17年度の試験では、優良系統としてNL-6系統(以下N6と略す)を選定し、春播種栽培における最適な播種時期や施肥量、病害虫の発生状況などの基礎的栽培技術を明らかにした。

本年度は、夏播種栽培の播種時期、栽植密度の違いがキノアの生育、収量に及ぼす影響について明らかにした。現地試験では1年2作の連作の適応性、栽培期間中の労働時間を調査した。そして、黒ボク土における窒素基肥量について検討した。また、農薬登録に向け、カメノコハマシに対するイミダクロプリド20%フロアブル剤の薬効と薬害についてのデータ収集を行ったので報告する。

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(甲斐市下今井、標高315m、灰色低地土、pH(H₂O):6.8、前作:大豆、以下平坦地と略す)、及び同センターハヶ岳試験地(北杜市高根町、標高955m、黒ボク土、pH(H₂O):6.7、前作:葉菜類、以下高冷地と略す)で行った。供試したN6は、平成17年度に当センターで採種された子実を用

いた。播種期は平坦地 8月25日, 9月7日, 高冷地 7月31日, 8月23日, 栽植密度は畝間60cm, 株間5.6cmの30個体 m^{-2} , 及び畝間60cm, 株間1.8cmの90個体 m^{-2} のそれぞれ2水準を設けた。栽植密度は発芽後間引きを行って調整した。対照は平坦地 4月7日, 高冷地 4月19日に播種した春播種区とした。試験規模は1区10.8 m^2 (高冷地の8月23日播種のみ7.2 m^2) の2反復とした。施肥は $N-P_2O_5-K_2O$ として, 平坦地16-16-16 $g m^{-2}$, 高冷地は8-8-8 $g m^{-2}$ を化成8号で与えた。そのほかに苦土石灰を平坦地50 $g m^{-2}$, 高冷地100 $g m^{-2}$ を全層施用した。栽培期間中の薬剤散布は, 高冷地の夏播種区で10月27日にシペルメトリン乳剤 (有効成分含有率6%) 1000倍希釈液, 春播種区の6月30日, 7月4日にMEP50%乳剤1000倍希釈液及び7月6日にアセフェート粒剤3 $g m^{-2}$ を処理した。調査項目は各生育期, 草丈, 倒伏程度, 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

試験圃場は南巨摩郡身延町 (標高250m, 灰色低地土, 前作: 葉菜類, 以下身延), 北杜市明野町 (標高700m, 黒ボク土, 前作: 大根, 以下明野), 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910m, 黒ボク土, 前作: 葉菜類, 以下長坂) の4カ所で行った。試験は連作区と夏単作区を設け, 播種日は表1に示した。試験規模は1区あたり, 身延22.5 m^2 , 明野18 m^2 , 須玉24 m^2 , 長坂31.2 m^2 の各区2反復とした。施肥は身延, 明野, 須玉が $N-P_2O_5-K_2O$ として, 16-16-16 $g m^{-2}$ を化成8号で, 長坂が14.4-37.8-15 $g m^{-2}$ を牛ふんもみから堆肥で施用した。長坂では地力からの窒素供給が推察されたため, 夏播種栽培は無施肥で行った。栽培期間中の薬剤防除は, 身延で5月31日, 明野で6月10日, 須玉で6月21日にイミダクロプリド20%フロアブル剤4000倍希釈液, 須玉で9月5日にダイアジノン粒剤4 $g m^{-2}$ 相当量を処理した。調査項目は2-1の項目に加えて, 栽培前土壌化学性, 出芽率, 労働時間とした。

表1 各試験圃場でのキノア播種日

試験圃場	試験区	春播種日 (月・日)	夏播種日 (月・日)
身延	連作	4.03	8.29
	夏単作		8.29
明野	連作	4.14	8.23
	夏単作		8.23
須玉	連作	5.11	9.05
	夏単作		9.05
長坂	連作	4.19	8.16
	夏単作		8.16

2-3 窒素基肥量

試験は高冷地で行い, 窒素基肥量を化成8号で0, 8, 16, 24 $g m^{-2}$ 施用区を設けた。窒素0 $g m^{-2}$ 区には P_2O_5 , K_2O として, それぞれ16 $g m^{-2}$ を過リン酸石灰, 塩化カリで施用した。全試験区に苦土石灰100 $g m^{-2}$ を全層施用した。試験規模は1区12.6 m^2 の2反復で行った。5月22日に播種し, 発芽後間引きを行い, 栽植密度を30個体 m^{-2} に調整した。薬剤散布は6月30日, 7月4日にMEP50%乳剤1000倍希釈液, 7月6日にアセフェート粒剤3 $g m^{-2}$, 7月10日にシペルメトリン乳剤 (有効成分含有率6%) 1000倍希釈液, 8月10日にシペルメトリン乳剤 (有効成分含有率20%) 1000倍希釈液を処理した。調査項目は各生育期, 草丈, 倒伏程度, 子実収量, 千粒重, 子実中タンパク含量, 肥料成分吸収量, 栽培前後の土壌化学性とした。

2-4 カメノコハムシに対するイミダクロプリド20%フロアブル剤の防除効果

キノア葉部を著しく食害するカメノコハムシを対象として, 農薬登録の申請に必要なデータの収集を目的に, イミダクロプリド20%フロアブル剤4000倍希釈液の防除効果と薬害, 汚れの有無, また薬剤濃度を2倍の2000倍希釈液とした倍量散布における薬害を調査した。試験は明野と須玉の2圃場で行った。播種日や試験規模, 薬剤の散布実施日などは2-2の春播種区と同様に行った。なお, 試験時におけるカメノコハムシの主な発育ステージは幼虫であった。薬剤の散布には電動式動力噴霧器 (松下電器産業株式会社製BH-590) を用い, 散布量は300 $mL m^{-2}$ とした。展着剤にはポリアルキレングリコールアルキルエーテル27%剤を散布液10Lあたり1 mL を添加した。試験区は防除薬剤を散布した処理区と展着剤のみを散布した無処理区の3反復, 倍量散布の薬害試験では反復なしとした。散布前日, 散布2日後および散布6日後もしくは8日後に, 1株あたり3葉, 各区180葉を対象として, カメノコハムシの寄生幼虫数を計数し, 薬害と汚れの発生を調査した。

3. 結果

3-1 播種時期と栽植密度

平坦地の生育期間は86日, 高冷地は81~83日で, 対照の春播種区より短くなった。これは播種から開花期まで, 春播種は50日以上要したのに対して, 夏播種は35日程度であったことが影響した。播種時期が遅くなるほど草丈が低くなった。子実収量は高冷地より平坦地の方が高くなった。平坦地では対照の春播種区より子実収量が30%程度低くなった (表2, 3)。

同一播種時期では90個体 m^{-2} の方が30個体 m^{-2} より子実収量が高くなった。播種時期が遅くなるほど千粒重は

高くなる傾向がみられた。夏播種区は汚粒がほとんどなく、子実品質は高かった(表2, 3)。

表2 平坦地における播種時期と栽植密度の違いとキノアの生育, 収量

播種日 (月・日)	栽植 密度 (個体m ⁻²)	出蕾期 (月・日)	開花期 (月・日)	成熟期 (月・日)	生育 日数 (日)	草丈 (cm)	倒伏 程度	子実 収量 (g m ⁻²)	子実 千粒重 (g)	汚粒 程度
8.25	30	9.19	9.29	11.19	86	82.3	1	265	3.54	0
	90	9.19	9.29	11.19	86	80.5	0	305	3.59	0
9.07	30	9.28	10.12	12.02	86	50.4	1	236	3.43	0
	90	9.28	10.12	12.02	86	55.4	0	291	3.60	0
4.07(対照)	30	5.08	5.27	7.14	98	105.5	0	386	2.92	1
	90	5.08	5.27	7.14	98	90.6	0	389	2.87	0.5

z : 区内の40~50%の個体に出蕾, 開花が確認された日(観察)
 y : 子実の80~90%が指で押し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 : 黒変粒の割合 0(0~5%), 1(6~10%), 2(11~20%), 3(21~40%), 4(41~60%), 5(61%以上)(観察)

表3 高冷地における播種時期と栽植密度の違いとキノアの生育, 収量

播種日 (月・日)	栽植 密度 (個体m ⁻²)	出蕾期 (月・日)	開花期 (月・日)	成熟期 (月・日)	生育 日数 (日)	草丈 (cm)	倒伏 程度	子実 収量 (g m ⁻²)	子実 千粒重 (g)	汚粒 程度
7.31	30	-	9.05	10.20	81	59.6	0	149	2.95	1
	90	-	9.05	10.20	81	51.7	0	165	2.97	1
8.23	30	9.14	9.27	11.14	83	52.0	0.5	168	3.08	0
	90	9.14	9.27	11.14	83	55.6	0	181	3.21	0
4.19(対照)	30	5.31	6.17	8.07	110	125.1	2.5	175	2.51	3
	90	5.31	6.17	8.07	110	119.1	3	159	2.40	3.5

z, y, x, w, v : 表1参照
 - : 未調査

3-2 現地実証

栽培前の土壌化学性を表4に示した。pH(H₂O)は6.0~7.3であった。長坂では、硝酸態窒素及び可給態窒素が高く、窒素の残存及び蓄積が確認された。身延と長坂ではトルオーグリン酸が600mg kg⁻¹以上残存していた。

4カ所とも夏播種の出芽率は春播種に対して低い傾向となった。そして、身延以外の連作区は夏単作区より出芽率が低くなった。春播種の生育日数は84~102日であったのに対し、夏播種は82~86日であった(表5)。

夏播種の子実収量は80~190g m⁻²で、身延以外は春播種と同等以上となった(表5)。観察による害虫の発生は夏播種の方が明らかに少なかった。

播種から収穫、脱穀調整までの労働時間は、手作業が多い除草や収穫作業が高い割合を占め、合計で1aあたり約9時間となった(図1)。

表4 試験圃場の栽培前土壌化学性

	pH	NH ₄ -N (mg kg ⁻¹)	NO ₃ -N (mg kg ⁻¹)	CaO (mg kg ⁻¹)	MgO (mg kg ⁻¹)	K ₂ O (mg kg ⁻¹)	Truog P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	可給態 窒素 (mg kg ⁻¹)
	(H ₂ O)							
身延	7.3	4.9	1.0	4217	801	504	652	46
明野	6.1	2.2	4.3	2017	201	344	59	20
須玉	6.0	2.5	11.9	1944	321	389	75	45
長坂	7.0	4.1	62.1	6431	1635	1399	603	148

表5 各試験圃場におけるキノアの生育, 収量

試験場所	試験区	出芽率 (%)	開花期 (月・日)	成熟期 (月・日)	生育 日数 (日)	草丈 (cm)	子実 収量 (g m ⁻²)	子実 千粒重 (g)
身延	連作 春播き	79.6	5.28	7.09	97	91.7	293.6	2.87
	夏播き	45.8	10.01	11.19	82	62.7	187.6	2.81
	夏単作	50.4	10.01	11.19	82	61.6	186.9	2.97
明野	連作 春播き	64.3	6.11	7.25	102	68.9	69.3	2.34
	夏播き	46.1	9.28	11.17	86	41.2	123.3	3.28
	夏単作	67.4	9.28	11.17	86	49.9	169.2	3.21
須玉	連作 春播き	59.7	6.23	8.03	84	64.1	87.8	2.22
	夏播き	40.8	10.13	(11.28)	(84)	(40.6)	(67)	(2.66)
	夏単作	50.8	10.13	(11.28)	(84)	(42.0)	(77)	(2.74)
長坂	連作 春播き	47.9	6.16	7.21	94	120.6	124.8	2.67
	夏播き	16.8	9.20	11.7	83	44.5	76.0	3.51
	夏単作	45.6	9.20	11.7	83	67.4	114.5	3.57

z, y : 表1参照
 x : 水分15%換算
 須玉の夏播種区(連作・夏単作区)は成熟期まで至らなかったため収穫時のデータを示した。

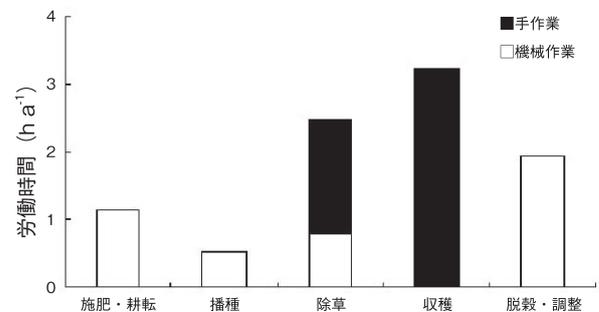


図1 キノア栽培における労働時間

データは今年度の試験圃場(50~350m²)の平均作業時間を表す。機械は耕耘に小型耕耘機(幅約0.6m)、播種に1条手押し播種機(ごんべえ)、除草に小型耕耘機、脱穀に坪刈り用小型脱穀機、調整に唐箕(風力選別機)を使用した。

3-3 窒素基肥量

窒素基肥量の違いによるキノアの生育ステージへの影響は認められなかったが、草丈、倒伏程度は窒素基肥量の増加に伴って大きくなった。窒素無施肥区以外の収量は同等であった。千粒重は窒素基肥量に関係なく同等となった(表6)。

窒素無施肥区の窒素吸収量は6.4g m⁻²となり、施肥量の増加に伴って高くなった。その増加程度は窒素施肥量の増加より緩慢で、見かけの窒素利用率は8g m⁻²区が31%で最も高くなった。リン酸吸収量は施肥量に関係

なく2.5g m⁻²程度で、カリ吸収は施肥量の増加に伴って高くなった (表7)。

栽培前後の土壌化学性を表8に示した。栽培前のpH(H₂O)が6.7で、可給態窒素が68.7mg kg⁻¹であった。そして跡地土壌ではリン酸は19~42mg kg⁻¹の残存が認められたが、カリは栽培前と同等の値となった。

表6 窒素基肥量の違いとキノアの生育、収量

窒素基肥量 (g m ⁻²)	出蕾期 ^z (月・日)	開花期 ^z (月・日)	成熟期 ^z (月・日)	草丈 (cm)	倒伏 ^x 程度	子実収量 ^w (g m ⁻²)	千粒重 ^w (g)
0	6.19	7.07	8.18	99	0	149 ^a	2.95 ^a
8	6.19	7.07	8.18	106	0	216 ^b	2.84 ^a
16	6.19	7.07	8.18	114	0.5	215 ^b	2.95 ^a
24	6.19	7.07	8.18	125	1	218 ^b	2.94 ^a

z : 全体の40~50%の株で、出蕾、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%換算値

子実収量、千粒重において右上の同一英小文字はTukeyの多重比較で有意差 (5%有意水準) が認められないことを示す。

表7 キノアの肥料成分吸収量と見かけの窒素利用率

窒素基肥量 (g m ⁻²)	窒素		リン酸	カリ
	吸収量 ^z (g m ⁻²)	見かけの 利用率 ^y (%)	吸収量 ^z (g m ⁻²)	吸収量 ^z (g m ⁻²)
0	6.42	—	2.06	19.6
8	8.91	31.1	2.45	21.3
16	9.84	21.3	2.44	24.3
24	11.05	19.3	2.73	25.4

z : 茎葉部吸収量+子実吸収量

y : (各試験区の窒素吸収量-無窒素区の吸収量) / 窒素施肥量 × 100

— : 未検定

表8 栽培前後の土壌化学性

採取時期	試験区	pH	NH ₄ -N	NO ₃ -N	可給態-N	K ₂ O	Truog P ₂ O ₅
	(g m ⁻²)	(H ₂ O)	(mg kg ⁻¹)				
栽培前地		6.7	1.26	11.1	68.7	1041	157
栽培跡地	0	6.8	7.15	12.3	—	1032	183
	8	6.5	8.00	24.1	—	987	176
	16	6.6	8.98	23.3	—	1056	198
	24	6.5	9.54	18.0	—	989	194

— : 未検定

3-4 カメノコハムシに対するイミダクロプリド20%フロアブル剤の防除効果

イミダクロプリド20%フロアブル剤4000倍希釈液はカメノコハムシの幼虫に対して高い防除効果を示した。最終的な補正密度指数は明野で3.4、須玉で1.2と低く、

新農業実用化試験における判定基準⁴⁾と照らし合わせると「効果は高い」となった (表9)。なお、倍量散布区を含めた全ての処理区において葉害、汚れは認められなかった。

表9 キノアのカメノコハムシに対するイミダクロプリド20%フロアブル剤 (4000倍) の効果

試験圃場・調査項目・区	調査日			
	前日	2日後	6日後	
明野				
幼虫数 (頭/180葉) ^z	処理区	358.3	30.7	14.0
	無処理区	283.3	330.7	328.7
補正密度指数 ^y	処理区	—	7.3	3.4
	無処理区	—	100.0	100.0
須玉				
幼虫数 (頭/180葉)	処理区	225.0	35.7	2.7
	無処理区	205.7	163.0	202.3
補正密度指数	処理区	—	20.0	1.2
	無処理区	—	100.0	100.0

z : 3反復の平均値

y : 処理区の調査時密度/処理区の散布前密度×無処理区の散布前密度/無処理区の調査時密度×100

4. 考 察

センター内圃場における播種時期の検討では、7月以降に播種した夏播種は春播種より少収となる傾向が見られた。氏家ら³⁾はSea-Levelタイプに属するN6の、子実肥大は日長に影響されませんが、高温条件下で多収となるとしており本試験の結果と合致した。本試験においてその減収程度は栽植密度を高めることでやや改善された。そして播種時期が遅くなると千粒重が大きくなった。これは開花期以降の気温などの気象要因による影響が考えられるが、本試験では明らかでなかった。また、夏播種はカメノコハムシ等による虫害を回避でき、黒変粒混入程度が低くなって子実品質が向上したことから、夏播種栽培の方が安定的に良質な子実生産が可能と考えられる。今後は、夏播種の減収要因を把握し、播種時期や更なる密植がキノアの生育、収量及び子実品質に及ぼす影響を明らかにすることで、本県における最適播種時期が明らかになると考えられる。

現地実証では、夏播種は春播種より出芽率が低下した。筆者らによる室内シャーレ試験では、温度が40℃以上になると発芽が抑制されることを明らかにしている⁵⁾。今年度の夏播種時は播種後の日最高気温が35℃を超えた日が多かったことから、一時的に地温が40℃以上になっていると考えられ、これらが出芽不良に関連したと推察される。また、連作すると、出芽率が低下したことからキノア栽培の連作は不適であると考えられた。4カ所のうち3カ所で、夏播種栽培が春播種栽培と同等以上の収量となったが、今年度の春播種栽培では降雨等

による倒伏で昨年度より少収となっており、通常は夏播種の方が少収となる可能性が考えられる。また、労働時間が水稲栽培などと比較して著しく長いので、産地化には、機械化等による効率化を図ることが重要である。

施肥試験では、窒素基肥量を 8 g m^{-2} 以上にしても子実収量は増加せず、窒素利用率が低下した。昨年度の試験では 16 g m^{-2} まで増収傾向であった。これは試験圃場の可給態窒素含量が昨年度より高かったこと（昨年度： 57 mg kg^{-1} 、今年度： 79 mg kg^{-1} ）や、播種時期が昨年より遅かったことが要因と考えられるが、詳細については明らかにできなかった。成熟期の地上部窒素吸収量は 10 g m^{-2} 程度であったことから、黒ボク土壌における窒素施肥量は 8 g m^{-2} 程度として、圃場条件で、その量を増減する必要があると考えられた。今後は現地試験にて最適施肥量の更なる検討が必要であろう。

独立行政法人農薬検査所のホームページで公開されている農薬登録情報検索システム (<http://www.acis.go.jp/searchF/vtllm001.html>) によると、2007年3月7日現在、キノアにおいて殺虫剤、殺菌剤の登録は無い。そのため、一般の生産者はキノア栽培中に発生した病害虫に対して薬剤防除を行うことができず、耕種のおよび物理的な手法を主体に病害虫の発生、加害を抑制するしかない。しかし、著しい被害の発生が予想される場合を想定すると登録薬剤は必須である。本試験で、葉部を著しく食害するカメノコハマシに対し、イミダクロプリド20%フロアブル剤の高い防除効果が認められた。本剤は多数の農作物において農薬登録されている。現在、登録内容をキノアに拡大するために、農作物への残留性に関する試験を実施し、データを収集中である。

性. 日作紀, 76 (別1), 140-141 (2007)

参考文献

- 1) 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)
- 2) Fleming, J. E. and Galway, N. W.: Quinoa (*Chenopodium quinoa*), In "Cereals and pseudocereals", Williams, J.T.ed.. Chapman & Hall, 3-83, (1995)
- 3) 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)
- 3) 社団法人日本植物防疫協会: 新農薬実用化試験実施の手引き—薬効薬害圃場試験編— (2001)
- 5) 石井利幸, 上野直也, 竹丘守, 磯部勝孝, 勝田真澄: 山梨県におけるキノアの優良系統とその発芽特

山梨県におけるキノアの優良系統とその発芽特性

石井利幸^{1*}・上野直也¹・竹丘守¹・磯部勝孝²・勝田真澄³
(¹山梨県総合農業技術センター, ²日本大学生物資源学部, ³作物研究所)

Selection of Suitable Strains of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) in Yamanashi Prefecture and Their Germination Characteristics

Toshiyuki ISHII^{1*}, Naoya UENO¹, Mamoru TAKEOKA¹, Katsunori ISOBE², Masumi KATSUTA³
(¹Yamanashi Prefectural Agricultural Technology Center, ²Nihon University, ³National Institute of Crop Science)

【目的】

キノア (*Chenopodium quinoa* Willd.) は南米地方原産のアカザ科アカザ属一年草の擬穀類で、子実には米や小麦などの主要穀物と比べ、カルシウムやマグネシウムなどのミネラル栄養素が多く含まれており、機能性食品としても注目されている。しかし、国内における栽培特性については不明な点が多い。そこで本研究では、主に収量性の面から、山梨県における優良系統を選抜し、その栽培技術を確立するために、発芽と温度条件及び子実の充実度との関係について明らかにした。

【材料及び方法】

(1) 優良系統の選定

山梨県総合農業技術センター内圃場 (標高315m) において、2004年はNL-6 (以下N6), Baer2 (B2), Baer Cajon (BC), Baer Union (BU), Cauquenes (CQ), RU-2 (R2), Q-1 (Q1), Q-2 (Q2), Q-3 (Q3) の9系統を供試した。栽植様式は畝幅60cm, 株間5.6cmの1条植え, 試験規模は1区1.8㎡, 2反復とした。播種は4月26日に行った。2005年は2004年の結果から選抜したN6, CQ, BC, Q1, Q2, Q3の6系統を供試した。栽植様式は2004年と同様に、試験規模を1区6㎡, 2反復で、播種は4月15日に行った。両年とも生育期、子実収量及び品質等を調査した。

(2) 優良系統の発芽特性

前試験から山梨県における優良系統と考えられたN6について発芽試験を行った。温度との関係については、0.5~50℃の間で12水準を設け、2004年に当センターの栽培試験で得られた子実を直径9cmのガラスシャーレに100粒播種して、暗黒下にて1~14日後の発芽率を調査した。さらに、栽培条件の異なる山梨県産N6子実29点の千粒重と白度 (Kett C-300) を調査し、25℃, 暗黒下、播種5日後までの発芽率を調査した。

【結果および考察】

(1) 優良系統の選定

各系統の生育日数は84~101日で、両年ともN6が短かった。2004年の子実収量と千粒重は、N6, BC, CQ, Q1, Q3が他系統より高い傾向が見られ、子実の汚粒程度は、N6, BC, Q1, Q2, Q3が低かった (表1)。2005年の耐倒伏性及び子実収量はN6が高かった (表2)。子実収量、品質等の栽培特性の面から判断して、山梨県におけるキノアの優良系統はN6であると考えられた。

(2) 優良系統の発芽特性

温度の違いでは5~45℃までの幅広い温度域で発芽した。10~35℃の範囲では90%以上の高い発芽率となった (図1)。経時的にみると30℃では播種2日後に発芽揃となったが、10℃では10日を要した (図2)。したがって、発芽率の高さ、発芽揃いまでの期間を考慮すると、20~35℃が最適温度であると考えられた。子実の発芽率と千粒重及び白度との間の

相関係数は、それぞれ0.9099, 0.4430となり、千粒重は種子としての品質判定指標の一つとなりうると考えられた (図3, 4).

表1 2004年のキノア各系統の生育と収量

系統名	開花期 ^z (月・日)	成熟期 ^y (月・日)	生育期間 (日)	草丈 (cm)	子実収量 (g/株)	千粒量 (g)	汚粒程度 ^x
N 6	6.03	7.19	84	98	8.7 ^a	2.44 ^b	1.0
B 2	6.12	7.30	95	136	3.0 ^b	1.57 ^c	2.0
B C	6.03	7.21	86	86	8.7 ^a	2.60 ^{ab}	1.0
B U	6.12	7.30	95	128	2.1 ^b	1.69 ^c	2.0
C Q	6.14	7.30	95	123	7.8 ^{ab}	2.37 ^b	2.0
R 2	6.22	7.21	86	80	4.6 ^b	1.74 ^c	2.0
Q 1	6.14	7.21	86	118	10.6 ^a	2.88 ^a	1.0
Q 2	6.14	7.19	84	102	5.8 ^{ab}	2.58 ^{ab}	1.0
Q 3	6.14	7.19	84	140	7.3 ^{ab}	2.53 ^{ab}	1.0

Z : 全体の40~50%の株で開花が観察された日

y : 全体の80~90%の子実が指で押してもつぶれなくなった日

x : 観察による黒変粒の混入割合 0 (0~5%), 1 (6~10%), 2 (11~20%), 3 (21~40%), 4 (41~60%), 5 (61%以上) の6段階評価

収量, 千粒重: 数値右上の異なる英小文字はTukeyの多重比較による危険率5%で有意差が認められることを示す, 表2も同じ

表2 2005年のキノア各系統の生育と収量

系統名	開花期 ^z (月・日)	成熟期 ^y (月・日)	生育期間 (日)	草丈 (cm)	倒伏程度 ^w	子実収量 (g/m ²)	千粒量 (g)	汚粒程度 ^x
N 6	5.27	7.19	95	107	1.0	217.3 ^a	1.99 ^{ab}	2.0
B C	6.01	7.24	100	133	3.5	36.8 ^b	1.64 ^b	2.0
C Q	6.02	7.25	101	117	2.5	100.4 ^b	2.31 ^{ab}	2.0
Q 1	6.04	7.24	100	118	4.0	64.6 ^b	2.02 ^{ab}	2.0
Q 2	6.05	7.21	97	121	3.5	31.0 ^b	2.40 ^a	1.0
Q 3	6.04	7.21	97	116	3.0	36.5 ^b	2.32 ^{ab}	1.5

z・y・x : 調査基準等は表1と同じ

w : 観察による0 (無) ~ 5 (甚) の6段階評価

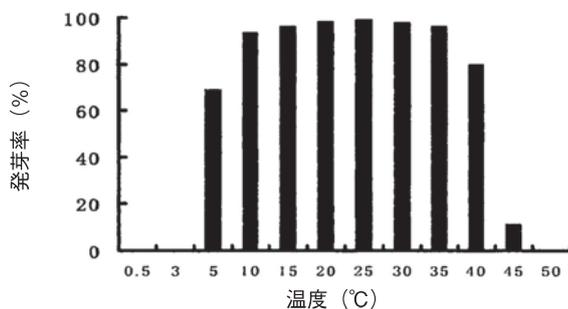


図1 キノアN6系統の温度別発芽率

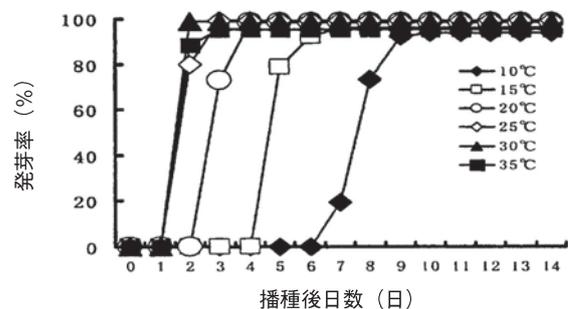


図2 キノアN6系統の10~35°Cの累積発芽率

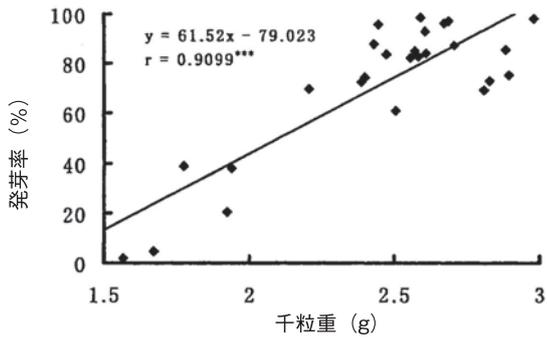


図3 キノアN6系統の発芽率と千粒重の関係

***は危険率0.1%水準で有意である。N=29

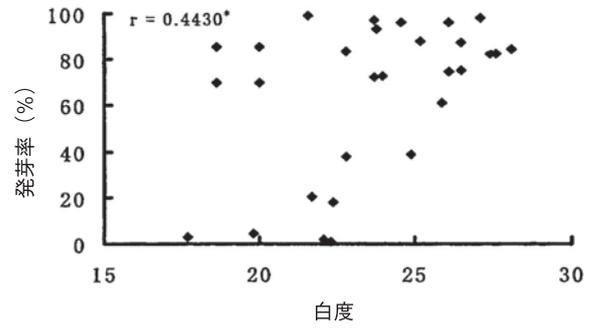


図4 キノアN6系統の発芽率と白度の関係

*は危険率5%水準で有意である。N=29

牛乳中の機能性を高める飼料給与方法の確立

酪農試験場

横山 紅子・保倉 勝己

Assessment of Feeding Systems for the Enhancement of Functional Activities of the Cow Milk

DAIRY EXPERIMENT STATION

Beniko YOKOYAMA, Katsumi HOKURA

要 約

牛乳中の機能性成分向上を目的に、放牧や粗飼料多給による飼養方法の検討や地域未利用資源等の飼料への活用について検討するため、粗飼料割合を高めた飼料や茶飲料製造過程で排出される茶殻を混合した飼料を給与した場合の牛乳中機能性成分への影響を調査した。

その結果、牛乳中のビタミンA (β -カロテン) およびビタミンE含量に粗飼料(乾草)多給や茶殻給与による変動は認められなかった。また、牛乳中脂肪酸組成においても違いは見られなかった。

1. 緒 言

近年、食の安全性や健康への意識の高まりにより、食品中の生体調整機能(病気の予防に働く等の機能)に対する関心が高まっている。このような消費者サイドの認識の変化に伴い、生産者サイドにおいても、畜産物の機能性について理解を深め、安全性や美味しさの追求に加え、機能性を有する高品質な畜産物を提供していくことが重要な課題となっている。

そこで、こうした機能性成分を多く含む農産物の検索や機能性成分を増加させる生産技術の検討、またそれらを用いた新たな機能性食品の開発への取り組みが畜産分野でも進められてきている。

酪農試験場では乳牛の放牧飼養技術について研究を重ねてきており、牧草摂取によって牛乳中のビタミンEと β -カロテンの含量が向上することがわかった。

そこで今回、飼料中の粗飼料割合を乾草多給によって高めた場合、また県内で入手可能な未利用資源として茶殻を給与した場合の牛乳中機能性成分への影響等について調査を行った。

2. 材料及び方法

2-1 供試牛、処理区分及び実施期間

(1) 供試牛

泌乳中後期のホルスタイン種雌牛を粗飼料多給試験に6頭、茶殻給与試験に4頭、それぞれ供試した。

(2) 処理区分

①粗飼料多給試験

慣行のTMR(Total Mixed Ration:完全混合飼料)中の乾草混合割合を高めた粗飼料多給区と慣行飼料区との2区を設定し、給与試験を行った。

②茶殻給与試験

近在の飲料製造工場から回収した茶殻を慣行飼料に混合添加した飼料による給与試験を行った。

(3) 実施期間

①粗飼料多給試験

試験は2006年7月から8月にかけて実施した。試験期間は馴致期間10日間、本試験(サンプル採材)7日間の計17日間とし、馴致開始時と試験終了時に体重測定を行い、乳汁、血液を採材した。また、期間中の採食量を調査した。

②茶殻給与試験

試験は2006年12月に実施した。給与期間は21日間で、給与開始時と終了時に体重測定を行い、乳汁、血液を採材した。また給与期間中の採食量を調査した。

2-2 供試飼料

(1) 供試飼料

①粗飼料多給試験

場内で生産した乾草をカッターで切断後、場慣行TMRと攪拌機で混合し供試飼料とした。乾草多給区の乾草混合割合は乾物中約40%とした。攪拌は

一日の給与量のみ行い、1日1回給与した。試験飼料の成分(推定)を表1に示した。

表1 試験飼料の成分および乾草割合 (DM中%)

試験区	CP	EE	NDF	TDN	乾草割合
乾草多給区	16.0	3.9	42.5	72.4	39.8
対照(慣行)区	16.7	4.0	38.1	74.9	27.4

※1 飼料標準による計算値

※2 DM=乾物 CP=粗たんぱく質 EE=粗脂肪 NDF=中性デタージェント繊維 TDN=可消化養分総量

②茶殻給与試験

茶飲料製造工場から排出された茶殻を場に搬送し、水分を軽く圧搾した後、倉庫内でシートに広げ出来るだけ水分を減らすよう処置したのち、場慣行TMR(表2)の乾物で約10%量となる茶殻を、飼料攪拌機で混合し供試飼料とした。攪拌は上記試験と同様に一日の給与量のみ行い、1日1回給与した。

表2 飼料成分(設定値) (DM中%)

	水分(原物%)	CP	EE	NDF	TDN
場慣行TMR	38.6	16.0	3.6	40.8	74.1

2-3 調査項目と測定方法

粗飼料多給試験、茶殻給与試験とも次のとおり行った。

(1) 飼養成績

給与量と残飼量を給与ごとに計量し、残飼は70℃48時間の熱風乾燥により乾物率を測定し、乾物摂取量を算出した。

体重は供試開始時と終了時に計測した。

(2) 産乳成績

乳量は毎日計量した。

成分は給与開始時と終了時の朝夕の搾乳時に採った牛乳を一日分とし乳成分分析装置(ミルコスキャンS50)で分析した。各成分率は朝夕の乳量比によって加重平均した。

(3) 血液性状

給与開始時と終了時に尾根静脈からヘパリン入り採血管に採血し、遠心分離後(3000回転15分間)血漿を凍結保存した。その後乾式血液自動分析装置(ドライケム3000:富士フィルム)で総蛋白、総コレステロール、カルシウム、無機リン、ガンマグルトミルトランス(GGT)を測定した。

(4) 機能性成分

各試験において、試験飼料摂取による乳汁中のビタミンAおよびビタミンE含量、また脂肪酸組成への影響を

調べるため、試験開始時および終了時の乳汁中の各成分を測定した。測定は財団法人日本食品油脂検査協会に依頼した。

4. 結果

4-1 飼養試験

粗飼料多給飼料および茶殻混合飼料による給与試験での乾物摂取量、乳量、乳成分を表3に示した。

表3 乾物摂取量、乳量、乳成分

	乾物摂取量(kg)	平均乳量(kg)	乳脂肪率(%)	乳蛋白質率(%)
乾草多給区	25.2	33.5	3.75	3.26
慣行TMR区	26.5	33.7	3.65	3.25
茶殻給与区	23.0	24.7	4.68	3.60

4-2 血液性状

試験飼料給与開始時と給与終了時に採取した血液性状を測定したところ、PとCaが茶殻混合飼料で高くなる傾向が見られたがいずれも値に問題なく、またその他の測定項目には乾草多給や茶殻給与による影響は見られなかった。

4-3 機能性成分

牛乳中ビタミンA含量への影響は、乾草多給および茶殻給与のいずれの試験において違いは見られなかった。また牛乳中ビタミンE含量は茶殻給与後の牛乳中において検出されたのみであった。

表4 牛乳中のビタミンAおよびビタミンE

分析項目	乾草多給試験		茶殻給与試験	
	給与区	対照区	給与前	給与後
ビタミンA(レチノール当量) $\mu\text{g}/100\text{g}$	40.0	41.6	51.0	49.3
ビタミンE(総トコフェロール) $\text{mg}/100\text{g}$	0	0	0	0.1

4-4 飼料中成分

飼養試験に供する飼料素材の検索のため、計6種の飼料についてビタミンAおよびEの含量を調査した。

表5 飼料中のビタミンAおよびビタミンE

飼料	ビタミンA (レチノール当量)	ビタミンE (総トコフェロール)
	$\mu\text{g}/100\text{g}$	$\text{mg}/100\text{g}$
コーンサイレージ	50	2.7
グラスサイレージ	560	1.0
乾草	49	3.6
飼料イネサイレージ	142	2.8
茶殻	305	5.0

5. 考 察

今回行った粗飼料割合を高くした飼料および茶殻を混合した飼料の2種類の試験飼料による飼養試験においては、目的とした機能性成分向上に係る新しい知見は得られず、慣行飼料と差が認められなかった。これは、供試飼料中のビタミンA、ビタミンE含量が放牧地での生草と比較して少ないことから、飼料からのビタミン含量の向上には給与する量が不足だったと思われる。しかし、必要な養分供給を満たすためには、1種類の飼料のみ増給することは適当でなく、飼料の組み合わせや配合量を十分検討する必要がある。なお、茶殻においては8～9 kg (原物) 程度の給与は嗜好性に影響しなかったことから、低コスト化に向けた乳牛の飼料素材として十分活用できると思われる。

6. 参考文献

- 1) 室伏淳一, 大谷利之, 深澤 修, 秋本峻二: 静岡県畜産試験場 研究報告書第30号, p.30-33 (2004)
- 2) 横山紅子, 保倉勝己: 山梨県総合理工学研究機構 研究報告書第1号, p.13-15 (2005)

未利用農林産物系バイオマスの 利用技術の開発

未利用農林産物系バイオマスの利用技術の開発 ーバイオマス植物としてのスイートコーンの利用適性 とスイートコーン残さからのバイオエタノール生産ー

工業技術センター、総合農業技術センター¹、山梨大学²

恩田 匠・長沼 孝多・小嶋 匡人・長坂 克彦¹・市川 和規¹・加藤 知美¹・島崎 洋一²

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

- Use Suitability of Sweet Corn as the Biomass and Bio-ethanol Production from Sweet Corn Residues -

Yamanashi Industrial Technology Center, Yamanashi Prefectural Agricultural Research Center¹,
University of Yamanashi²

Takumi ONDA, Kota NAGANUMA, Masato KOJIMA, Katsuhiko NAGASAKA¹, Kazunori ICHIKAWA¹, Tomomi KATO¹
and Yoichi SHIMAZAKI²

要 約

平成18年度における山梨県内のスイートコーン産地および試験ほ場で生産された、様々な品種のスイートコーンの残さの重量、糖度および搾汁率を調査した。県内で未利用バイオマスとして得られるスイートコーンの茎重量は19,445t、その茎から得られる糖類の総重量は655tと推定された。次に、本年度に調製したスイートコーン残さ搾汁液を基質として、ジャーファーマンター（発酵装置）により*Saccharomyces cerevisiae*を用いた発酵試験を実施した。その結果、スイートコーン残さを基質とした発酵収率（発酵歩合）は約0.85であることが分かった。以上のことから、県内で生産可能なエタノール量は、285t（360kl）であると推定された。また、今回得られたラボスケールでのデータをもとに、エネルギー収支の解析を行った結果、バイオエタノール1MJの生産にかかるエネルギー投入量は、0.667MJから0.795MJの範囲であることが判明した。

1. 緒 言

近年、地球温暖化対策や化石資源代替のために、バイオマスから生産されるエタノール、いわゆるバイオエタノール¹⁻⁵⁾の生産が非常に注目されている。バイオエタノールは、カーボンニュートラルなエネルギーであることから、温室効果ガスの削減などにも寄与できることが指摘されている。

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、その残さからのエタノール生産の可能性評価のための研究^{6, 7)}に着手した。昨年度は、

スイートコーン残さの糖含量などを明らかにし、エタノール生産の基質として有効な成分組成をもつことを明らかにした。本年度は、県内で得られるスイートコーン残さ量を調べ、ジャーファーマンターによるエタノール発酵の収率を明らかにすることで、県内で生産可能なエタノール量を推定した。また、県内における、スイートコーン残さからのバイオエタノール生産のエネルギー収支について解析した。

2. 実験方法

2-1 山梨県内に賦存するスイートコーン残さ量の推定

(1) 県内主要産地のスイートコーン残さ量調査

スイートコーンの残さは、茎部分（主枝と分けつ枝）と葉部分に分けられるが、本稿では糖を著量に含む茎部分をスイートコーン残さとした。スイートコーン残さ量推定のための調査は、2006年6月に、県内の主要産

地である甲府市、旧中道町および旧三珠町において行った。調査ほ場数は、甲府市が4ほ場、旧中道町が4ほ場、および旧三珠町が5ほ場であった。調査は各ほ場から6株を採取し、莖重を主枝と分けつ枝に分け生体重を調査した。また莖中糖度は主枝の第2、5、7節間について調査した。

(2) 試験ほ場における主要品種の搾汁率と搾汁糖度調査

主要品種別の搾汁率と搾汁糖度を、総合農業技術センター内のほ場（以下、試験ほ場）で生産された5品種のスイートコーン（ゴールドラッシュ、きみひめ、甘々娘、ミルフィーユ、MGS850）を供試して調べた。各品種30本を採取し、莖と葉に分け生体重を調査した後に、莖をロールプレス搾汁機（卓上小型搾汁機 TM-120（株）マツオ社製）を用い1本ずつ搾汁し、得られた搾汁液の糖度と搾汁量を測定して、搾汁糖度と搾汁率を算出した。

2-2 スイートコーン収穫時期の把握

試験ほ場で生産されたゴールドラッシュを供試して、雌穂収穫後の糖含量の推移（6月14日～30日）を調べた。すなわち、スイートコーンの雌穂収穫後に任意の5株を経時的に抜き取り、それぞれ第2、5、7節間の糖度及び水分含有率を測定した。

2-3 スイートコーン残さ搾汁液の作製とその一般成分分析

試験ほ場で生産されたゴールドラッシュ（雌穂収穫日6月13日、搾汁日6月21日）を供試試料として、ロールプレス搾汁機により搾汁液を作製し、成分分析を行った。作製したスイートコーン残さ搾汁液は、実験に供するまで凍結保存した。成分分析は、既報と同様に、一般成分（水分、タンパク質、脂質、灰分、炭水化物）含量、無機塩類含量、糖組成およびアミノ酸組成について調べた。

2-4 スイートコーン残さ搾汁液の保存試験

凍結保存したスイートコーン（ゴールドラッシュ）残さ搾汁液を解冻し、25℃で静置保存したときの、一般細菌数、酵母菌数の経時的な変化を調べた。一般細菌数は、標準寒天培地とニュートリエント培地、大腸菌群はデソキシコレート寒天培地を用いて調べた。標準寒天培地では混積培養法、ニュートリエント培地では平板塗抹法で生菌数計測用の培地を作製し、37℃で培養した。

酵母菌数は、ポテトデキストロース寒天培地を用い、平板塗抹法により作製した培地を25℃で培養して調べた。

2-6 供試酵母とその培養、使用酵母の選抜試験

供試酵母として、*Saccharomyces cerevisiae*

JCM7255, JCM1817, JCM5710, IAM4017, IAM4027, IAM4043, IAM4064, IAM4083, IAM4098, IAM4135, IAM4112, IAM4145, IAM4160, IAM4166, IAM4175, IAM4181, IAM4182, IAM4195, IAM4205, 4210およびBaker's yeast type II（Sigma社製）計21菌株を用いた。Baker's yeast type IIは、乾燥酵母製剤から酵母を純粋分離して用いた。これら酵母の保存と培養は既報⁷⁾にしたがった。

使用酵母の選抜のため、スイートコーン残さ搾汁液（ゴールドラッシュ）6mlに、供試酵母の前培養液を0.1ml接種し、25℃3日間静置培養した。高速液体クロマトグラフィーを用いて、培養後のエタノール量を測定し、各酵母のアルコール生成量を比較した。

2-6 ジャーファーマンターを用いた発酵試験

ジャーファーマンター（Cullan, ミツワ社製）を用いて、スイートコーン（ゴールドラッシュ）残さ搾汁液のアルコール発酵試験を、温度と攪拌回転数を制御しながら実施した。発酵の基本条件は、発酵温度25℃とし、攪拌回転数50rpmとした。殺菌済みのジャーファーマンターの発酵槽に、スイートコーン残さ搾汁液2.0lを投入し、50℃30分間加熱殺菌した。殺菌処理後、25℃に調整した発酵槽に、酵母（*S. cerevisiae* JCM7255）の前培養液を添加した。発酵中の糖類含量、エタノール含量およびグリセロール含量を高速液体クロマトグラフを用いて測定し、同時に酵母菌数とpHの推移も調べた。

2-7 スイートコーン全莖液からの発酵試験

スイートコーンを搾汁せずに莖部分のすべてを用いて調製した基質からのアルコール発酵試験を実施した。スイートコーンの莖部分は、実験に供するまで凍結保存した。まず、莖部分は解冻後、家庭用ジューサーを用いて、均質化した。このとき、適宜蒸留水を添加して、均質化を行った。均質化したスイートコーンの莖部分（以下、スイートコーン全莖液という）は、加熱殺菌後、酵母の前培養液を添加し、25℃で静置培養により発酵を行った。発酵中の糖類、アルコールおよびグリセロール含量を調べた。

2-8 県内スイートコーン残さから得られるエタノール量の推定

県内のスイートコーン残さから得られるバイオエタノール推定量は次式から算出した。

$$\text{エタノール量 (t)} = \text{作付け面積 (ha)} \times \text{主要産地の莖重 (t/ha)} \times \text{搾汁率 (\%)} / 100 \times \text{搾汁糖度 (\%)} / 100 \times 0.5114 \text{ (エタノール発酵の変換理論値)} \times \text{エタノール発酵歩合}$$

2-9 県内におけるスイートコーン残さからのエタノール生産におけるエネルギー収支の試算

スイートコーンの産地である笛吹ライン（旧市川大門町から旧中道町まで）周辺を対象にエネルギー収支の算出を行った。プロセスは、生産、輸送、発酵の3つに分類した。生産プロセスは残さを想定しているため、エネルギー消費量はなしと考えた。輸送プロセスは輸送量を10,052tとし、笛吹ラインの距離10kmを輸送トラックが往復すると仮定した。輸送トラックは2種類を考え、2t（ガソリン34.6MJ/l、燃費6 km/l）と10t（軽油38.2MJ/l、燃費3.5km/l）の稼働とした。発酵プロセスのエネルギー収支は不確実性が高いため、先行研究（トヨタ自動車・みずほ情報銀行；輸送用燃料のWell-to-Wheel評価）の値⁸⁾を参照した。なお、本研究では、輸送プロセスの前段階、残さの刈り取りと収集する際のエネルギー投入量は算出していない。

3. 結果

3-1 県内で得られるバイオマスとしてのスイートコーン残さ量の推定

県内主要スイートコーン産地で得られる残さ量を表1に示した。各地域を代表する品種は甲府市がゴールドラッシュ、旧中道町がきみひめ、旧三珠町が甘々娘であり、それぞれの主枝、分けつ枝を合わせた茎重は1株あたりそれぞれ473g、476gおよび596gであった。以上のことから、旧三珠町の甘々娘の茎重量が最も重いことが分かった。

表1 県内主要産地におけるスイートコーン残さ量および茎中糖度

地域	品種	茎重 (g/株)			茎中糖度 (Brix%)
		主枝	分けつ	合計	
甲府市	ゴールドラッシュ	339	134	473	10.2
旧中道町	きみひめ	353	123	476	11.3
旧三珠町	甘々娘	439	157	596	14.3
平均		370	124	494	11.9

表2 試験ほ場における品種別の生体重・茎中糖度・搾汁率

品種	茎重 (g/株)			搾汁率 (%)	茎中糖度 Brix%
	主枝	分けつ	合計		
ゴールドラッシュ	338	31	369	23.5	13.0
甘々娘	405	84	489	30.7	13.6
きみひめ	288	159	447	24.0	13.5
ミルフィーユ	316	24	340	27.5	13.0
MGS850	285	62	347	22.9	12.5
平均	326	72	398	25.7	13.1

次に試験ほ場で生産した各品種のスイートコーンの搾汁率と搾汁糖度を表2に示した。試験に用いた品種別の平均茎重は、1株あたりの主枝が326g、分けつ枝が72gで総茎重は398gであった。各品種別の搾汁率の平均は、25.7%であり、供試した品種の中では甘々娘が30.7%と最も高かった。品種別の搾汁糖度は平均が13.1%であり、搾汁率と同様に甘々娘が13.6%と最も高かった。

以上の調査から、県内で得られるバイオマスとしてのスイートコーン残さは、19,445t、得られる糖重量は655tであると推定された（表4）。

3-2 スイートコーン収穫時期の検討

雌穂収穫後のゴールドラッシュの糖度と水分含量の推移を調べた結果を図1に示した。雌穂収穫後の茎中糖度は8日後まで増加し、それ以降は大きな変化が認められなかった。水分含有率は8日後までは大きな変化はなく、それ以降に低下が認められた（図1）。なお、雌穂を未収穫の対照区ではこのような糖度の上昇は見られなかった。また、この雌穂収穫後の茎中糖度上昇と水分の低下する現象は現地調査でも確認された（図表省略）。

3-3 スイートコーン搾汁液の一般成分分析

本年度に発酵試験に用いたスイートコーン（ゴールドラッシュ）の成分分析結果を表3に示した。昨年度に供試したキャンベラと比較して、糖濃度は若干高かったが、一般成分である水分、タンパク質、脂質、灰分、炭水化物および金属塩の含量は、昨年度調べたキャンベラの数値とほぼ同等であった。一方で、アミノ酸のうち、

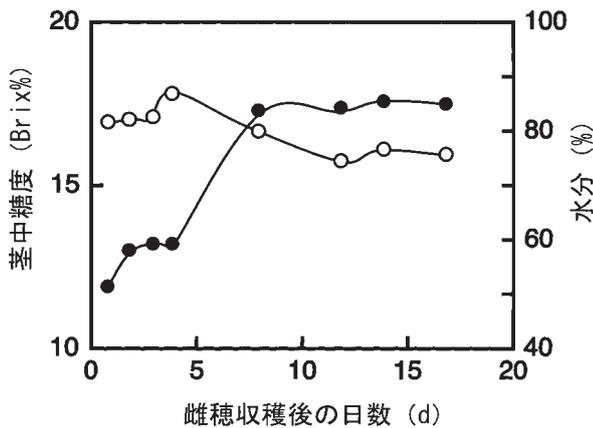


図1 スイートコーン（ゴールドラッシュ）の雌穂収穫後の茎中糖度と水分の推移

●：糖度，○：水分。

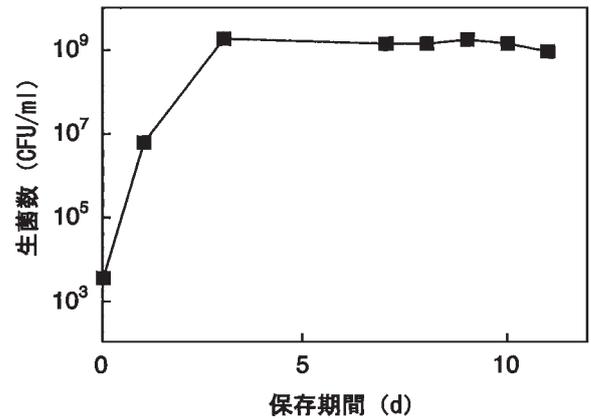


図2 スイートコーン残さ搾汁液保存中の微生物生菌数の推移

■：酵母菌数。

グルタミン含量は顕著に低かった。

3-4 スイートコーン搾汁液の保存性

25℃で保存したスイートコーン残さ搾汁液には、酵母のみが検出された。この酵母の生菌数の推移を図2に示したが、保存3日後には酵母菌数は 10^9 CFU/mlレベルに達し、5日後には腐敗臭を呈した。なお、一般細菌類の増殖は認められなかった。

3-5 スイートコーン搾汁液発酵のための酵母の選別

供試酵母21株の試験管レベルでの発酵試験の結果、得られるエタノール濃度には顕著な差異は無かった（図表省略）。

3-6 ジャーファーマンターを用いた発酵試験

*S. cerevisiae*の初発の接種菌数を 8.0×10^5 CFU/mlとしたときと 5.0×10^4 CFU/mlとしたときの発酵期間中の糖類（スクロース、グルコース、フラクトース）含量、

表3 スイートコーン（ゴールドラッシュ）残さ搾汁液の成分分析

分析項目	分析項目	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	2.0
脂質 (g/100g)	0.0	カリウム	タウリン	ND
灰分 (g/100g)	1.2	マグネシウム	アスパラギン酸	12.3
炭水化物 (g/100g)	11.9	カルシウム	スレオニン	4.8
		鉄	セリン	6.8
		亜鉛	アスパラギン	14.4
		銅	グルタミン酸	19.4
		マンガン	グルタミン	18.3
			グリシン	2.1
		Brix (%)	アラニン	5.8
			バリン	5.6
		糖類 (g/100ml)	メチオニン	2.0
		スクロース	シスタチオニン	ND
		グルコース	イソロイシン	3.3
		フルクトース	ロイシン	5.7
			チロシン	4.5
		エタノール (%)	フェニルアラニン	4.0
		グリセロール (%)	γ-アミノ酪酸	5.8
			オルニチン	ND
		有機酸 (g/100ml)	リジン	4.2
		酢酸	ヒスチジン	3.2
		乳酸	アルギニン	7.4
		コハク酸	ヒドロキシプロリン	ND
		リンゴ酸	プロリン	2.6
		クエン酸		

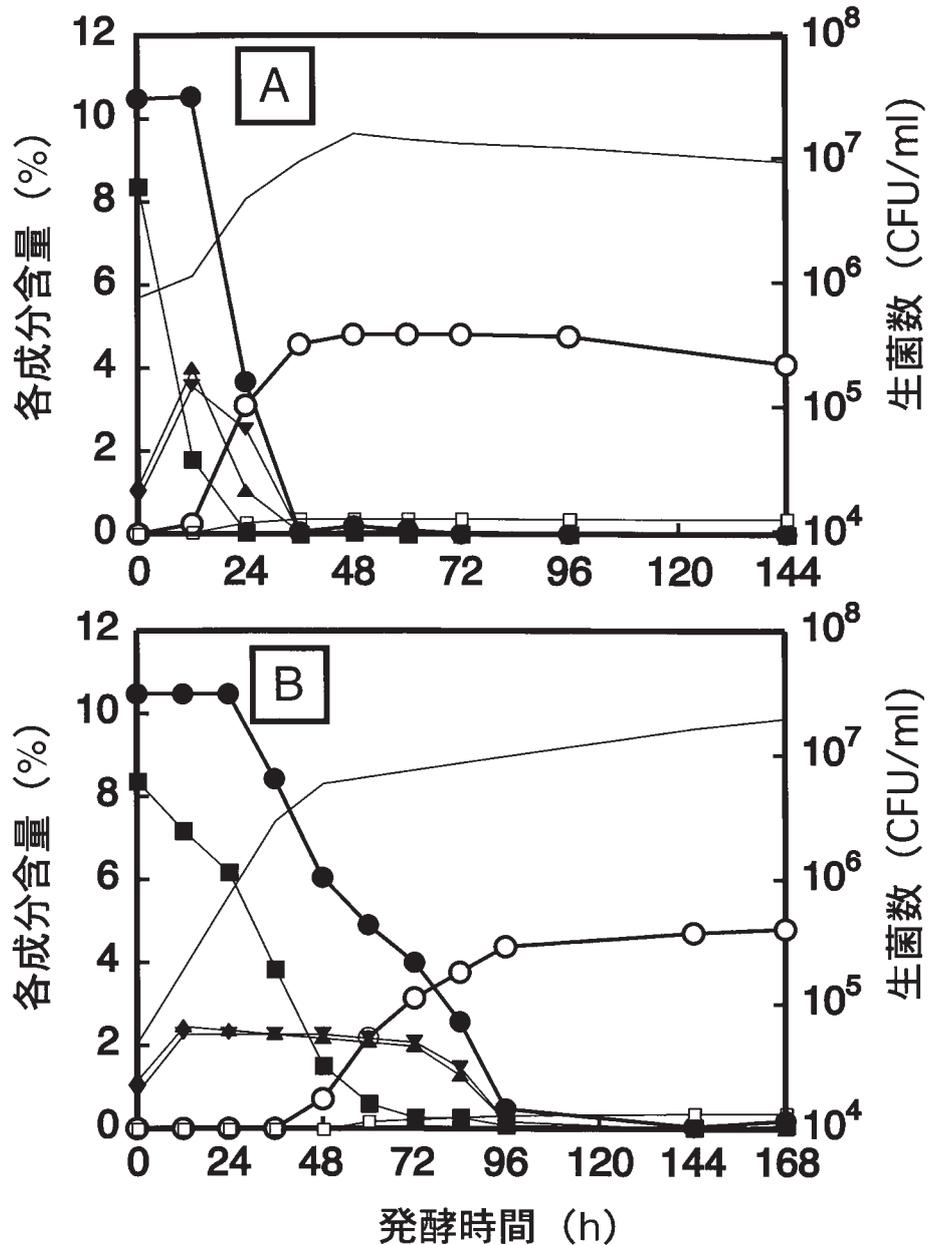


図3 ジャーフェルメンターを用いたスイートコーン残さ搾汁液のエタノール発酵試験

[3-A: 初発酵母菌数 8.0×10^5 CFU/, 3-B: 初発酵母菌 5.0×10^4 CFU/ml]

●: 全糖, ■: スクロース, ▲: グルコース, ▼: フルクトース, ○: エタノール, □: グリセロール, 実線: 酵母の生菌数.

エタノール含量, グリセロール含量および酵母の生菌数の推移を調べた結果を, それぞれ図3-Aと図3-Bに示した. 初発の菌数を 5.0×10^4 CFU/mlとしたとき(図3-B)には, 糖類がほぼ完全に消費されるまでに約96時間を要し, 初発菌数 8.0×10^5 CFU/mlのとき(図3-A)には36時間を要した. いずれの場合も, 糖から得られるエタノールの理論値からの収率(発酵歩合)のそれぞれ3回の実験の平均値は, 0.85, 0.86であった. なお, 初発菌数が 1.0×10^4 CFU/ml以下の場合や殺菌処理を施さない場合, エタノールの生成はきわめて低いかほとんど蓄積が認められなかった.

3-7 スイートコーン全茎液からの発酵試験

スイートコーンの茎部分を家庭用ジューサーで均質化するには, 茎重量に対して2倍量の蒸留水の添加が必要であった. 2倍量より少ない蒸留水の添加では均質化することが出来なかった.

このスイートコーン全茎液の糖類含量を調べた結果, スクロース1.67%, グルコース0.65%およびフラクトース0.44%であり, 茎部分からの糖の回収の寄与は比較的小さかった. また, 3日後のエタノールの発酵収率は0.78以下と低かった.

表4 県内で得られるスイートコーン残さの推定量と生産可能なエタノールの推定量

地域	主要品種	作付面積 [ha]	茎量 [t]	搾汁量 [t]	糖量 [t]	アルコール量 [t]	生産量 [kL]	エネルギー量 [MJ]
甲府	ゴールドラッシュ	68	1,588	372	48	21	26	557,284
旧中道町	きみひめ	98	2,306	553	74	32	41	859,146
旧三珠町	甘々娘	46	1,309	402	55	24	30	638,554
笛吹ライン		412	10,052	2,584	339	147	186	3,931,110
全県		797	19,445	4,999	655	285	360	7,604,599

- 1) 「笛吹ライン」と「全県」の数値は、それぞれの作付面積 (412ha, 797ha) から、主要3地域 (甲府・旧中道・旧三珠) における茎重と搾汁率の平均値を用いて算出した値。
- 2) 糖量からアルコール量への換算には、アルコール発酵の理論効率0.5114と、今回の研究で得られた発酵歩合 (本稿では0.85とした) を用いた。
- 3) 生産量の重量 [t] から容量 [kl] への変換にはエタノール密度0.79 [g/cm³] ⁹⁾ を用いた。
- 4) 生産量の容量 [kl] からエネルギー量 [MJ] への換算にはエタノール低位発熱量21,100 [MJ/kl] ⁹⁾ を用いた。

表5 県内の笛吹ラインにおけるバイオエタノール生産のエネルギー収支算出結果

	最良ケース	最悪ケース
生産 [MJ/MJ]	0	0
輸送 [MJ/MJ]	0.056	0.147
発酵 [MJ/MJ]	0.611	0.648
	0.667	0.795

表6 バイオエタノール生産の先行研究におけるエネルギー収支

	最良ケース	最悪ケース
生産 [MJ/MJ]	0.258	0.328
国外輸送 [MJ/MJ]	0.012	0.013
発酵 [MJ/MJ]	0.611	0.648
国外輸送 [MJ/MJ]	0.057	0.057
国内輸送 [MJ/MJ]	0.009	0.009
	0.947	1.055

3-8 県内で得られるバイオエタノール量の推定

各生産地から得られるスイートコーン残さを用いて生産可能なバイオエタノール量を算出した結果を表4に示した。県内で得られるバイオエタノールの推定量は、年間285t (360kl)、エネルギー量として7,604,599MJと推定された。

3-9 県内スイートコーンからのエタノール生産量の推定とエネルギー収支の試算

本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において、バイオエタノール1MJの生産に必要なエネルギー投入量は、0.667MJから0.795MJの範囲であることがわかった (表5)。このエネルギー投入量は、先行研究⁸⁾で報告されている、バイオエタノール1MJの生産にかかるエネルギー投入量の0.947MJから1.055MJとした数値よりも低かった。

4. 考 察

県内のスイートコーン産地において賦存するスイートコーンの残さ量を推定することができた。各品種のスイートコーンの中では、甘々娘が、その高い糖含量と搾汁率から、バイオマスとして最も期待できた。また、雌

穂収穫後に糖濃度が大きく変化することが分かり、エタノール発酵の原料として糖含量の高いスイートコーン残さを得るには、雌穂収穫後1週間程度放置した方が良いと考えられた。この雌穂収穫後の糖類の蓄積機構は今後検討する必要があるが、雌穂収穫後に光合成生産物が茎中に蓄積した可能性が高いものと考えられた。

なお、季節的制約のあるスイートコーンを補完するために有効と考えられる、バイオマス植物としてのソルガムの調査結果については来年度に報告したい。

搾汁した後のスイートコーン残さ搾汁液は、保存性が悪く、室温では3~5日間以内にエタノール発酵を開始する必要があった。*S.cerevisiae*の21菌株を用いた選抜試験の結果、エタノール生成量に大きな差異は認められなかった。したがって、本菌株の酵母を用いればほぼ同程度のエタノールが得られることが分かった。また、ジャーファーメンターを用いた、*S.cerevisiae*によるエタノール発酵試験では、発酵収率は約0.85であることが分かった。発酵収率は、デンプン質のバイオマスの場合で0.88~0.93程度、糖蜜の場合で0.80~0.83と報告されていることから、条件設定などの検討により収率を若干高められる可能性は考えられた。

一方で、搾汁をせずに茎部分を全部用いる発酵試験では、高い糖濃度の基質が得られないことから、生成され

るエタノール濃度が低く、現状では本法によるエタノール生産は困難であると考えられた。今後は、搾汁後の茎部分に残存する糖類の利用方法について検討する必要がある。

以上の実験室レベルの知見をもとにして、県内スイートコーン残さからのバイオエタノール生産におけるエネルギー収支を明らかにすることができた。先行研究との比較により、エネルギー収支の観点では本研究から得られた実績は有効であるといえる。今後は、エタノール生産プラントの設計を含めた、より厳密なエネルギー収支を明らかにし、コスト収支を明らかにしていく。

5. 結 言

山梨県内で得られるスイートコーン残さ量とその搾汁液から生産可能なエタノール量を算出し、バイオエタノール生産におけるエネルギー収支を試算することができた。今後は、スイートコーンを補完するために有効と考えられるソルガムの栽培適性を検討し、より効率のよいアルコール生産条件についても検討していく。さらに、実際のバイオエタノール生産プラントの設計を含めた、エネルギー収支算出・コスト収支を調査していく。

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：バイオエタノールー世界の現状と日本の今後の取り組みー，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・加藤和美・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) 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）
- 9) 大山尚宏・中田俊彦；地域特性を考慮した自動車用エネルギー作物利活用システムの設計，第15回日本エネルギー学会大会講演要旨集，261-262（2006.8）
- 10) 齊木隆：エタノール生産技術，バイオエタノール最前線（大聖泰弘・三井物産編），工業調査会，p.114-145（1999）

山梨県地域における林地残材の堆積状況

山梨県森林総合研究所

小澤 雅之

State of Forest Residues in Forests and Timber Yards 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、その堆積状態は三つに大別できた。堆積状態も今後別の状態に変化することも考えられる。また、堆積している構成物は枝条と丸太の二つに大別できた。今後林地残材をエネルギー源として利用するには、堆積方法なども検討する必要がある。

Abstract

This study identified three states of forest residues in forests and timber yards in the Yamanashi area. Moreover, forest operations will produce another type of forest residue. The residual branches, stumps, and roots appear to be useful for producing chips. In the future, it will be necessary to study a method of using these chips as an energy source.

1. 緒 言

地球温暖化防止の観点から化石資源代替エネルギーの開発は急務であるが、北欧では既に主伐等で発生した枝条などの残材や、木材を製材する工程などから発生する木くず等を木質バイオマスエネルギーとして実際にエネルギー利用している¹⁾。

1990年代後半から日本においても北欧における木質バイオマスエネルギーの利用が紹介され始めると、木質バイオマスのエネルギー利用は林業活性化、地球温暖化防止、地域雇用創出など社会全体に対して幅広く影響を及ぼすことなどから、林業界だけに止まらず、様々な業種や環境団体、研究機関などが注目するようになった。日本におけるバイオマスブームの先導役を担ったのは、無垢の木くずなどから加工・成型し、ハンドリング性能に優れた木質ペレットであった。このペレット導入とバイオマスの利用が結びついてしまったため、日本ではペレットが先行しているが、バイオマスエネルギーの先進地域である欧州などでは、長距離輸送を行うときにはエネルギー密度が高いペレットを選択する傾向にあり、一般的にはチップなどによる専焼が多く用いられている。チップの場合、ペレットのように圧密加工する必要がなく、またある程度の低い含水率であれば用いることがで

きる²⁾ため、主・間伐を行った後に発生する枝条などのいわゆる林地残材を林地内に適当に堆積させ、自然乾燥させた後エネルギープラントへ輸送することなどが行われている。

欧州と同じように日本でも林業施業時に発生する林地残材等を実際にエネルギーとして利用するには、どの林地や土場等にどれだけの量が堆積しているのか、またそれらがエネルギーとして利用できるかどうかなど具体的なことを調査・検討する必要があるが、これまで使われることがなかったため、詳細が把握されていない状態である。

そこで、山梨県地域において過去に伐採された林地や集積土場跡地等において、現在も使われずに堆積している林地残材の量や、それらの有する熱量などの調査を行っているが、ここでは実際に林地残材がどのような状態で堆積しているかについて簡単に現状を報告する。

2. 実験方法

山梨県県有林を中心にいくつかの林地・土場等において放置・堆積されていた林地残材を実際にグラップルおよびひずみ計を用いて質量を実測した。その際、目視にて枝条と丸太との判別を行い、それぞれの質量を実測し

た。また、堆積している残材あるいは放置されている場所を測量により体積・面積を実測した。

3. 結果

3-1 林地残材の堆積状態

これまで上野原周辺や都留および富士吉田付近で林地残材の堆積状態調査を行ってきたが、それらの堆積状態は一律ではなく、場所ごとにおいて堆積状態が異なっており、概ね3つのtypeに大別することができた。

まず、一つ目のtype Aとして、伐採直後の皆伐施業跡地に枝条等の残材が無数に散在している状態(写真1参照)である。散乱している枝条には、まだ葉がついているものも多い。残材の堆積状態は、跡地全面に広く薄く分布し、表層の枝条の含水率は比較的低い値になっているようだが、少し掘り起こしたその含水率は高い状態にある³⁾。また、残材の下層付近では既に黒色化した枝条なども認められた。長寸の小径木材や丸太等も枝条とともに分布している場合が多い。これら跡地に散在している枝条や丸太等は、この後の地拵え等に使用されるため、そのまま整理されずに伐採跡地内に堆積しているものと考えられる。地拵え等に枝条などを活用する際に、どの程度の残材を利用し、エネルギー源にはどの程度振り分けることができるのかについては今後検討する必要がある。



写真1 皆伐跡地に散在している残材例

二つ目のtype Bは前述のtype Aとやや近似しているが、ほぼ伐採した材の搬出等が完了し、次の作業として地拵え等が行える状況にあるものの、type Aと異なり土場などに枝条や丸太等が集積・堆積され残材塊を形成している状態である(写真2参照)。前述の状態よりも近辺は整理されており、今後使う見込みがない材などが数カ所に分けて集積されていると思われる。これらはいずれ何らかの形で利用あるいは処分・処理される可能性が高いが、現状においても残材が比較的まとまった状態に

なっているため、この状態から発展させた形で残材をエネルギー源として搬出できるような仕組みを検討する価値があると思われる。



写真2 土場に堆積している残材例

三つ目のtype Cは、完全に地拵え等や土場などの整理も完了した伐採跡地に認められる形態で、残材の堆積状態は場所ごとに著しく異なり、その付近の地形等を利用して、例えば斜面に残材が堆積している状態である(写真3参照)。この他にも様々な形態が認められ、跡地付近に残材がいくつかの塊状として堆積しているもの、地際に長く带状に集積されたもの、土中に埋設されたものなどがある。中でも施業で使用した重機等で残材が踏み固められた形跡がある場合もあり、そのような残材の堆積密度は他のものと比較して恐らく高いものになると思われる⁴⁾。このような残材は比較的搬出しにくいような場所に堆積していることが多く、また腐朽が他の材よりも進行している場合もある。type Cのような残材は、現状では今後大規模に利用される見込みはほとんどないものと思われる。



写真3 斜面に堆積している残材例

これらの堆積状態は概ね林業施業の進行と大きく関

連しており、現時点でtype Aであったとしても後日残材の堆積形態はtype Bに移行することが考えられ、また伐採作業が完了すれば土場等の材もtype Bとは異なった形態・場所に堆積させられる可能性もある。また、前述のとおりtype Cの残材は、搬出が困難な場合に堆積している場合が多く、また他のtypeより伐採され堆積している期間が長い場合が多いため、経年変化により腐朽が進行している可能性がある。しかし、これまで林地残材を使う術がなかったため、利用しきれなかったものが、近くに放置・堆積されることはごく自然なことであり、また無理に取り出さなくても枝葉等の分解により林内の養分流出等を防ぐ役割にも寄与していたことが考えられる。特に、林地残材等をエネルギー利用している欧州等では、林地から搾取される養分についての研究⁵⁾が盛んに行われてる。しかし、日本ではこれまで林地残材を大規模に利用していないため、その利用に関する方法論があまり議論されていない。

そのため、今後林地残材をエネルギー源として利用することを想定するのであれば、伐採した枝条や丸太を後に利用する際、容易に搬出できる方法や、堆積方法によっては材を自然乾燥させることも十分可能であると考えられるので、搬出するまでの間にある程度乾燥できるような状態に堆積させておくこと、また特に林内でチップ化することを想定するのであれば、枝葉や丸太などは大別しておくことなどが重要になると思われる。

3-2 林地残材に含まれる丸太の割合

堆積されていた林地残材の内容物を調査したところ、構成している残材の形状は枝条と丸太の二つに大別することができた(写真4参照)。丸太の基準として、明らかに枝条よりも径が太いものを丸太とした。丸太の中には根のようなものも含まれていた。なお、材長に関しては区別をしていない。表1にいくつかの調査地での全残材量における丸太の割合を示す。その結果、場所により丸太の割合に著しい差異があることが認められた。

表1 各調査による全林地残材に含まれていた丸太の割合

	typeA		typeB		typeC	
	調査地A	調査地B	調査地C	調査地D	調査地E	
全残材量 (kg)	6640	1610	10980	5000	1800	
丸太量 (kg)	510	270	910	780	700	
丸太の割合 (%)	7.7	16.8	8.3	15.6	38.9	

また丸太は残材塊の下部に集中して存在している場合が多く、表面・上部には枝条で覆われていても、実際にグラップルで堆積塊を壊していくと、徐々に中から丸太がでてくる場合が多い。丸太についてはチップ等に加工・販売することができるため、可能な限り搬出されているようであるが、実際には残材のかなりの量を占めて



写真4 残材塊を構成している枝状や丸太の様子

いる場合も見受けられた。なお、伐採量と堆積量については、現在の調査数も少ないことも一因であるが、明確な相関を得るまでには至っていない。しかし、両者の関係を検討するには、伐採業者や伐採、搬出方法なども調査地点において異なるため、これらも考慮する必要がある。

4. 考察

現状では林地残材を活用するシステムがないため、残材として林内に堆積させるほかない状態である。しかし、この地域においても近い将来バイオマスエネルギーを実際に利用する計画がいくつかあげられるようになってきた。その時のためにも、現在堆積している残材の量と場所、搬出の難易度程度は把握すべきであり、また今後伐採するときに発生する残材については、搬出・利用が可能な状態に堆積させておくことが極めて重要であると思われる。

参考文献

- 1) 熊崎 実：季刊木質エネルギー， No 12， P.10. (2006).
- 2) 岩手県林業技術センター：チップボイラー導入の手引き， P. 3. (2006).
- 3) 小澤雅之，尾辻佐人志，岩岡正博：未発表
- 4) 小澤雅之，尾辻佐人志，岩岡正博：未発表
- 5) 吉岡拓如：森利学誌， 21， 87-90. (2006).

Applicable subject number : 3

Status of the Forest Residue in the Forests and Lumberyards of Yamanashi Prefecture, Japan

Masayuki Ozawa¹⁾, Hiroshi Saito¹⁾, Osamu Akiyama¹⁾, Shigeki Kobayashi¹⁾,
Masahiro Iwaoka²⁾ & Satoshi Otuji²⁾

[Purpose of the work] To prevent further global warming, a pressing need exists to develop alternatives to fossil fuel energy sources, and although bioenergy is not yet a popular concept in Japan, it is beginning to attract attention. In particular, forest residues comprise a major bioenergy target because a vast amount is generated every year in Japan (about 3.7 million tons annually). However, details must be clarified before these residues can be used for bioenergy. This paper describes an analysis of forest residues, in terms of volume and caloric value, for use as a bioenergy source in the near future in Yamanashi Prefecture.

[Approach] We investigated the status of the forest residue at several locations. Forest residue weight was measured using a forestry machine and a load cell. The residue was divided into stems and logs, which were measured separately. We also determined the moisture content and caloric value of samples.

[Scientific innovation and relevance] We were able to distinguish three types of forest residue. In type A, the residue was in the form of widely and thinly scattered limbs, tops, and stems following clear-cutting (Fig. 1), and had been dumped on the ground for use as ground cover. Regarding type A residue, we need to consider the ratio of the amount to be used as ground cover versus the amount to be used as an energy source. In type B, the forest residue was placed in numerous piles near the clear-cut site and was not set aside for future use (Fig. 2). It seemed that type B was the easiest type to remove for use as an energy source. In contrast, type C (Fig. 3) was very difficult to remove because type B became type C after remaining in place for a long time.

[Result] We surveyed the forest residue at a type A site. We set up three sampling sites (each 20×20 m, total area of 1200 m²). The forest residue weighed 13.7 t. The total clear-cut area was 5.84 ha, resulting in a total of 666 t of forest residue at the site. The caloric value of softwood was 16.9 MJ/kg and of hardwood was 16.5 MJ/kg. Thus, the total caloric value at the site was 7.0 TJ.

[Conclusions] The first bioenergy plant in the Yamanashi area will be built this year. The method for obtaining wood biomass has been planned but does not include forest residue. However, it is necessary to obtain more information about the location, amount, and quality of this potential bioenergy resource before it can be used.



Fig.1. Status of type A



Fig.2. Status of type B



Fig.3. Status of type C

1) Yamanashi Forestry Research Institute : 2290-1 Saishoji, Masuho-cho, Minamikoma, Yamanashi 400-0502, Japan
TEL : +81-556-22-8001 FAX : +81-556-22-8002 E-mail : ozawa-ykt@pref.yamanashi.lg.jp

2) Tokyo University of Agriculture and Technology : 3-5-8 Saiwai-cho, Fuchu-shi, Tokyo 183-8509, Japan
TEL : +81-42-367-5880 FAX : +81-42-367-7812 E-mail : iwaoka@cc.tuat.ac.jp

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

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

山梨県環境科学研究所・静岡県立大学¹・富士工業技術センター²・日清オイリオグループ(株)³
齊藤奈々子・森 智和・佐野慶一郎¹・萩原 義人²・高柳 正明³

Development of Dissolution and Recycling for Plastic Wastes

Yamanashi Institute of Environmental Sciences, University of Shizuoka¹, Yamanashi Pref. Fuji Industrial Technology Center², The Nisshin Oil Group, Ltd.³
Nanako Saito, Tomokazu Mori, Keiichiro Sano¹, Yoshihito Hagihara² and Masaaki Takayanagi³

要 約

廃棄FRPは、架橋構造のUP（不飽和ポリエステル）が用いられ、且つ繊維が添加されているため、リサイクル・システムを実用化するのは困難である。本研究では、廃食用油中での廃棄FRPの熱分解とそのリサイクルの技術開発を進めた。この手法では、熱分解した母材とガラス繊維は容易に分離することができる。UP分解物は燃料としてサーマル・リサイクルが可能であり、分離した繊維は無機材料としてリサイクル可能である。本年度の成果として、遠心分離機と蒸発ガスの浄化装置、及び各制御装置を設計試作した。それらの装置を昨年度に試作した熱分解槽と組み合わせ、廃FRPリサイクル装置を完成させた。また、その装置の稼動試験を行った。

Abstract

It was difficult to realize a recycling system of fiber-reinforced plastics (FRP) wastes because of the cross-linked structure of unsaturated polyester (UP) and the filler fibers. In this study, we have developed a thermal dissolution method of FRP using vegetable oil wastes. FRP heated with vegetable oil easily dissolved into matrix resin and glass fibers. The UP dissolution product can be used for thermal recycling as fuel, and the fibers can be recycled as inorganic raw materials. In 2006, a centrifugal separator and an exhaust gas purifier were constructed together with their controllers, and were assembled with the heating reactor built up in the last year. The operation test of the assembled recycling machine was performed.

1. 緒 言

FRP（繊維強化プラスチック）は、ボート、航空機、車両、浴槽、ボート、ヘルメット、遊具等の様々な製品に利用されている。しかし、FRP廃材の多くは、分解困難なUP（不飽和ポリエステル）等の熱硬化性樹脂が用いられ、ガラスや炭素の強化繊維の分離除去にも手間がかかるため、リサイクル化が敬遠され、埋立てか焼却処分される状況にある。現在、国内において、革新的な廃FRPのリサイクル技術が求められている。以前より、筆者らは廃棄する熱硬化性樹脂を植物油中で加熱分解し、リサイクルする手法を提唱してきた^{1) - 6)}。本研究では、国内の環境を保全していくため、廃食用油を利用し、小型で簡単な装置で安価に廃FRPを分解し、リサイクルする手法を提案し、その技術の早期開発を目指している。昨年度は、実験結果を基に廃FRPリサイクル

の工程を考案し、廃FRPの小型分解装置の装置全体を構想し、熱分解槽とその制御装置を設計試作した。本年度は、廃FRPの分解油中に含まれる繊維を分離する遠心分離機と廃FRPを熱分解処理する際に発生する蒸発ガスの浄化装置を設計試作し、前年度に試作した熱分解槽と組み合わせ、廃FRPリサイクル装置を完成させた。さらに、自動制御による稼動試験を行った結果について報告する。

2. リサイクル装置の設計試作⁴⁾

2-1. 蒸発ガスの浄化装置

試作した蒸発ガスの浄化装置の概観を写真1から写真4に示す。

まず蒸発したガスは、排気ブロワーにより吸引され、ミストセパレーターに回収され冷却される。ミストセパ

レーターの内部にはコイル状の水冷管と外部には水冷式のジャケットが装備されており、熱分解中に発生した蒸発ガスの大半を液化することが出来る。

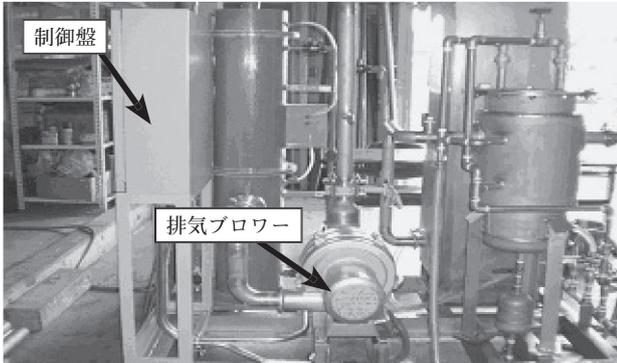


写真1 ミストセパレーター概観図

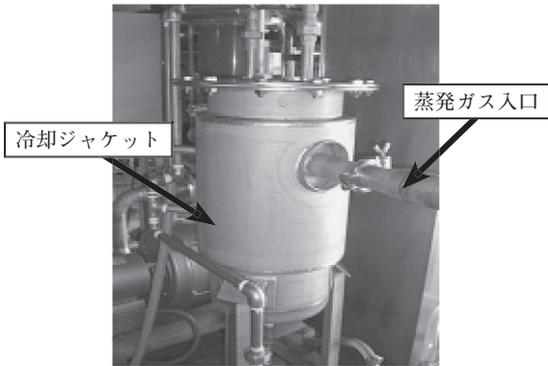


写真2 ミストセパレーター本体

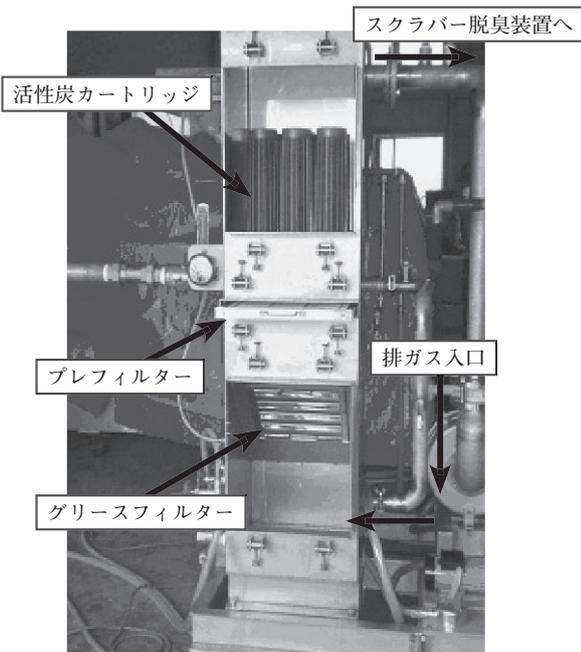


写真3 活性炭脱臭装置

さらに、ミストセパレーターを通過したガスは活性炭脱臭装置を通過し活性炭吸着方式により脱臭される。最

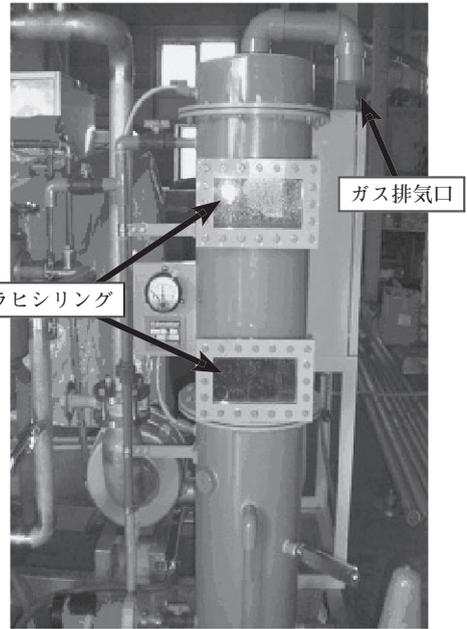


写真4 スクラバー脱臭装置

後に散水によるガス洗浄方式（スクラバー脱臭装置）により完全脱臭され排気される。

2-2. 遠心分離機

試作した遠心分離機の概観を写真5から6に示す。遠心分離機の内部は、メッシュ式のバスケットが内蔵されており、毎分回転数3000rpmにて遠心分離を行う。ガラス繊維などの残渣物はメッシュ式バスケット内に残り液状成分と容易に分離回収することが出来る。この装置は熱分解槽と連結させ、連動して分解分離を行う。

2-3. 稼動試験

図1に廃FRPの熱分解装置の設計図と写真8に試作し組み合わせた廃FRPリサイクル装置の実機を示す。完成装置の一連の稼動試験工程として、先ず、熱分解槽で植物油を常温から320℃まで制御しながら加熱保持できることを確認した。タッチパネル、昇温状態、反応中の振動、攪拌、において問題なく自動制御が可能であった。続いて破碎した廃FRPを熱分解槽へ投入し320℃で保持したまま攪拌し90分間反応させた。熱分解を開始すると同時に、スクラバー脱臭装置と排気ブローを稼動させ、脱臭装置の機能を確認した。反応が終了するまで、排気口からは殆ど不快な臭気は感じられなかった。反応終了後、熱分解槽に装備されている水冷管へ水道水を循環させ、分解液を100℃以下になるまで冷却した。その後、熱分解槽の下部に付属するバルブを開き、分解液を遠心分離器へ投入し、繊維などの分離試験を行った。ドラム式の遠心分離器である為、水平に留意する必要があるが、問題なく容易に残渣物と液状成分に分離することが出来た。写真7に分離した液状成分を示す。試作したリサイクル装置による熱分解から残渣物を除去す



写真5 遠心分離器の概観

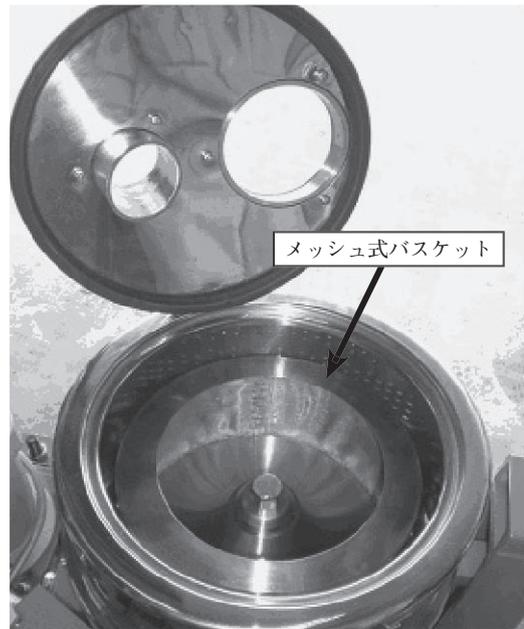


写真6 遠心分離器の内部

るまでの一連の運転試験を行った結果、連動した運転や各装置の性能も問題なく、廃FRPリサイクル装置の試作機を完成することが出来た。

4. 結 言¹⁾ -6)

- 1) 本年度は、蒸発ガス脱臭装置と遠心分離器を設計試作し、正常な動作を確認した。
- 2) 昨年度、試作した熱分解槽と全ての装置を組み合わせ、自動制御による正常な動作確認を行い、廃FRPリサイクル装置として完成させた。



写真7 遠心分離器により分離された分解油

5. 今後の計画

今後の課題として、下記の研究を計画検討している。

- ①実機による分解能力の検討
- ②廃FRPリサイクルのモデル・ケースの提案
- ③FRP分解物のマテリアル・リサイクル技術の開発
- ④リサイクル工程の改善
- ⑤ライフ・サイクル・アセスメント

参考文献

- 1) 佐藤：日経メカニカル，No.517，p.27-29 (1997).
- 2) 根上，佐野，吉村 ほか：自動車技術会学術講演会前刷集，No.20015494，p.9-12 (2002).
- 3) M. Neagami and K. Sano et al.: JSAE Review, Vol.24, No.20034120, p.221-225 (2003).
- 4) 佐野，高柳，齋藤 ほか：自動車技術会学術講演会

前刷集，No.20035004，p.7-10 (2003).

- 5) M. Takayanagi and K. Sano: Collection of papers presented at the Polytronic, p.143-146 (2003).
- 6) 佐野，西巻，高見ほか：プラスチック化学リサイクル研究会第7回討論会予稿集，p.43-44 (2004).
- 7) 佐野，高橋，高見ほか：プラスチック化学リサイクル研究会第9回討論会予稿集，p.108-109 (2006)

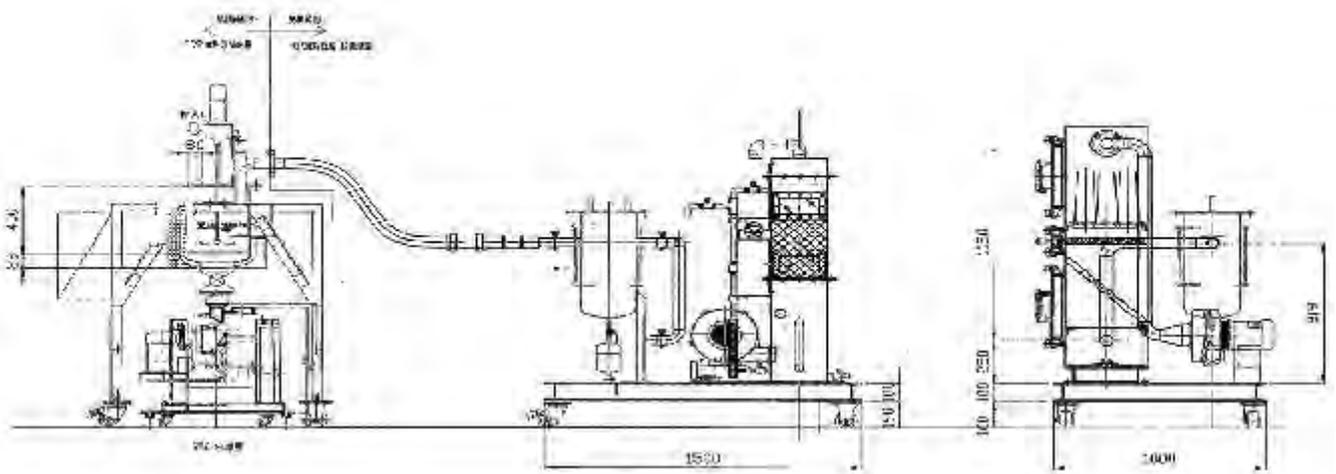


図1 廃FRPの熱分解リサイクル装置の設計図

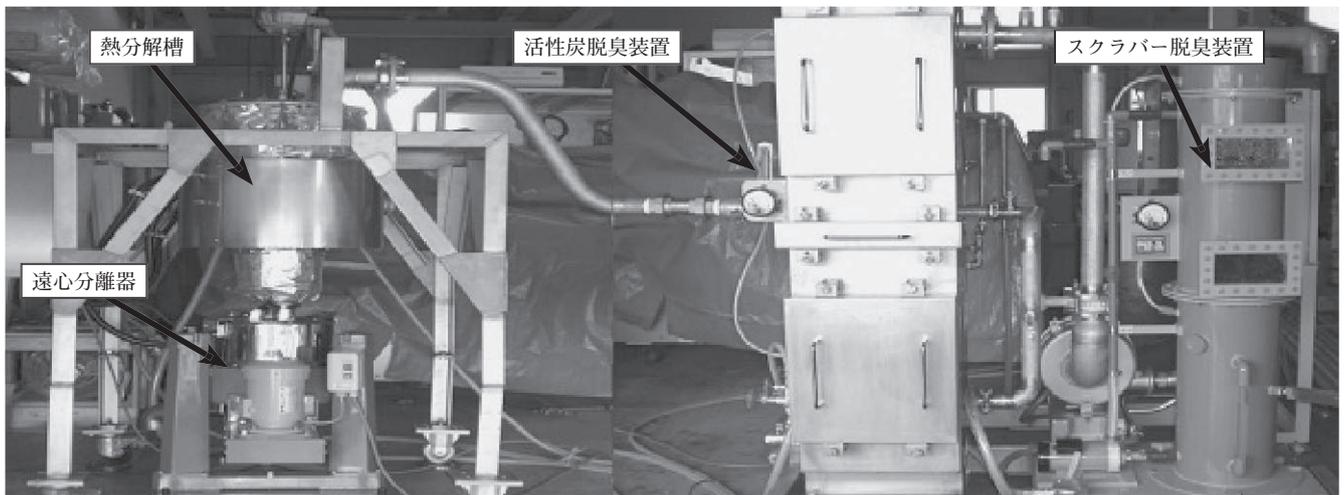


写真8 廃FRPの熱分解リサイクル装置

無電極放電プラズマ光による
次世代水殺菌処理システムの研究開発

無電極放電プラズマ光による 次世代水殺菌処理システムの研究開発 (第2報)

富士工業技術センター・山梨大学大学院医学工学総合研究部ワイン科学研究センター^{*1}
渡辺 誠・尾形 正岐・高柳 勉^{*1}・鈴木 俊二^{*1}

Research and Development of Water Sterilize System by Electrodeless Discharge Plasma Emission (2nd Report)

Fuji Industrial Technology Center, Interdisciplinary Graduate School of Medicine and
Engineering & The Institute of Enology and Viticulture, University of Yamanashi^{*1}

Makoto WATANABE, Masaki OGATA, Tsutomu TAKAYANAGI^{*1} and Syunji SUZUKI^{*1}

要 約

無限長マイクロ波線路構造により、従来のマイクロ波利用の装置に比ベシンプルな構成と操作性を実現した実用型の水殺菌用マイクロ波励起空気プラズマ光照射装置を製作し、各種微生物に対する効果や最適処理条件などの基本性能および殺菌原理などについて検討を行った。検討した殺菌装置において、 10^7 オーダーの大腸菌懸濁液を1パス処理したとき99.99%以上の殺菌が可能な最大処理能力は、マイクロ波出力1500W、真空度40Paの条件で19.4t/日であった。本殺菌装置を組み込んだソバもやし栽培システムを製作してその効果を検討した結果、栽培系外からの微生物汚染に対して 10^3 オーダーの菌数軽減効果が認められた。

Abstract

The water sterilization device that used electrodeless discharge plasma emission was developed. The developed device had a simple structure and operativeness. The development device was able to process the suspension of *E.coli* at the level 10^7 cfu/ml by 19.4t a day by the sterilization efficiency of 99.99% or more (power output of micro wave:1500W, vacuum of plasma chamber: 40Pa).The buckwheat sprouts cultivation system which used the developed device was constructed.The cultivation system reduced pollution of the microorganism from the outside to 1/1000.

1. 緒 言

多くの産業分野や生活施設において、微生物汚染のない良質な水が求められている。加熱殺菌は、最も基本的な殺菌方法であるが、熱エネルギーの消費や、熱に不安定な水中の成分の変質に問題を有している。また、塩素殺菌に代表される薬剤による殺菌法は、異臭やトリハロメタンなどの有害物質の生成、さらには耐性菌やクリプトスポリジウムといった耐性の原虫などによる汚染リスクといった問題を抱えている。昨今、こうした問題を回避する対策として、オゾン殺菌や殺菌灯による殺菌法が注目されているが、オゾン殺菌においては、余剰オゾンの除去管理、殺菌灯においては、多数本の殺菌灯の定期的交換などそれぞれ課題を有している。そこで本研究では、無電極放電方式のマイクロ波励起による空気プラズマ光の殺菌性に注目し、これを利用した新規水殺菌装

置の実用化を目指した装置の製作と、その基本性能および応用分野への適応性について検討を行った。従来のマイクロ波プラズマ発生装置は、導波管や整合器からなる立体回路で形成され操作も煩雑であるが、今回製作した装置は、無限長線路構造により、プラズマチャンパー部にマグネトロンを直結したシンプルな構成と操作性を実現可能である¹⁾。本殺菌装置の応用分野としては、前報²⁾において養魚用水の殺菌について検討を行い、魚病細菌の殺菌効果を確認しているが、本報においては、ソバもやし栽培における栽培水の殺菌処理の効果について検討を行った。もやしは、一般に豆・麦類・蕎麦などの種子を水に浸漬して発芽させたもので、調理材料として広く利用されている。加えて、もやしは低カロリーで、ビタミンCが豊富に含まれており、栄養バランスの取れた食材として注目されている。もよしの栽培は28~40℃、湿度80~90%という高温・多湿の環境下で行うことか

ら、栽培中の微生物増殖による問題が生じやすい。もやしの製造工程において発生する一般的な細菌として、*Pseudomonas*属、*Enterobacteriaceae*属、*Acinetobacter*属、*Moraxella*属、*Flavobacterium*属などが同定されている³⁾。我々は、前報⁴⁾においてソバもやし栽培中に観られる微生物の増殖とフローラを測定し、16S rRNAの部分塩基配列の解析により*Escherichia*属、*Enterobacter*属、*Pantoea*属を同定した。これらの菌の存在に加えて、もやしの生育を阻害する植物病原菌の増殖による生育不良や人にとって有害な食中毒菌などの混入は、もやし栽培上の大きな懸念である。プラズマ水殺菌システムを用いてもやし栽培水を効率的に殺菌できれば、このような微生物汚染を軽減できるとともに、循環型のプラズマ水殺菌システムとすれば水使用量を節約できると期待される。本研究では、プラズマ水殺菌システムを利用した循環型ソバもやし栽培システムを構築し、ソバもやし栽培中に混入した微生物排除をモデル実験として、プラズマ水殺菌システムを利用した循環型ソバもやし栽培システムの有効性を検討した。

2. 実験方法

2-1 殺菌装置の基本性能の検討

実験には、プラズマチャンバーの容積や処理管形状、最大マイクロ波出力のそれぞれ異なる4種類の殺菌装置(表1)を適宜用いた。また、殺菌試験には、表2に示した微生物を用い、液体培養後の菌液を6,000g×20min、4℃で遠心分離した後、0.8%NaCl滅菌水で所定の菌濃度に希釈して殺菌試験用の処理液とした。但し、パチルス菌(芽胞)は、市販の溶液をそのまま希釈して用いた。殺菌処理前後の生菌数は、10倍希釈列を作成し、2%寒天を添加した各菌用培地での寒天平板混釈法により計測した。

2-2 処理液中の無機イオンへの影響の検討

プラズマ光処理による水中の無機イオンへの影響の有無を調べるため、 Na^+ 、 NH_4^+ 、 K^+ 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} の各種陽イオンを含む蒸留水500mlおよび F^- 、 Cl^- 、 NO_3^- 、 PO_4^{3-} 、 SO_4^{2-} の各種陰イオンを含む蒸留水500mlを、それぞれストレート長多管装置を用いて真空度100Pa、マイクロ波出力450W、流速0.5L/minの条件で循環処理を行い、一定時間毎にサンプリングした。サンプリングした試料は、イオンクロマトグラフによりそれぞれの成分の濃度を定量した。なお、本殺菌装置で循環処理を行う場合には、処理管の出口側に冷却管を配し、処理液の水温が上昇することを抑えた。以後の実験においても、循環処理を行う場合には同様の処置を講じている。

表1 殺菌試験に用いた殺菌装置の一覧

処理管構造	処理管サイズ (mm)	プラズマチャンバーサイズ(mm)	最大マイクロ波出力 (W)
ストレート長多管	$\phi=8$, L=500, ストレート管×6本	$\phi=46$, L=500	450
ストレート短多管	$\phi=8$, L=300, ストレート管×6本	$\phi=46$, L=300	450
ストレート単管	$\phi=16$, L=200, ストレート管×1本	$\phi=46$, L=200	450
U字管クロス	$\phi=12$, L=1000, U字管×2本	$\phi=46$, L=370	1500

表2 殺菌試験に使用した微生物の一覧

試験菌	培地組成 (1Lあたり)	培養温度(℃)
大腸菌 <i>Escherichia coli</i> NBRC 3972	polypepton 10g yeast extract 2g $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 1g	30
黄色ブドウ球菌 <i>Staphylococcus aureus</i> NBRC 12732	polypepton 10g yeast extract 2g $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 1g	30
サルモネラ菌 <i>Salmonella enterica</i> NBRC 3313	polypepton 10g yeast extract 2g $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 1g	30
腸球菌 <i>Enterococcus faecalis</i> NBRC 12946	polypepton 5g glucose 5g yeast extract 5g $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.5g	37
ビブリオ菌 <i>Vibrio parahaemolyticus</i> NBRC 12711	polypepton 10g yeast extract 2g $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.5g 人工海水 750ml	30
パチルス菌 栄研器材(株) 枯草菌芽胞液LK1000	polypepton 10g yeast extract 2g $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 1g	30

2-3 光触媒併用技術の検討

光触媒担持材としては、(株)光触媒研究所の光触媒ガラスビーズBL2.5BおよびL2.5DXをそれぞれ用い、ストレート単管装置の処理管内にこれらのビーズを充填して試験を行った。被処理液には、0.05mMローダミンB水溶液1Lを用い、真空度200Pa、マイクロ波出力450W、流速0.5L/minの各条件で循環処理を行い、一定時間毎にサンプリングして濃度の変化を分光光度計で測定した。また、対照として、テイカ(株)製の光触媒粉末PMT-600を被処理液に0.1%添加して同様に処理を行った。

2-4 殺菌原理の検討

10^7 オーダーの大腸菌NBRC3972の懸濁液をストレート短多管装置により1パス処理(マイクロ波出力450W、真空度100Pa、流速2L/min)を行い、処理後の菌液を試験管に分注し、15Wの蛍光灯(距離7cm)により一定時間照射したときの生菌数について計測することで、光回復の有無を調べた。

本装置から発生するプラズマ光の波長および強度は、(株)相馬光学製の紫外・可視用小型マルチチャンネル分光器S-2400を用い、プラズマチャンバー終端部近くのプラズマ点灯確認用の小穴($\phi=2$ mm)からの光により測定した。

2-5 ソバもやし栽培への応用検討

ソバもやし栽培試験には、タキイ種苗(株)の長野県産信州大そばを用いた。種子は、3時間水に浸漬後、水気をとり1昼夜、4℃、暗室で保存してから、栽培トレーあたり100mlを供試した。この種子を栽培トレーのネット上に均一に蒔き、約600mlの栽培水をトレーに加えた。栽培水に種子が接触しないことを確認した後、20-25℃の条件下で栽培を開始した。もやしの全長が10cm程度の大きさになったところで蛍光灯を照射し、24時間光照射下で栽培を続けた。

殺菌装置とソバもやし栽培系を組み合わせ、栽培水を自動的に排水し、これを殺菌処理して再度供給する自動化装置を製作した(図1参照)。

本栽培システムの動作手順は以下の通りである。

- ①栽培水は設定時間ごとに排水され、その都度プラズマ水殺菌システムで殺菌される。
- ②殺菌された栽培水は貯蓄タンクに送られ、栽培水として再利用される。
- ③貯蓄タンクからシャワーが噴霧される。
- ④栽培トレーを洗浄するための洗浄水が供給される。
- ⑤シャワー水、洗浄水はプラズマ水殺菌システムに送られ、殺菌された後、貯蓄タンクに送られ、栽培水として再利用される。
- ⑥栽培水が供給される。

表3は、本栽培システムにおける実験で設定したトレー水の基本交換条件である。なお、接続する殺菌装置は、ストレート短多管装置を用い、マイクロ波出力450W、真空度100Pa、流速0.5L/minの条件で操作を行った。

外部からの汚染菌に対する効果を検討するため、GFP (Green Fluorescent Protein) 発現プラスミド pGLO (BIO-RAD) を大腸菌 *Escherichia coli* HB101 K-12株に形質転換し、得られた形質転換体をモニター菌として用いた。モニター菌は、栽培システムを用いて定期的にトレー水の交換と殺菌を行っているソバもやしの栽培系に対して、播種5日後、栽培トレーあたり 1×10^3 個を水交換操作が終了した直後に接種した。モニター菌のGFP生産大腸菌の検出は、モニター菌の接種から5日ないし6日目の栽培水をサンプリングして10,000倍に希釈し、その100 μ lをGFP検出プレート(100 μ g/ml アンピシリン、6 mg/ml L (+) アラビノース含有LB寒天培地)に塗付し、37℃で24時間培養後、プレートに長波長UVを照射することで確認をした。サンプリングのタイミングは次の栽培水交換が始まる1時間前に揃えた。なお、終始水交換なしで同様の栽培を行ったものを対照としてモニター菌量および出現した全細菌数を比較した。

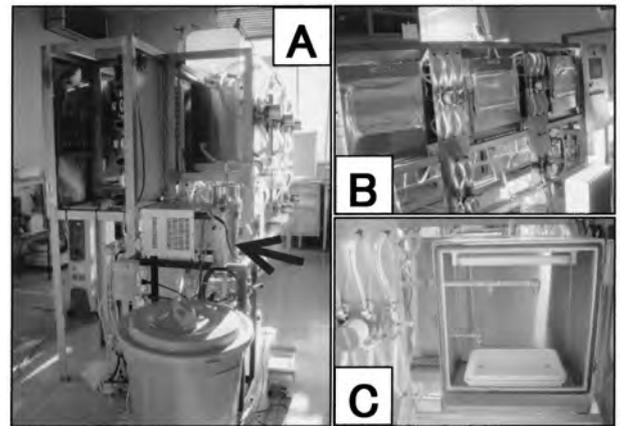


図1 プラズマ水殺菌システムを利用した循環型ソバもやし栽培システム

- (A) プラズマ水殺菌システムを利用した循環型ソバもやし栽培システムの全体像。矢印はプラズマ水殺菌システムを指す。ソバもやし栽培システムと直結し、栽培水のプラズマ水殺菌が行えるよう構築した。
- (B) ソバもやし栽培システムの全体像。6個の独立した栽培装置を設置し、6個の異なる栽培条件(給水、排水、シャワー散布など)で並列して栽培できるシステムとした。
- (C) ソバもやし栽培システムの中。シャワー用のノズル2基と蛍光灯を設置した。

表3 ソバもやし栽培システムにおける水交換の条件

栽培水の交換フロー	内 容
①散水前排水	栽培トレー中の水の排水 (20秒)
②シャワー散布	ソバもやしの洗浄 (60秒)
③洗浄水供給	栽培トレーの洗浄 (550ml)
④排水	トレー洗浄用に供給した水の排水 (60秒)
⑤供給	栽培水の供給 (550ml)

*水交換の回数(周期)は、実験により任意に設定可能。

ソバもやし栽培により栽培水中に蓄積する溶解成分に対する本殺菌処理の影響を検討するため、水交換なしで栽培を行ったトレーの水500mlをストレート長多管装置により、マイクロ波出力450W、真空度100Pa、流速0.5L/minの条件で循環処理し、一定時間毎にサンプリングを行った。サンプリングした栽培水は、フォーリン・チオカルト法⁵⁾によりカテキン換算としてのポリフェノール量を定量した。また、同様の処理条件で、カテキンの水溶液(約2 mg/100ml)を処理した場合についても検討を行った。

3. 結果

3-1 殺菌装置の基本性能の検討

表4に 10^7 オーダーの大腸菌懸濁液を99.99%以上殺菌可能な各プラズマ光殺菌装置の処理流速を示した。U字

管クロス装置は、最大マイクロ波出力が1500Wと大きい
ため、高真空で安定なプラズマ光点灯が可能である
ことから、最も処理能力が大きく、13.5L/minの流速が
可能であった (19.4t/日)。表5は、ストレート長多管
装置を用い、マイクロ波出力450W、真空度100Pa、流
速2L/minの処理条件で、大腸菌懸濁液の菌濃度を
変えたときの殺菌効果を比較した結果である。同じ
流速で処理した場合、処理液の初発菌濃度が低下
すると殺菌効率は高くなった。10⁶オーダーでは、
流速2L/minで殺菌効率100%となり、流速を4
L/minまで上げて99.99%以上の殺菌効率が得ら
れた。但し、10⁵より菌濃度を下げても、流速を
4L/minより更に上げて殺菌効率99.99%以上の
値を得ることはできなかった。

表4 各プラズマ光殺菌装置における10⁷オーダーの大腸菌を99.99%以上殺菌可能な最大処理量の比較

処理管構造	マイクロ波出力 (W)	真空度 (Pa)	処理量 (L/min)	処理前の生菌数 (cfu/ml)	処理後の生菌数 (cfu/ml)
ストレート長多管	450	100	2.00	2.7×10 ⁷	2.8×10 ²
ストレート短多管	450	100	1.50	1.5×10 ⁷	6.9×10 ²
ストレート単管	450	200	0.25	3.9×10 ⁷	2.0×10 ³
U字管クロス	1500	40	13.50	5.8×10 ⁷	1.8×10 ²

表5 大腸菌懸濁液の初発菌濃度の違いによる殺菌効率の比較

処理前の生菌数 (cfu/ml)	処理後の生菌数 (cfu/ml)	殺菌効率 (%)
1.3×10 ⁸	3.5×10 ⁴	99.973
7.3×10 ⁷	2.7×10 ³	99.996
4.6×10 ⁶	0	100.000

表6は、ストレート長多管装置を用いて、マイクロ波出力450W、真空度100Paの条件で各種試験菌を99.99%以上殺菌可能な最大処理量について比較した結果である。試験した菌の中では、黄色ブドウ球菌は比較的殺菌され難く、大腸菌やサルモネラ菌に比べ1パスあたりの処理時間が2倍程度必要であった。なお、バチルス菌(芽胞)は、用いた市販の試験菌濃度の制限から、他の菌と比べ処理前の菌濃度が10⁴オーダーと低い条件で試験を行っているが、99.99%以上の殺菌効率を得るには、流速を黄色ブドウ球菌と同程度に遅くする必要があった。

3-2 処理液中の無機イオンへの影響の検討

図2、図3は、各種陽イオンおよび陰イオン濃度とプラズマ光処理時間との関係を示したものである。陽イオン、陰イオンともにプラズマ光処理による濃度の変化はほとんど認められなかったことより、本法による殺菌処理によって、水中の無機イオン成分が変化する可能性は少ないものと考えられる。

表6 各種試験菌に対する殺菌効果の比較

試験菌	処理流速 (L/min)	処理前の菌濃度 (cfu/ml)	処理後の菌濃度 (cfu/ml)	殺菌効率 (%)
大腸菌	2.0	2.7×10 ⁷	2.8×10 ²	99.999
黄色ブドウ球菌	1.0	3.0×10 ⁷	2.6×10 ²	99.999
サルモネラ菌	2.0	1.1×10 ⁷	1.2×10 ²	99.999
腸球菌	1.5	9.8×10 ⁶	1.1×10 ²	99.999
ビブリオ菌	1.5	4.5×10 ⁶	1.5×10 ²	99.997
バチルス菌(芽胞)	1.0	2.3×10 ⁴	0	100.000

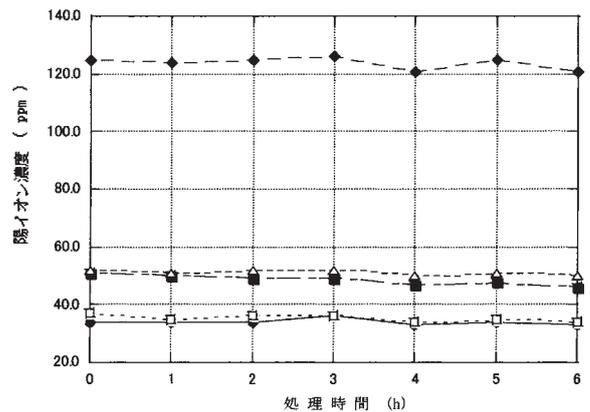


図2 陽イオン混合溶液のプラズマ光殺菌処理による処理時間と濃度の関係

● : Na⁺, ■ : NH₄⁺, ◆ : K⁺, △ : Mg²⁺, □ : Ca²⁺

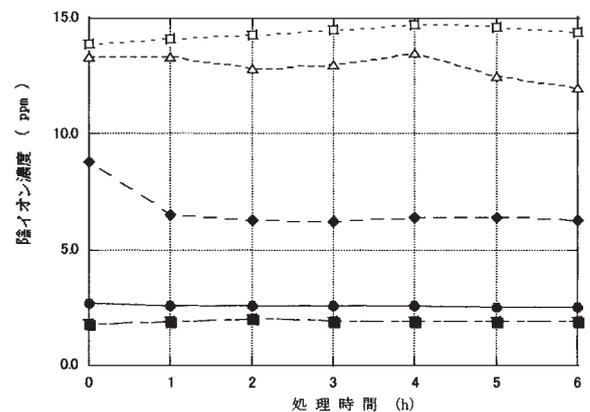


図3 陰イオン混合溶液のプラズマ光殺菌処理による処理時間と濃度の関係

● : F⁻, ■ : Cl⁻, ◆ : NO₃⁻, △ : PO₄³⁻, □ : SO₄²⁻

3-3 光触媒併用技術の検討

プラズマ光処理に光触媒粉末を併用したときのローダミンB色素の分解を図4に示した。また、光触媒ビーズBL2.5BおよびL2.5DXを併用して同様の実験を行った結果を図5、図6にそれぞれ示した。光触媒ビーズL2.5DXは、処理時間3hまでの比較結果から、粉末と

ほぼ同程度の分解性能を有していた。従って、処理管内に光触媒を保持させながら効率的に液体処理ができる可能性が示された。しかしながら、光触媒ビーズL2.5DXを処理管に充填して大腸菌懸濁液を1パス処理した場合と、触媒なしで同様の処理を行った場合の殺菌効果を比較した結果では、光触媒併用の有効性を認めることはできなかった。

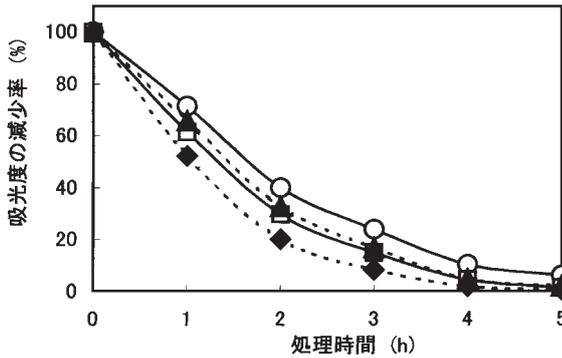


図4 プラズマ光+光触媒粉末処理における処理時間とローダミンB色素の吸光度減少率の関係

○ : A197, □ : A256, ▲ : A354, ◆ : A550

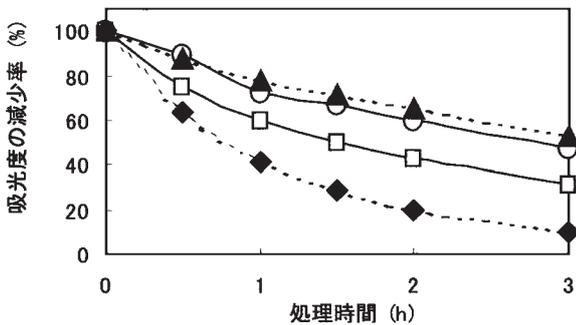


図5 プラズマ光+光触媒 (BL2.5B) ビーズ処理における処理時間とローダミンB色素の吸光度減少率の関係

○ : A197, □ : A256, ▲ : A354, ◆ : A550

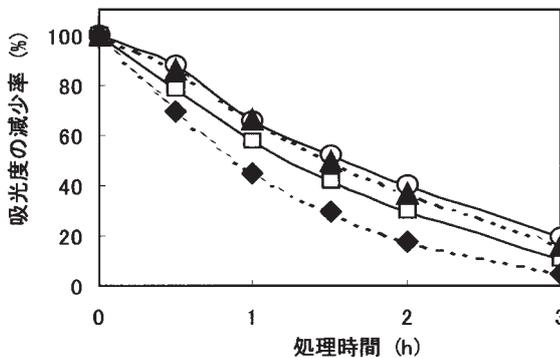


図6 プラズマ光+光触媒 (BL2.5DX) ビーズ処理における処理時間とローダミンB色素の吸光度減少率の関係

○ : A197, □ : A256, ▲ : A354, ◆ : A550

3-4 殺菌原理の検討

表7は、殺菌処理後の大腸菌懸濁液に、至近距離での蛍光灯を一定時間照射したときの光回復について検討した結果である。殺菌処理により生菌数が 10^7 から 10^4 オーダーまで減少した大腸菌懸濁液は、蛍光灯の光を照射することで 10^6 オーダーまで回復する現象が示された。光回復は、殺菌灯による紫外線殺菌において観察される現象^{6) 7)}であることから、本法においても、殺菌灯と同様な殺菌原理が関与していることが示された。

表7 殺菌処理後の大腸菌懸濁液への蛍光灯照射による光回復現象の確認試験

蛍光灯照射時間 (h)	生菌数 (cfu/ml)
0.0	1.1×10^4
0.5	1.3×10^6
1.0	2.1×10^6
1.5	2.2×10^6
2.0	2.0×10^6

図7は、マイクロ波出力1500W、真空度40Paの条件で運転中のU字管クロス装置からの発光を分光器により測定した結果である。本装置では、200~400nmの測定範囲において、殺菌灯で有効とされる254nm付近の波長を含む多数の波長の光が照射されていることが確認できる。

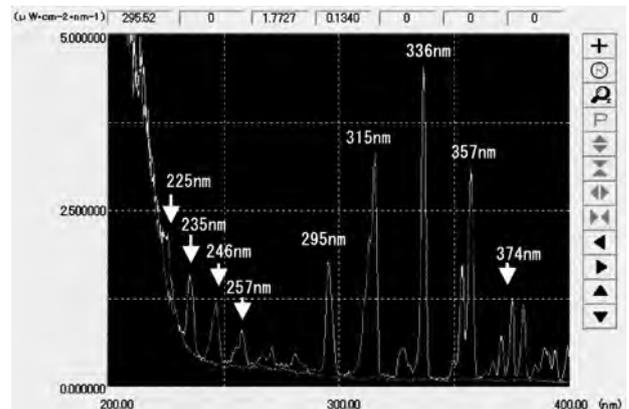


図7 プラズマ光殺菌装置からの光の分光分析

図8は、真空度40PaのU字管クロス装置において、マイクロ波出力を変えたときに検出される代表的な各波長の光の強度変化についてプロットした結果である。また、図9は、U字管クロス装置において、マイクロ波出力を1500Wで固定し、真空度を変化させて同様に各波長の強度をプロットしたものである。本殺菌装置では、マイクロ波出力と真空度がそれぞれ高い程、殺菌効率も高くなる傾向が示されているが、分光測定においてもこれに相関した結果が得られた。

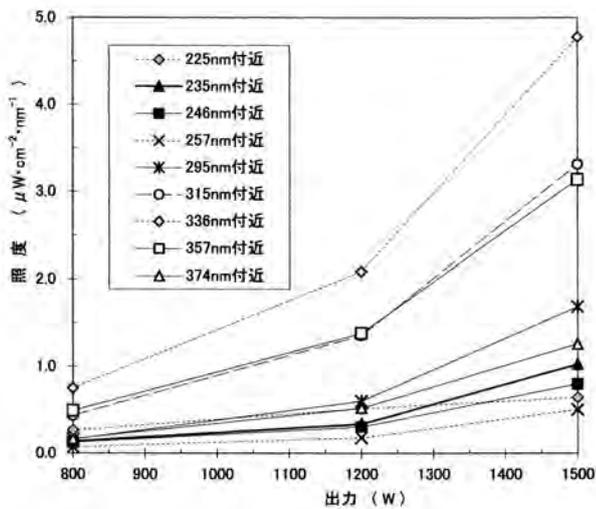


図8 マイクロ波出力とプラズマ光の発光強度の関係

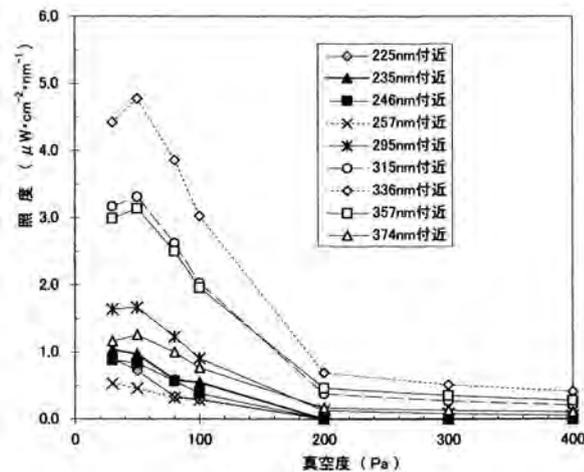


図9 真空度とプラズマ光の発光強度の関係

3-5 ソバもやし栽培への応用検討

微生物混入モデルを構築するためには、ソバの種子に初めから付着している細菌（種子付着細菌）が有していない形質をモニター菌に付与する必要があった。アンピシリン耐性能、カナマイシン耐性能、あるいはβ-galactosidase生産能を付与した大腸菌をモニター菌に用いたところ、種子付着細菌もまた同形質を持っており、これらのモニター菌を特異的に選抜することは不可能であった。ソバ種子付着細菌は長波長UV下において自家蛍光を示すことがなかったことから、GFP生産大腸菌をモニター菌として利用できる可能性が考えられた。pGLOを組み込んだ大腸菌をソバもやし栽培水中に接種し、6日後に栽培水から再分離を試みたところ、GFP生産大腸菌の存在を特異的に確認した(図10)。以上の結果より、ソバ種子の播種5日後にGFP生産大腸菌を接種し、その5日ないし6日後に栽培水を回収することにより、もやし栽培中に混入した微生物の動向を確認できる微生物混入モデルを確立した。

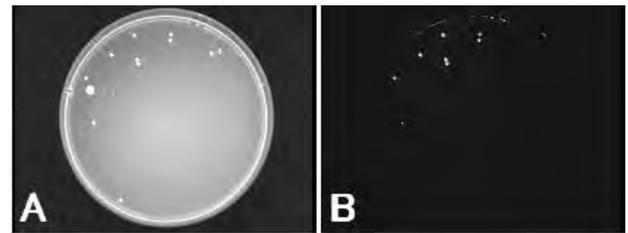


図10 微生物混入モデルに用いたGFP生産大腸菌の検出例

- (A) 白色光下での観察 (コロニー20個)
- (B) 長波長UV照射下での観察 (GFP生産大腸菌11個)

微生物混入モデルを用いてソバもやし栽培システムの有効性を検討した結果、1日1回24時間周期の水交換では、水無交換区に比べモニター菌の数は半数程度しか減少しなかった(表8)。しかしながら、プラズマ殺菌して直ぐの栽培水からはモニター菌は全く検出されなかったことから、1) モニター菌で汚染した栽培水を栽培トレー内から完全に排除できなかった、あるいは、2) ソバもやし、特に根に付着したモニター菌を洗い流すことができなかった、ことがモニター菌を高率に排除できなかった原因であると考えられた。そこで、1日に行う水交換の回数を2回(12時間周期)、3回(8時間周期)とし、同様の実験を行った。その結果、1日2回水交換で1乗、3回水交換で2乗オーダーのモニター菌排除効果が認められた(表8)。栽培水中の全アンピシリン耐性細菌数は、水交換の回数に関わらず、水交換による大きな影響を受けなかったことから、本栽培システムを用いても種子付着細菌数を減らすことは困難であると思われた。以上の結果から、ソバもやし栽培中に混入した微生物を排除するシステムとして、また水使用量軽減システムとして、プラズマ水殺菌システムを利用した循環型ソバもやし栽培システムの有効性は伺えたが、この栽培条件では期待されたほどの排除効果は認められなかった。

表8 プラズマ水殺菌システムを利用した循環型ソバもやし栽培システムの有効性の検討

	栽培水 (cfu/ml)	
	全細菌数*	GFP生産大腸菌数
水無交換	2.02×10^6	7.27×10^4
1日1回水交換	1.94×10^6	3.77×10^4
1日2回水交換	1.38×10^5	5.63×10^3
1日3回水交換	1.67×10^5	2.80×10^2

*アンピシリン耐性細菌数

先の実験結果を踏まえ、本栽培システムの諸条件を次のように変更することで改善を試みた。栽培トレー内の

効率的な排水、洗浄を行うため、散水前排水およびシャワー散布を60秒に設定した。また、洗浄水供給後の排水時間を120秒に設定した。その結果、1日3回(8時間周期)および1日4回(6時間周期)で水交換を行った場合、それぞれ2乗および3乗オーダーの排除効果が得られた(表9)。加えて、栽培水中の全アンピシリン耐性細菌数でも、1日3回水交換では2乗の、1日4回水交換では3乗オーダーの排除効果が得られた。

本装置により殺菌処理されたソバもやし栽培水は、未処理のものに比べて透明度が高かったことより、栽培水中の有機物が分解されている可能性が示唆された。そこで、水交換無しで常法により栽培を行った後のトレー中の栽培水500mlを、ストレート長多管装置により循環処理(マイクロ波出力450W, 真空度100Pa, 流速0.5L/min)して、処理時間とポリフェノール量の関係を測定した結果、処理によってポリフェノール成分が分解されていることが示された(図11)。また、栽培水の代わりにカテキン水溶液を用いて同様の実験を行った結果、カテキンは栽培水に比べ急速に分解したことより、ポリフェノールなどの有機物を分解可能であることが確認された(図12)。なお、栽培水のポリフェノール分解がカテキンに比べゆっくりなのは、発色試薬に反応するポリフェノール以外の様々な成分が混在しているためと考えられる。

表9 プラズマ水殺菌システムを利用した循環型ソバもやし栽培システムの諸条件の検討

	栽培水 (単位: cfu/ml)	
	全細菌数*	GFP生産大腸菌数
水無交換	3.01×10^6	3.83×10^4
1日3回水交換	1.17×10^4	4.00×10^2
1日4回水交換	7.99×10^3	3.00×10^1

*アンピシリン耐性細菌数

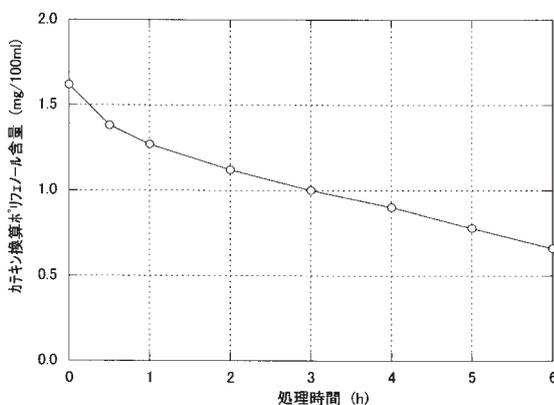


図11 プラズマ光処理時間とソバもやし栽培水中のポリフェノール含量の関係

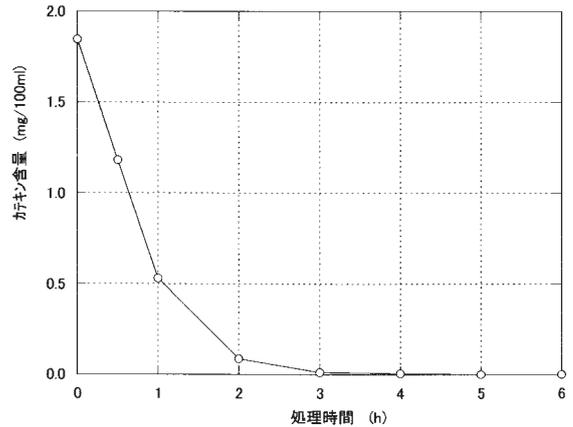


図12 プラズマ光処理時間とカテキン溶液中のカテキン含量の関係

4. 考察

製作した殺菌装置は、原理的にはプラズマ光照射とマイクロ波を同時に照射することが可能な装置である。マイクロ波の殺菌作用については、加熱作用と非加熱作用が考えられるが、本研究で主に行った短時間の1パス処理においては、その影響は小さいと考えられる。処理条件により異なるが、1パス処理後の水の温度は、通水開始直後を除けば40℃を越えることはなかった。マイクロ波の非加熱効果については、その電気的効果が報告されている⁸⁾が、一方で、水中の微生物への影響はないとの報告もある⁹⁾。我々は、大腸菌やサルモネラ菌を数十Wのマイクロ波照射により37℃で培養し、温浴中での培養と比較したが、菌の増殖阻害や変異といった差は認められなかった。本法による殺菌処理の効果は、主にプラズマ光によるものと考えられる。大腸菌の懸濁液を調製する際に、0.8% NaCl水溶液の代わりに培地を用いて希釈した場合、殺菌効果は著しく低下する。また、菌濃度が高くなることでも殺菌効果は低下を示した(表5)。これは、処理される液体の濁度が高くなり、光の透過率が低下した状態で殺菌効率も下がることを示している。処理する液体の光の透過率が高くなるに連れて、一定の殺菌効率を得るための1パスあたりの処理流速も増やすことが可能となるが、この流速の増加は、透過率が十分に高い条件で限界に達する。これは、プラズマ光の被照射時間そのものが、流速増加により短くなるためである。本法により発生する空気プラズマ光には、多くの波長の光が含まれている(図7)。前報¹⁾においては、200nm以下の真空紫外光も含まれていることが、酸素をオゾン化可能であることによって示されている。しかしながら、真空紫外光は減衰が激しいため、殺菌にはあまり関与していないものと考えられる。殺菌灯による殺菌は、核酸のプリンおよびピリミジン塩基への

作用により、塩基の二量体形成を引き起こすことが原因であり、250~260nm付近がその作用の極大を示す波長であることが明らかにされている。また、大腸菌などいくつかの種類の微生物においては、紫外線殺菌後に適当な可視光線(510nm以下)の照射下で、核酸に生じた変異を修復する光回復現象が示されている^{10) 11)}。本殺菌法により殺菌処理した大腸菌でも光回復現象が確認された(表7)。このことは、本殺菌法においても、殺菌灯と同様な波長域の光の作用が効果的であることを示している。各種の微生物に対する本殺菌法の効果を検討した結果(表6)は、殺菌灯における各種の微生物の必要殺菌線量を調べた文献値¹³⁾とある程度相関した結果となっている。従って、殺菌灯での実験結果は本殺菌法の応用において有益な情報を与えるものと考えられる。殺菌灯(特に低圧水銀ランプ)が核酸の二量体化に有効な波長域の紫外線の特異的に発光するのに比べて、本殺菌装置のプラズマ光は、より広範囲な波長域で多様な光を発光している(図7)。二量体化に限って言えば、殺菌灯の方が効率が良いことになるが、光による殺菌については、未だ明らかにされない作用も報告されていることから、こうした作用の解明が進めば、本殺菌法のより有効な利用法が見出されるかもしれない。その際、本殺菌装置は、プラズマチャンバー内に各種のガスを導入することで、発光スペクトルを変更することも可能であるので、殺菌条件をより最適化させることも期待できる。二量体化と異なる光の殺菌作用として大垣らは、クリプトスポリジウムにおいて、紫外線照射によって生成した塩基の二量体が修復されても、感染力の回復が認められないことを報告している¹²⁾。

ミネラルウォーターは、その製造法により4種類に分類されるが、殺菌・除菌については、85℃で30minもしくはそれと同程度の効果が認められる方法との基準がある¹³⁾。加熱殺菌は、その確実性から多くの工場で採用されているが、成分の変化が問題とされる場合もある。本殺菌法は、ミネラル成分の濃度に影響を与えないことが示されたことから、この点では有効な殺菌法と考えられる(図2, 図3)。しかしながら、ミネラルウォーターの製造は、短時間に多量の水を処理することが要求されることから、現時点では適応は難しい。加熱法と同程度の殺菌法であることを確認するには、腸球菌を99.999%以上殺菌可能な殺菌法で、且つ処理後の水を20℃で2週間培養しても菌の増殖が認められない必要がある。殺菌効率の基準だけを考えても、ストレート長多管装置では、1.5L/min程度しか処理できない(表6)。殺菌後の培養での菌増殖も考慮すれば、安全のためにさらに処理量を抑える必要がある。本殺菌装置では、プラズマチャンバー部の真空度を上げると、プラズマ光の発光強度が強まって殺菌効率が高まるが、高真空状態ではプラズマの点灯が不安定になってしまう問題がある。これを安定

化するためには、マイクロ波出力をアップする必要があるが、処理量のアップには、真空度とマイクロ波出力のさらなる最適化や筐体や処理管構造とのバランス改善などを引き続き検討する必要がある。

光触媒ビーズを処理管に保持することで、処理液に光触媒粉末を添加するのと同程度の触媒活性を得ることができた。触媒を処理管に保持できれば、処理後の水から触媒を分離する工程が不要となる利点がある。但し、今回検討した光触媒ビーズを併用しても、1パス処理における殺菌においては、その効果が認められなかった。1パスの処理時間では、光触媒の効果が十分発揮されなかったものと考えられる。光触媒の併用は、殺菌よりもむしろ難分解性の有機物質の分解除去などに有効であるかもしれない。堀越らは、光触媒への紫外線照射と同時にマイクロ波照射を併用することで、水中の汚染物質の分解速度が促進される場合があることを報告している¹⁴⁾。本殺菌装置では、紫外線とマイクロ波が原理的に同時照射可能であるので、同様の作用が期待できる。

本殺菌装置を導入したソバもやし栽培システムへの応用検討では、本殺菌装置で適宜栽培水を殺菌することで、微生物汚染を軽減し、さらに殺菌した栽培水を再利用することで、水使用量の節約を目指している。水使用量の節約については殺菌した栽培水を循環させることにより、達成した。外部から添加したモニター菌の増殖は、水交換を行わずにソバもやしを栽培した場合(約 10^4 cfu/ml)に比べ、本栽培システムを用いることにより約 10^1 cfu/mlにまで汚染を軽減することが可能であった。しかしながら、目指すところの100%の排除率は達成できなかった。プラズマ水殺菌システムで殺菌した栽培水を回収し、調べたところ、100%の殺菌は達成されていた。このことは、モニター菌を100%排除できなかった原因が、プラズマ水殺菌システムの問題ではなく、栽培システムの構造上の問題あるいはソバもやしという植物を介した問題である可能性を示唆する。本研究において、栽培システムの諸条件を変更したところ、モニター菌の排除効果が飛躍的に改善された(表9)。このように、栽培システムの更なる条件変更および栽培システムの構造を改良することにより、もやし栽培で懸念される微生物汚染を高効率に排除できると考えられる。

本殺菌装置によるソバもやし栽培水およびカテキン水溶液の処理によって、ポリフェノールが分解可能であることが示された。ソバもやし栽培においては、栽培水に蓄積する溶解成分は、生育に影響を与えなかったが、キュウリなどの植物では、水耕栽培において栽培水中に蓄積するポリフェノール類が生育阻害を引き起こすことが報告されている^{15) -17)}。従って、本殺菌装置により栽培水を処理することで、こうした作物の水耕栽培の問題を解決できる可能性がある。先に光触媒併用による有機物分解について述べたが、本殺菌装置では、単独でも水

中の有機物を分解できることが示された。このことは、水耕栽培だけでなく、半導体工業などの超純水製造装置における微量有機物の分解や、工場排水中の難分解性有機物の処理に本殺菌装置が利用できる可能性を示している。その際、本殺菌装置の特徴であるプラズマガス種の変更による、標的物質に対するより効果的な光の選択が有効であるかもしれない。

5. 結 言

無限長マイクロ波線路構造により、従来のマイクロ波利用の装置に比べシンプルな構成と操作性を実現した実用型の水殺菌用マイクロ波励起空気プラズマ光照射装置を製作し、最適処理条件や代表的な微生物に対する殺菌効果などの基本性能を把握することができた。また、本殺菌法の主な殺菌原理の解明や、殺菌以外への適応の可能性を示すことができた。本殺菌装置の実際の応用を念頭に、本殺菌装置を組み込んで連続的に処理が可能なソバもやし栽培システムを構築した。このシステムを用いた実証試験では、排出される水の殺菌が可能であることや、外部からの汚染菌に対する一定の排除効果を確認することができた。今回構築した栽培システムは、もやし以外の植物工場へも将来的に応用できる可能性があり、栽培水を再利用する循環型システムとしての水資源の節約や、排水前の処理による環境保護などに役立つものとして期待される。現状では、本殺菌装置を短時間に多量の水を低コスト処理する必要がある水産分野や、飲料製造現場へ適応することは難しい。これをクリアするには、マイクロ波の高出力化やプラズマチャンバーおよび処理管構造の再考による発光の安定化などの検討が引き続き必要と思われる。

参考文献

- 1) 渡辺誠・橋本拓也・尾形正岐・佐藤幸治：山梨県総合理工学研究機構研究報告，第1号，p.41-45 (2006)
- 2) 土田奈々・三浦正之・三井潔：山梨県総合理工学研究機構研究報告，第1号，p.46-50 (2006)
- 3) 宮尾茂雄・山本敦芳：New Food Industry, Vol. 30, No.1, p.27-30 (1988)
- 4) 高柳勉・齋藤誠也：山梨県総合理工学研究機構研究報告，第1号，p.51-53 (2006)
- 5) 辻政雄・木村英生：山梨県工業技術センター研究報告，Vol. 15, p.34 (2000)
- 6) Willy J. Masschelein：紫外線による水処理と衛生管理，技報堂出版 p.62-63 (2004)
- 7) J.D.ワトソン：遺伝子の分子生物学，化学同人，p.225-280 (1985)
- 8) Straub K. D. *et al.* : Ann.N.Y.Acad.Sci., 247, p.292 (1975)
- 9) 佐藤誠吾・高木智子・平山鋼太郎：マイクロ波効果・応用シンポジウム講演要旨集，p.134-135 (2001)
- 10) 金子光美：月刊浄化槽，No.220，8月号，p.35-41 (1994)
- 11) 大森豊明：水，NTS，p.108-119 (2006)
- 12) 鈴木基之：環境工学，日本放送出版協会，p.93-114 (2003)
- 13) ミネラルウォーター類の殺菌・除菌効果の確認方法 (S62.8.18課長通達 衛食第130号)
- 14) 堀越智・日高久夫：マイクロ波効果・応用シンポジウム講演要旨集，p.54-55 (2002)
- 15) 浅尾俊樹・富田浩平，Pramanik, Md.H.R.：園雑学，68 (4)，p.847-853 (1999)
- 16) 瀧嶋康夫 他：農業及園芸，第34巻，10，p.1573-1574 (1959)
- 17) 土屋一成：北海道土壤肥料懇話会，第38回シンポジウム (1991)

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・山梨県ワイン酒造組合*⁴
小松 正和・飯野 修一・中山 忠博・原川 守・上垣 良信*¹
中込 一憲*²・齊藤 典義*²・時友裕紀子*³・上野 昇*⁴

Studies on the Characterization of White Wine from Koshu Grape Viticulture

Industrial Technology Center, Fuji Industrial Technology Center*¹, Fruit Tree Experiment Station*²,
University of Yamanashi*³, Yamanashi Pref. Wine Manufacturers' Association*⁴
Masakazu KOMATSU, Shuuichi IINO, Tadahiro NAKAYAMA, Mamoru HARAKAWA, Yoshinobu
UEGAKI*¹, Kazunori NAKAGOMI*², Noriyoshi SAITO*², Yukiko TOKITOMO*³ and Noboru UENO*⁴

要 約

栽培圃場、栽培管理及び収穫時期の異なるブドウ「甲州」を用いて、これらがブドウ樹の生育及び果実品質特性へ及ぼす影響を検討した。また、前述の栽培条件に加え、果醪と酸素との接触を制御した醸造条件を設定し、栽培・醸造条件が甲州種ワインの香気成分に及ぼす影響を併せて検討した。

その結果、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。ボルドー液散布による果房への銅付着について、散布後から約2ヶ月間にわたり恒常的に果房に残留し続けること、及び散布回数の削減により銅付着量が低下することを確認した。果醪中の還元糖含量の経時変化及びPCR法による酵母の純度検定の結果、全ての試験区で添加したVL-3酵母が優位な菌叢を占め、果醪の発酵が良好に進行したことを確認した。ワインの香りの官能評価を行った結果、栽培圃場、ボルドー液散布の有無、収穫時期の違い及び醸造条件がワインの香気成分に影響を及ぼすことが明らかとなった。

Abstract

The aim of this study was to identify cultivation and brewing conditions to improve the aroma of "Koshu" wine. The grape "Koshu" is used as raw materials for white wine, but whose cultivation fields, cultivation managements and harvesting time are greatly different. We first evaluated the influences of these different cultivation conditions on the growth of grape trees and the quality of grapes. In addition, as brewing conditions, the contact between must and wine and the presence of oxygen were also evaluated. In grapes harvested late, sugar contents increased and acid content inversely decreased. Copper deposit was found in bunches of grapes sprayed with Bordeaux mixture and copper deposit remained approximately 50 days after the last spray. However, the presence of Bordeaux mixture did not influence sugar and acid contents of grapes. The decline rate of reduced sugar and the purity test of yeast in the must by PCR method showed that VL-3 yeast formed predominant germ tufts and the brewing was properly done. The sensory evaluation of the aroma has revealed that the aroma of wine is influenced by cultivation and brewing conditions.

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する。

初年度である平成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。その結果、次のことが明らかとなった^{1), 2), 3)}。

- ・甲府圃場（260m）と果試圃場（460m）では標高差により6日程度の生育差がみられた。
- ・ボルドー液の散布有無によらず、病害虫の発生は少なかった。
- ・果実の糖度は収穫時期が遅くなり成熟度が増すほど上昇し、逆に酸含量は減少する傾向を示した。両圃場間では、糖度・酸含量ともに果試圃場が高く推移した。
- ・果汁中の銅イオン含量はボルドー液散布区で明らかに高く、最終散布の約2ヵ月後までは濃度が低下した。
- ・発酵中の果醪の還元糖含量の経時変化より、収穫時期の早い試験区ほど、発酵速度が大きくなる傾向が認められた。
- ・AEDA法によるGC/O分析により、甲州種ワイン中に36種類の微量香気成分の存在を確認した。
- ・ワイン醸造関係者30名による香りの官能評価から、栽培圃場、ボルドー液の散布有無及び収穫時期がワ

インの香りの強さや質に影響を及ぼすことが明らかとなった。全体的には、果試圃場の方が甲府圃場よりも、香りの強さ・質ともに高く評価された。早い収穫時期、かつボルドー液無散布区において果実様の香りが強い傾向がみられた。

本年度は、昨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、新たに微量香気成分を助長させる醸造条件についての検討を行ったので報告する。

2. 実験方法

2-1 生育及び果実品質特性の把握

収穫期までの生育及び果実品質を経時的に調査するため、栽培条件の異なる、甲府圃場（標高260m）の17年生ウイルスフリー樹と果試圃場（標高460m）の10年生ウイルスフリー樹の2圃を供試した。

(1) 生育調査

開花始期・満開期及び落葉後の新梢長割合を調査した。

(2) 果実品質特性

果実の糖度・酸含量・果粒重を、8月16日から10月4日まで1週間間隔で調査した。さらに、収穫最盛期（甲府圃場9/13 果試圃場9/20）に果実解体調査（各区10果房）を行った。

(3) 土壌分析

収穫後に土壌中の可給態リン酸・置換性陽イオン（K、Ca、Mg）、pH（H₂O）を調査した。また、土壌に含まれる銅を測定するために、過塩素酸で12時間加熱後、水で希釈しICP発光分析法で測定した。

2-2 ボルドー液散布の有無と銅付着量及び病害防除効果

ボルドー液散布の有無による収穫期の果房への銅付着量を調査するため、甲府圃場と果試圃場にボルドー液の散布区・無散布区を設けた。また、散布区では4回のボルドー液散布を行い、無散布区ではボルドー液以外の薬剤を代替使用した。さらに甲府圃場では、ボルドー液に含まれ、ワインの香りに影響を及ぼすと推察される銅の果房への付着量を軽減させるため、ボルドー液の散布回数を削減した試験区を設けた（表1、2）。

果房への銅付着量については、試験醸造日（収穫日）ごとに、各区5～7房の果房を0.5N-塩酸溶液に浸漬し、果房に付着した銅を抽出した。抽出液の銅イオンをICP発光分析法により定量し、果房に付着した銅イオンの量として算出した。

また、ボルドー液散布の有無や農薬散布回数を変えた場合の、葉に対するべと病・さび病、果房への晩腐病の

発生状況についても調査した。

表1 果樹試験場圃場の薬剤散布体系

	ボルドー液散布区 (4回)	ボルドー液無散布区
3/27	トラサイドA剤200倍	
3/30	ベンレート水和剤200倍加用石灰硫黄合剤20倍	
5/10	ジマンダイセン水和剤1000倍	
5/24	ジマンダイセン水和剤1000倍加用モスピラン水溶剤2000倍	
6/2	ホライズンドライフロアブル2500倍	
6/14	①ICボルドー66D40倍	①ホライズンドライフロアブル2500倍
6/27	② "	②アミスター10フロアブル1000倍
7/26	③ "	③ "
	加用アディオオン水和剤2000倍	加用アディオオン水和剤2000倍
7/10	④ICボルドー66D40倍	④ストロビードライフロアブル2000倍
9/29	スミチオン水和剤1000倍	スミチオン水和剤1000倍
農薬費	41,684円/10a	43,673円/10a

表2 甲府圃場の薬剤散布体系

	ボルドー液散布区 (4回)	ボルドー液散布区 (2回)	ボルドー液無散布区
5/6	ジマンダイセン水和剤1000倍		
5/18	ジマンダイセン水和剤1000倍加用モスピラン水溶剤2000倍		
6/2	ホライズンドライフロアブル2500倍		
6/14	①ICボルドー66D40倍	①ICボルドー66D40倍	①ホライズンドライフロアブル2500倍
6/27	② "		②アミスター10フロアブル1000倍
7/26	③ "	②ICボルドー66D40倍	③ " 1000倍
	加用アディオオン水和剤2000倍	加用アディオオン水和剤2000倍	加用アディオオン水和剤2000倍
8/10	④ICボルドー66D40倍		④ストロビードライフロアブル2000倍
農薬費	17,941円/10a	13,553円/10a	19,930円/10a

2-3 ブドウ収穫時期と小規模試験醸造

(1) ブドウの収穫時期

原料ブドウの収穫時期は、昨年度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に的を絞って、昨年度換算で1.5期、2.5期、3.5期の全3期とした。これらは慣行の収穫期よりも、それぞれ15日早い、5日早い、及び5日遅い収穫時期である。各栽培圃場の収穫日及び満開日から各収穫日までの平均気温の積算温度を表3に示す。

表3 甲府・果樹試験場の収穫日と積算温度

収穫時期	甲府圃場		果樹試験場	
	収穫日	積算温度	収穫日	積算温度
1 (1.5)	9月4日	2,379	9月11日	2,293
2 (2.5)	9月13日	2,602	9月20日	2,475
3 (3.5)	9月25日	2,859	10月2日	2,699

(2) 醸造試験区

甲州種ワインに含まれる微量香氣成分として、グレープフルーツ様の香りである3-メルカプト-1-ヘキサノール (以下、3MH) が含まれることが報告されている⁴⁾。この3MHは、閾値が低く少量でも香りを感じられる一方、チオール基をもち空気酸化されやすく容易に芳香を失う。

そこで本年度は、3MHの助長を目的として、全醸造工程 (除梗・破碎・発酵・瓶詰め等) 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) 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) と比較した。

各圃場の総収量を考慮し、表4の○印で示す試験区において小規模試験醸造を行った。

(3) 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45%の果汁(搾汁液)を得た。果汁分析試料等採取した後、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条件区では、ドライアイスの棒状ペレット(約1x5mm)を用いて除梗破砕機や圧搾機の周囲に炭酸ガスを発生させ、除梗・破砕・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。

表4 甲府・果試圃場の醸造試験区

<甲府圃場>						
収穫時期	1 (1.5)		2 (2.5)		3 (3.5)	
収穫日	9月4日		9月13日		9月25日	
醸造条件	対照	CO ₂	対照	CO ₂	対照	CO ₂
ボルドー散布区			○	○		
ボルドー低散布区	○	○			○	○
ボルドー無散布区	○	○	○	○	○	○

<果試圃場>						
収穫時期	1 (1.5)		2 (2.5)		3 (3.5)	
収穫日	9月11日		9月20日		10月2日	
醸造条件	対照	CO ₂	対照	CO ₂	対照	CO ₂
ボルドー散布区			○	○		
ボルドー無散布区		○		○		○

(4) ワインの小規模試験醸造

上記の各搾汁液9Lを発酵栓付き10L容ガラス容器に採取し、比重換算で転化糖分22%となるように蔗糖を添加し仕込果汁とした。各仕込果汁に市販の乾燥酵母(Zymaflore VL-3)を1mL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和(残留還元糖)を定量することにより、発酵中の各果醪の発酵経過を把握した。各果醪の残留還元糖が6g/L前後に達した段階でピロ亜硫酸カリウム(SO₂として100ppm)を添加して発酵を停止した。

澱下げ後の果醪上澄液を採取し、0.45 μ mのメンブランフィルターで濾過した後、生成ワインの分析試料とした。残りの果醪は、室温10℃の庫内で約2ヶ月間澱とともに接触(シュール・リー)させた後720mLガラス瓶に詰め官能評価用ワイン試料とした。

また、発酵初期の果醪の一部をYPD寒天培地で培養後、PCR装置を用いて無作為に鈎菌した1コロニーのDNAを増幅、特定の配列(δ 配列)から酵母の純度検定を行い、VL-3酵母による正常な発酵であるか確認した^{5), 6)}。

2-4 ワインの官能評価の方法

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27名

(2) 評価方法

各ワインの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項目である。このうち、香りの強さから異臭までは、非常に強い(+3)、かなり強い(+2)、やや強い(+1)、普通(0)、やや弱い(-1)、かなり弱い(-2)、非常に弱い(-3)の7段階評価とし、香りの質については、非常に良い(+3)、かなり良い(+2)、やや良い(+1)、普通(0)、やや悪い(-1)、かなり悪い(-2)、非常に悪い(-3)の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。

3. 結果及び考察

3-1 生育及び果実品質特性

(1) 生育調査

甲府圃場(260m)と果試圃場(460m)では標高差があることから生育差が見られ、開花始期・満開期ともに甲府圃場が8日早かった。

落葉後の新梢の長さ別割合は、果試圃場では1.5m以上が48%、1m未満が35%に対して、甲府圃場ではそれぞれ5%と72%で、甲府圃場の樹勢は、果試圃場に比べて明らかに弱かった(表5)。

表5 甲府・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	5/31	72%	23%	4%	1%
果試圃場	6/5	6/8	35%	17%	16%	32%

(2) 果実品質特性

果実の糖度・酸含量・果粒重の経時的変化について調査した結果、糖度は調査開始時点では生育の進んでいた甲府圃場が高かったが、8月30日以降は果試圃場が高く推移した。酸含量は、生育の進んでいた甲府圃場が低く推移していたが、成熟期にはほぼ同等であった。収穫

期の糖度・酸含量を両圃場で比較すると、昨年度と同様にいずれも果試圃場の方が高く推移した。

糖度、酸含量、果粒重ともに、いずれの圃場でもボルドー液散布の有無による差は認められなかった(図1, 2, 3)。

果実解体調査結果について、果実糖度は甲府圃場が約16度であったが、果試圃場では約18度と約2度高かった(表6)。

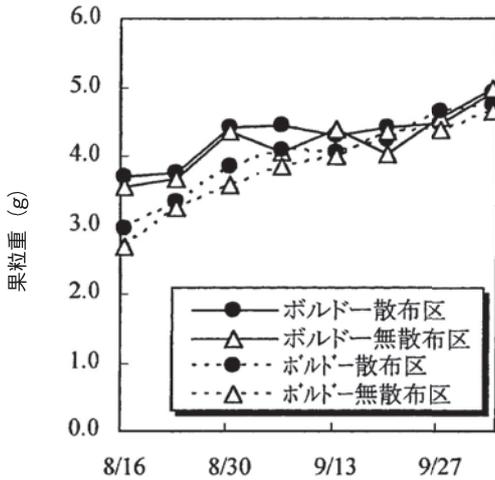


図1 甲府・果試圃場の果粒重の推移
(甲府：実線，果試：点線)

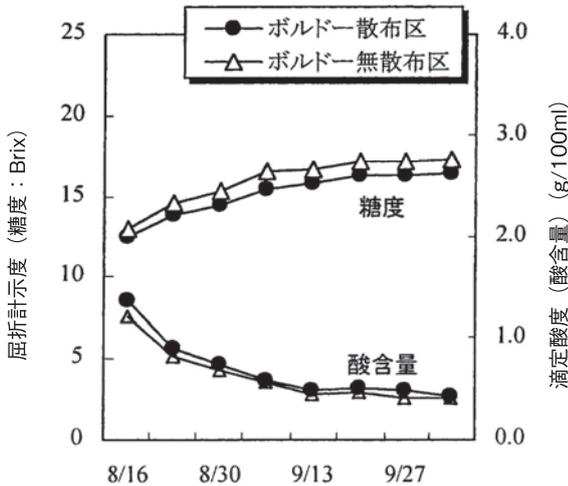


図2 甲府圃場の糖度・酸含量の推移

た(表6)。

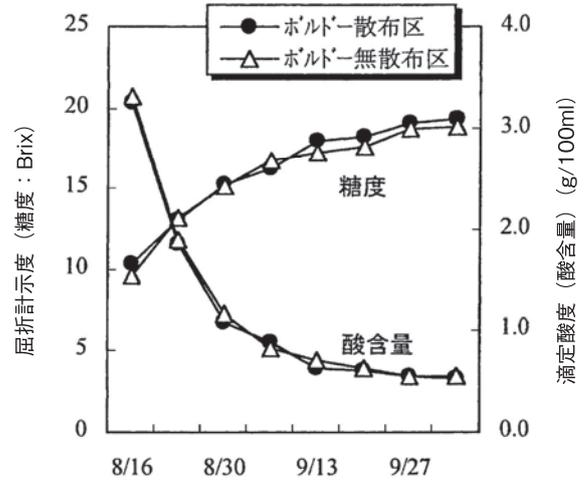


図3 果試圃場の糖度・酸含量の推移

(3) 土壌分析

甲府圃場では、土壌診断基準値に比べ苦土含量が高く、カリ含量はやや低かった。両圃場とも、リン酸含量は表層で高く下層で低かった。

なお、両圃場ともボルドー液散布の有無による土壌中の銅含量の差は見られなかった。しかし、甲府圃場では上層が高く下層との差が大きかった(表7)。

3-2 ボルドー液散布による果房への銅付着量

果房に付着した銅の量は、いずれの圃場でもボルドー液散布区で多く、0.75~1.83mg/kgであった。

圃場別では、甲府圃場で付着量が多かったが、このことは、ボルドー液散布時に果粒肥大が進んでいたことが影響しているものと推察される。

ボルドー液散布を減らした低散布区では、通常のボルドー液散布体系に比べて付着量が4割程度少なかった(表8)。

また、葉に対するべと病・さび病の発生は、両圃場ともボルドー液散布区に比べボルドー液無散布区の発病度が高かった。また、農薬散布回数削減区では発病度が高かった。一方、果試圃場での果実への晩腐病の発生はボルドー液散布区がやや高かった。

表6 果実解体調査結果

圃場調査日	処理区	果房長 cm	果房重 g	着粒数 粒	果粒重 g	着粒密度 粒/cm	糖度 Brix	酸度 g/100ml
甲府	ボルドー散布	25.8	492.9	115.8	4.7	5.9	16.2	0.50
9/13	ボルドー低散布	23.7	481.9	113.6	4.5	6.2	16.5	0.44
	ボルドー無散布	25.1	472.4	126.8	4.1	6.4	16.6	0.50
果試	ボルドー散布	17.8	387.8	93.6	4.4	7.3	17.9	0.59
9/20	ボルドー無散布	18.0	360.4	91.0	4.1	7.0	18.2	0.58

表7 試験園の土壌分析結果

地点	深さ (cm)	pH	置換性陽イオン (mg/100g)			可給態リン酸 (mg/100g)	可塩素酸可溶 Cu (mg/100g)
			CaO	MgO	K ₂ O		
甲府 ボルドー散布	0~15	7.0	539.5	71.0	15.2	76.9	155.6
	15~30	7.1	473.3	87.4	7.7	11.5	68.6
ボルドー低散布	0~15	6.8	653.2	80.6	13.0	57.7	182.0
	15~30	7.0	487.4	97.2	6.3	16.5	55.7
ボルドー無散布	0~15	6.6	663.4	88.3	23.9	96.1	155.7
	15~30	7.0	479.9	84.3	10.1	12.1	57.6
果試 ボルドー散布	0~15	6.8	511.2	73.4	47.3	59.3	132.4
	15~30	6.9	238.8	47.0	30.9	9.3	109.8
ボルドー無散布	0~15	7.1	450.8	62.6	25.0	78.9	134.0
	15~30	7.1	226.2	40.2	18.2	4.8	106.5

表8 収穫時期別の果房の銅付着量

甲府圃場				果試圃場		
採取日	散布	無散布	低散布	採取日	散布	無散布
Cu (mg/kg)			Cu (mg/kg)			
9/4	0.96	0.05	—	9/11	0.75	0.02
9/13	1.83	0.02	0.88	9/20	1.18	0.02
9/25	1.66	0.02	0.84	10/2	0.84	0.02
平均	1.48	0.03	0.86	平均	0.92	0.02

しかし、いずれの病害発生も発病度は軽く果実品質や生育への影響は無かった (表9)。

表9 病害発生調査検査 (発病度)

試験区	べと病 (葉)	さび病 (葉)	晩腐病 (果実)
甲府 ボルドー散布	1.5	0.5	—
ボルドー低散布	3.3	1.8	—
ボルドー無散布	7.0	2.0	—
果試 ボルドー散布	2.5	1.8	3.3
ボルドー無散布	18.0	12.3	2.5

調査数：100葉、100果

発病程度

・べと病・さび病 (胞子形成面積率)

A:51%以上 B:31~50% C:11~30% D:10%以下 E:0%

・晩腐病 (発病果粒率)

A:51%以上 B:21~50% C:6~20% D:1~5%以下 E:0%

発病度 = (4A + 3B + 2C + D) × 100 / (4 × 調査数)

3-3 甲州種ワインの発酵経過

各試験区の果醪中の残留還元糖 (ブドウ糖+果糖) 含量を定量した。その結果、いずれの試験区ともに順調に発酵が進行していることを確認した。収穫時期の遅い試験区ほど発酵が緩やかに進行する傾向がみられた一方、醸造条件 (仕込時の果醪と酸素の接触有無) による違いはみられなかった。(図4) (図中の「甲-無-1-C」は、甲府圃場で、ボルドー液無散布で栽培され、収穫期1期

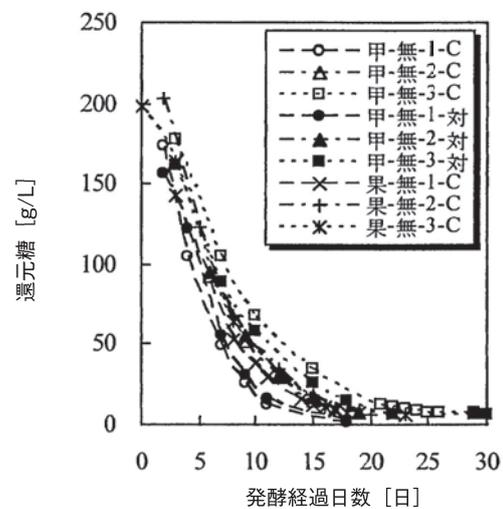


図4 ワイン発酵中の還元糖の推移

に収穫され、CO₂条件で醸造したことを示す。)

また、発酵初期の果醪に対しPCR法を用いた酵母純度検定により、添加したワイン酵母による健全な発酵か否かの確認を行った。

各試験区から酵母を増菌しストリークカルチャーを行った平板培地を肉眼観察した結果、外観的にはほぼ同一なコロニーが優位な菌叢を占めたことを確認した。次に、VL-3株、L-2226株およびEC-1118株の3株について、 δ 配列のPCR法を用いた増幅プロファイル調べた結果、3株が δ 配列タイピングにより明確に識別できることを確認した。さらに、各試験区からの純粋分離酵母1菌株について、 δ 配列のPCR増幅プロファイル調べた結果、全ての試験区においてVL-3のプロファイルと一致した。

以上のことから、各試験醸造区において、VL-3が優位な菌叢を占め、発酵が良好に実施されたことを確認した。

3-4 官能評価結果

各ワインの香気の官能評価を評点法にて実施し、有意

差のあったものについて以下に記述した。文中**印は1%危険率、*印は5%危険率で有意差ありの意味である。

(1) ボルドー液散布の有無

果試圃場のブドウ（収穫期2期）をCO₂条件により醸造したワインで比較すると、ボルドー無散布区の方が散布区に比べ香りが強く**、果実香*、柑橘様香気**も強いと判定された。

(2) 栽培圃場の違い

ボルドー無散布区、収穫期2期で比較すると、果試圃場のワインは甲府圃場に比較して、香りが強く**、果実香*、柑橘様香気**、花様香気**が強いとされた。また、収穫期3期でも、果試圃場のワインが甲府圃場に比べ、香りが強く**、果実香*、柑橘様香気**が強く、香りの質が良い*と判定された。

(3) 醸造条件（CO₂・対照）の違い

果試圃場のボルドー散布区、収穫期2期において、対照のワインはCO₂条件に比べ、ほこり・けむりのにおい*、酵母臭*、異臭**が強いとされ、CO₂条件の方が対照に比べ、香りの質が良い*とされた。

(4) 収穫時期の違い

甲府圃場のボルドー無散布区のブドウ、CO₂条件のワインで比較すると、1期の方が2期に比べ香りが強く*、柑橘様香気**が強く**、香りの質が良い**と判定された。

同様に果試圃場のワインでは、2期の方が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、香りの質も良い*と判定された。果樹試験場のワインの3期は1期より香り**、果実香*、柑橘様香気**が強いと判定された。

(5) 全体として

各種条件で調製されたワインの中では、果試圃場のボルドー無散布区で2期に収穫され、CO₂条件下で醸造されたワインの香りが好ましい傾向にあった。

4. 結 言

甲府圃場及び果試圃場の2栽培圃場を供試し、栽培管理として薬剤散布体系（ボルドー液の散布有無）の異なる試験区を設定しブドウ「甲州」の栽培を行った。

8月中旬から10月上旬まで、生育・成熟に伴う糖度・酸含量を調査した結果、成熟に伴い糖度は上昇し、酸含量は低下した。また、ワインの香気成分生成を阻害しているボルドー液中の銅については、散布後から長期間果房に残留することが再度確認された。しか

し、ボルドー液散布回数削減などにより、銅付着量が低下する傾向がみられた。なお、ボルドー液無散布区では代替薬剤として化学合成農薬を用いたが、収穫期後半に葉に対する病害発生がやや見られたものの、生育等への影響は無かったものと考えられる。

甲府圃場及び果試圃場の各試験区で栽培されたブドウ「甲州」を原料として、甲州種ワインの小規模試験醸造を行った。収穫時期として、慣行の収穫期よりも15日、5日早い、及び5日遅い3期を設定した。また、醸造条件としてCO₂・対照試験区を設定した。

果醪中の還元糖含量の経時変化及びPCR法による酵母の純度検定の結果、全ての試験区で添加したVL-3酵母が優位な菌叢を占め、発酵が良好に実施されたことを確認した。ワインの官能評価の結果、栽培圃場、ボルドー液の散布有無、収穫時期の違い及び醸造条件がワインの香気成分に影響を及ぼすことが示唆された。

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) 小林弘憲・富永敬俊・上野昇・味村興成・有賀雄二・Denis Dubourdieu・大久保敏幸：J. ASEV Jpn., Vol. 15, No.3, P.109（2004）
- 5) Fernandez-Espinar, M. T. et. al. : Int. J. Food Microbiol., Vol. 70, P.1（2001）
- 6) Schuller, D. et. al. : FEMS Microbiol., Vol. 231, P.19（2004）

謝 辞

PCR法による酵母の純度検定において、山梨県工業技術センター食品酒類バイオ科の恩田研究員にご協力いただいた。

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

山梨県森林総合研究所
長池 卓男

Studies for Controlling the Damage by Wildlife Debarking of Trees 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が顕在化して久しい。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、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ために調査を行った。ニホンジカの出現回数を推定するための赤外線センサーカメラによる撮影は、2006年6-7月に1枚撮影されたが、2007年3月には撮影されなかった。2007年3月に、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が、それは見られなかった。これは今冬が暖冬による少雪が顕著であり、その結果樹木を剥皮する以外に餌資源が見られたことによると思われた。

Abstract

As a new method to prevent the debarking of newly planted trees by sika deer (*Cervus nippon*), I evaluated the effects of increased height of weeding on debarking in young hinoki (*Chamaecyparis obtusa*) plantations. A camera trap equipped with an infrared-ray sensor was applied to estimate the frequency of occurrence of sika deer. One sika deer was camera trapped in summer 2006, however the analysis of camera recordings in March 2007 has revealed no occurrence of sika deer during the winter. Newly debarked tree was not found in the study plots either in the winter 2007. The winter 2007 was extraordinarily warm, and snow cover was very low. Sika deer could find foods besides of the bark in the field, therefore the occurrence of sika deer and the debarking damage of planted trees were both decreased.

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もはらんでいる。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。

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異なり、通常高 (約10cm) の下刈り1林分、下刈り高を50cmに高くした1林分 (写真1)、6月の下刈り後放置した2林分である。

表1 調査林分の概要

小班名	植栽年	林齢	標高	下刈り処理
576に6	2002	4	1140	刈高50cm
576に9	2003	3	1120	7月に通常
580ぬ5	2003	3	1000	6月に通常高
580ぬ15	2003	3	1010	6月に通常高



写真1 下刈り高50cmの林分 (576に6)

2-2 調査方法

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。

また、赤外線センサーカメラ (Fieldnote IIa: 麻里府商事製) を用いて野生動物の出現回数を記録した。1回の調査は2泊3日で、1調査区あたり2台ずつ設置して行った (計24台)。初日の夕方にカメラをセットし、翌朝にすべてのカメラを見回り、必要に応じてフィルムと電池の交換を行った。3日目の朝にすべてのカメラを回収して、フィルムを現像した。夏季の撮影は、小森川では2006年6月27-28日、大明神では2006年7月31日-8月2日に行った。小森川では下刈り前に行った。大明神では、下刈りが6月と8月に行われる予定であったが、

6月にしか行われなかったため下刈り後の撮影となった。冬季の撮影は、小森川、大明神とも、2007年3月7-9日に行った。

3. 結果

3-1 ニホンジカによる食害の現状

生存している植栽木は1104本で、うち291本 (26.4%) が食害を受けていた (写真2)。各調査区で見ると食害率は8.5-40.7%で、平均は26.8%であった (図1)。また、枯死した植栽木は57本で、うち23本 (40.4%) が食害による枯死であった。各調査区で見ると食害率は0-71.4%で、平均は35.1%であった (図2)。



写真2 ニホンジカによる剥皮

3-2 下刈り高の変更によるニホンジカの出現と食害への影響

赤外線センサーカメラによるニホンジカの撮影は、2006年8月2日に大明神 (調査区1) で1回撮影された (写真3) が、ほとんどがセンサーの誤作動によってフィルムが終了していた。他には野ウサギ (4回)、イノシシ (1回) が撮影された。2007年3月の際には、ニホンジカも他の動物も撮影されなかった。

2007年3月に、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が、1本も見られなかった。

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 (図1, 2) で調査を行ったが、今年度の食害は見られなかった。したがって、ニホンジカによる剥皮が、下刈り高の高さによって影響されるかを評価することは困難であった。これは今冬が暖冬による少雪が顕著であり、そ

の結果、樹木を剥皮する以外に餌資源が見られたことによると思われた。

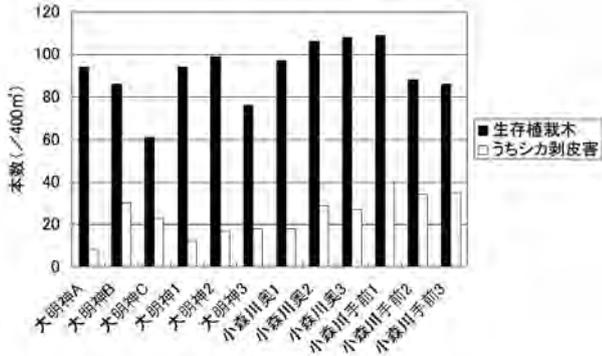


図1 生存しているヒノキ植栽木に占めるシカにより剥皮を受けた本数

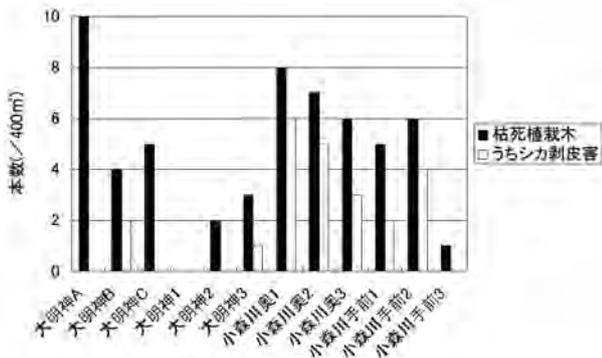


図2 枯死したヒノキ植栽木に占めるシカの剥皮により枯死していた本数



写真3 撮影されたニホンジカ

5. 結 言

今年度の結果は、暖冬による少雪によってもたらされたと思われるので、気象条件の年次変動を考慮してこの評価を行う必要がある。来年度も同様の調査を行うこと

によって、下刈り高の変更による影響を把握したい。

また、下刈り高を高くすることによる植栽木の成長への影響が懸念されるため、来年度は成長量への影響を把握する予定である。

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、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・工業技術センター¹

坪井 潤一・桐生 透・岩間 貴司¹・阿部 正人¹・石黒 輝雄¹

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

Fisheries Technology Center, Industrial Technology Center¹

Jun-ichi TSUBOI, Toru KIRYUU, Takashi IWAMA¹, Masato ABE¹, and Teruo ISHIGURO¹

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の被害防除を目的として、繁殖抑制実験を行った。入手が容易な鶏卵を使って、種々の発生停止法を試みたところ、塩酸注入および液体窒素を用いた冷却処理で、鶏卵の発生を確実に止めることができた。また、実際の繁殖地において、処理後の巣内の様子を観察するため、夜間も撮影可能な小型ビデオカメラの開発を行った。平成19年度は冷却処理方法を発展させ、カワウの繁殖地で実用化試験を行う。

Abstract

We evaluated the efficiency of various methods for decreasing the reproductive success in great cormorant *Phalacrocorax carbo*, greatly increasing in number and damaging the fresh water fisheries. In chicken eggs available throughout the year, we have observed that the injection of hydrochloric acid in the egg and quick cooling of the egg with liquid nitrogen effectively stopped the embryonic growth. We also developed the camera system which enabled the day-night monitoring of the behavior of great cormorants in the nest. The quick cooling method and continuous monitoring of behavior were proved to be highly useful in order to control the reproductive success of 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月に顕著であった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。特に山梨県では約200巣のコロニーから雛が12羽しか巣立たず、非常に高い繁殖抑制効果がみられた。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、孵化しないカワウ卵を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。

2. 実験方法

2-1 発生停止方法の確立

実験準備が整った2006年7月の時点では、すでにカワウの繁殖期が終わっていたため、山梨県畜産試験場から甲州地鶏の有精卵を受領し、発生停止実験に用いた。予備実験として、超音波による振動試験を行い、卵黄等内部構造の強度を測定した。孵化まで50卵収容可能な

孵化器（ベルバード社）に入れて管理した。発生初期で検卵によって発生停止卵を除いた後、実験を行った。まず、塩酸、および塩化カリウムを卵内に注入する方法を検討した。解剖針で卵殻に穴を空けた後、37%塩酸溶液と80%塩化カリウム溶液を注射針で0.2ml注入した。次に、電気刺激、レーザー照射による実験を行った。解剖針で卵殻の側面2箇所穴を空けた後、極細の電極を挿入し、電流（1mA、10mA、50mA）を5秒間流した。レーザー照射については、YAGレーザー（10W、20W）を卵中心部に焦点を合わせ3秒間照射した。最後に低温処理による方法を試みた。液体窒素をかける、または液体窒素を満たしたステンレス製のボウルに卵を浸漬することにより、それぞれ20秒間冷却した。

2-2 巢内の観察を目的とした撮影機器の開発

カワウの巢内でドライアイス処理をした後、卵や親鳥の抱卵行動を追跡調査することは重要である。そこで、明度や気象条件によらず、1週間以上連続撮影できる機材の開発を行った。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1辺10cm以下の防水ケースに納めた。営巣初期にあたる2007年2月28日に、山梨県甲府市中道町にあるカワウの集団営巣地において、完成間近の巢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 発生停止方法の確立

コントロール区では全ての卵が孵化したのに対し、塩酸注入、液体窒素による冷却を行った各区では、孵化がみられなかった（表1）。

表1 発生停止実験の結果

	濃度、強度、処理時間等	処理を行った卵数	孵化卵数	孵化率(%)
塩酸	37% HCl 溶液を0.2ml注入	5	0	0
塩化カリウム	80% KCl 溶液を0.2ml注入	5	4	80
	1mAで5秒間	5	4	80
電気	10mAで5秒間	5	4	80
	50mAで5秒間	5	3	60
	10Wで3秒間	2	2	100
YAGレーザー	20Wで3秒間	2	1	50
	シャワー塗布で20秒間	5	0	0
液体窒素	浸漬で20秒間	6	0	0
コントロール	孵化器から出し、常温で数分間放置	24	24	100

3-2 巢内の観察を目的とした撮影機器の開発

3月1日に撮影された映像では、オスが営巣中のメスに餌を運ぶ様子が記録されていた。既往の文献では、カワウのオスは巢の材料のみを運ぶことが知られているため、新たな発見であった（図1）。



図1 巢内のビデオ撮影器具と得られた営巣の様子

4. 考察

本研究では、卵の発生を止める方法として、塩酸注入、液体窒素による冷却が有効な方法であることが明らかになった。今後は化学物質注入あるいは冷却による方法のいずれかを発展させ、繁殖地での実用化につなげたい。

一方、急速に冷却することの問題点として、卵殻が割れることがあげられる。卵殻にひびが入った場合、卵内の水分が徐々に蒸発し軽くなっていくため、親鳥がそれに気づき卵を産み足す可能性がある（新妻氏 私信）。発生を確実に止め、卵が割れない冷却強度の見極めが今後の課題である。

巢内の撮影機器は、発生停止処理後の卵の状態（ひびの有無）、親鳥の抱卵行動を観察する際、非常に有効なツールとなる。また、カワウの生態はまだ未解明な部分が多く、平均で3～4卵を産む間隔（日数）や、産卵の時間帯など、観察が難しかった巢内における繁殖行動に関して、新たな発見が期待される。1週間以上連続しての巢内観察は、カワウに限らず他の動物にも応用可能な汎用性の高い技術といえる。

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おり、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、擬卵置き換えよりも簡便な方法として、卵の発生を止める手法を開発し、孵化しないカワウ卵を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。

鶏卵を用いた発生停止実験では、塩酸注入、液体窒素による冷却が有効な方法であることが明らかになった。平成19年度は、化学物質注入あるいは冷却による方法のいずれかを発展させ、カワウの繁殖コロニーで繁殖抑制効果を検証する。

本プロジェクトのメンバーは、もともとはカワウの生態に詳しくなかった異分野の研究者ばかりで構成されている。鳥類の専門家にアドバイスを受けつつ、様々な分野で培ってきた知識や経験から独創的なアイデアが多く生まれたことは、理工学研究機構の趣旨と合致すると思う。2007年の繁殖期には、これまでに生まれたアイデアや技術を生かし、カワウの繁殖抑制方法を確立したい。

6. 謝 辞

山梨県畜産試験場の松下浩一研究員には甲州地鶏の有精卵を提供していただき、卵発生に関する有益なご助言をいただいた。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講師には、カワウの繁殖生態について有益なご助言をいただいた。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, P.33-39 (2007)

資 料

(1) 平成18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18年5月22日 第一回運営委員会開催
平成17年度研究成果速報及び平成19年度研究テーマ(案)について
- ・平成18年10月23日 第2回運営委員会開催
平成19年度研究テーマ事前評価、平成17年度開始の3テーマ(平成19年度終了)の中間評価(平成18年終了のテーマ2件は除く)
- ・平成19年2月26日 第3回運営委員会開催
平成20年度テーマ(案)への意見聴取ほか

「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18年4月21日 第1回会議開催
- ・平成18年6月7日 第2回会議開催
- ・平成18年9月27日 第3回会議開催
- ・平成18年11月10日 第4回会議開催
- ・平成19年2月6日 第5回会議開催

研究報告書の出版

- ・平成18年8月31日 山梨県総合理工学研究機構研究報告書第1号を出版

研究成果の発表

- ・平成18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

講演会の開催

- ・平成19年1月15日 山梨県総合理工学研究機構講演会を開催
講演者：奥脇 昭嗣 東北大学名誉教授・山梨県環境科学研究所客員研究員
テーマ：廃プラスチック化学リサイクルの現状と展望
場所：工業技術センター 高度技術開発センター共同エリア3

平成18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
木村 光	(株)グリーンバイオ代表取締役社長、京都大学名誉教授
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

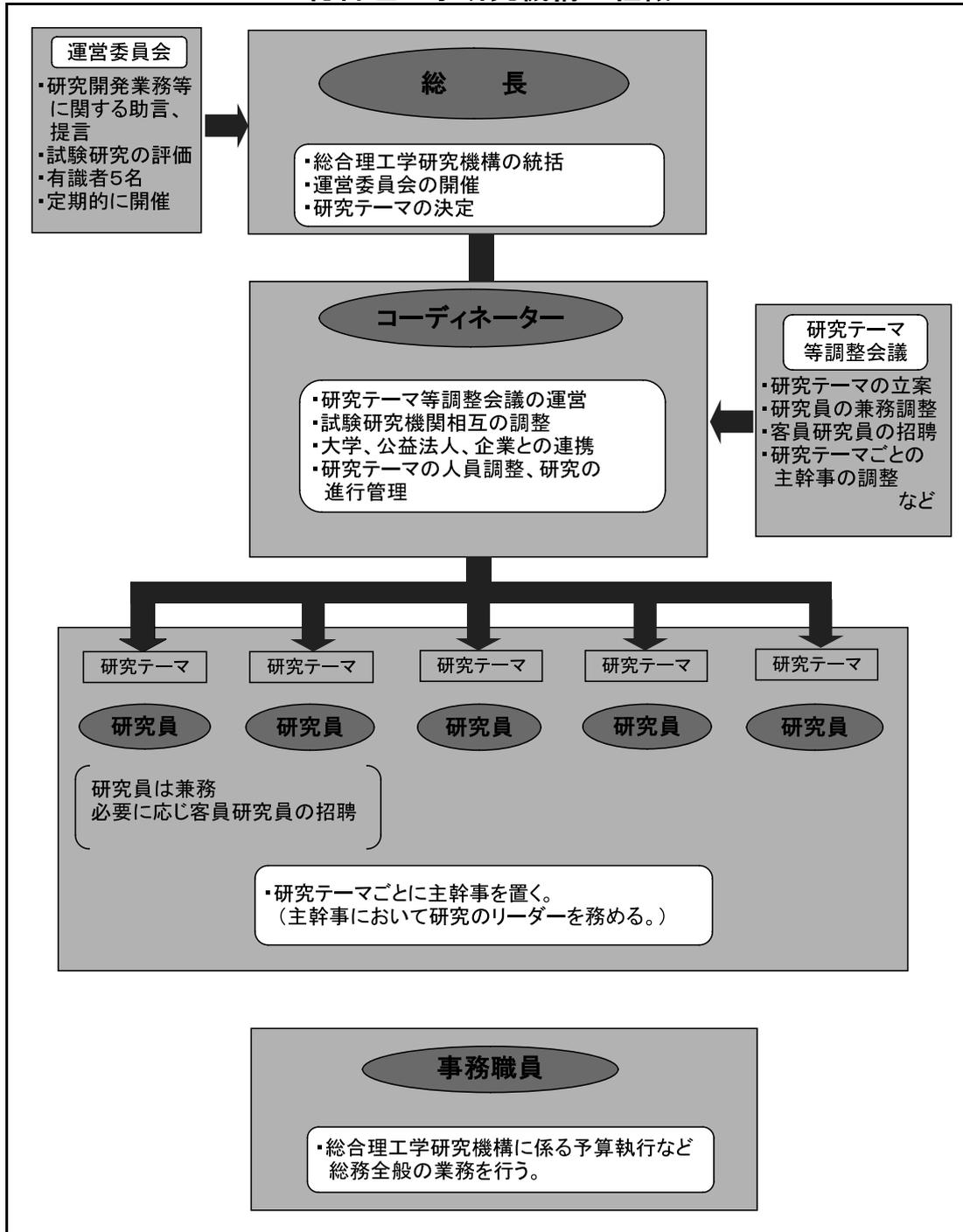
(五十音順、役職名は平成17年5月現在、◎：委員長、○：副委員長)

別表2 研究テーマ等調整会議メンバー

氏名	役職
宮川 嘉彦	衛生公害研究所長
小俣 一彦	環境科学研究所副所長
千頭和敬幸	森林総合研究所長
手塚 芳郎	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
森谷 修	総合農業技術センター所長
浅利 覚	果樹試験場長
宇田 和男	畜産試験場長
小林 政雄	酪農試験場長
三井 正	総合理工学研究機構事務局長
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18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



総 長 大村 智

事務局 長 三井 正

次 長 (兼) 飯野 裕典

(総務スタッフ)

主 査 前島 齊

(コーディネーター)

特別研究員 乙黒 親男 (担当研究テーマ：4, 5)

特別研究員 眞浦 正徳 (担当研究テーマ：1, 2)

特別研究員 永井 正則 (担当研究テーマ：3, 6)

(研究スタッフ)

技術 吏員 (兼) 本郷 哲郎

技術 吏員 (兼) 小澤 雅之

技術 吏員 (兼) 長池 卓男

技術 吏員 (兼) 岩間 貴司

技術 吏員 (兼) 恩田 匠

技術 吏員 (兼) 木村 英生

技術 吏員 (兼) 小松 正和

技術 吏員 (兼) 渡辺 誠

技術 吏員 (兼) 萩原 義人

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) 中込 一憲

技術 吏員 (兼) 横山 紅子

課題担当コーディネーター一覧

課 題 名	平成17年度	平成18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	功刀能文	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	功刀能文	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	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	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	渡辺和裕	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	*	永井正則

*：平成18年度より開始

山梨県総合理工学研究機構研究報告書
第 2 号

Y-CROST Research Report 2007

2007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