

法人番号	271014
プロジェクト番号	S1311043

研究進捗状況報告書の概要

1 研究プロジェクト

学校法人名	学校法人 関西大学	大学名	関西大学
研究プロジェクト名	地域資源の高度利用を図るバイオリファイナリーの基盤形成とその実用化		
研究観点	研究拠点を形成する研究		

2 研究プロジェクトの目的・意義及び計画の概要

理系・文系教職員の得意技持ち寄り型のオープンイノベーションによって、地域で生産される農林水産資源から付加価値の高い有用成分を発掘し、商品化するとともに、残渣もバイオマスとして有効活用する地域密着型バイオリファイナリーの研究基盤を確立する。具体的には、安定供給できる地域の農産資源(加工残渣や規格外品)を原料として、酸化重合を触媒する酵素、抗腫瘍成分、抗生活習慣病成分、過冷却促進物質、マンナン、接着タンパク質などについての学術研究に基づいて、高付加価値の有用物質を同定し、その機能を解明する。さらに、消費者心理を考慮した商品デザインや販売形態の検討、地元企業との連携による既存設備を活用した低コスト製造方法の確立、セルロースを主成分とする残渣のバイオエタノールおよび機能性活性炭への変換を有機的に組み合わせる。以上により、大学が核となって、有用天然物に関する学術研究と、一次産業、地域の中小製造業および商業を有機的に連携させ、六次産業の創出と次世代研究者育成の基盤を形成する。

3 研究プロジェクトの進捗及び成果の概要

高付加価値物質探索グループが7課題、抽出・分離プロセス開発グループが4課題、残渣商品化プロセス開発グループが2課題、社会システム構築部門が1課題の計14の研究課題に取り組んだ。

このうち基礎系は6課題で、創傷治癒活性、メラニン生産抑制/促進活性、免疫賦活活性、抗腫瘍効果、長寿遺伝子産物活性化作用、神経細胞死防御効果、生活習慣病予防効果などを評価する方法を確立するとともに、サツマイモの皮、栗の渋皮、高麗人参抽出残渣、柑橘類の果皮をはじめとする各種農産物・廃棄物からの抽出物について、機能性を評価した。また、有用物質の溶解度パラメータに基づいて最適抽出条件を設計する理論を確立し、実証した。サツマイモの皮を用いた天然染毛剤の開発については、Webアンケート結果を元に消費者心理をベースに研究戦略を決定した。結果として、論文13件、学会発表20件、企業との共同研究1件、外部資金の獲得2件の成果を上げた。

応用・製品化系については9課題を設定した。コーヒー粕から過冷却促進物質とマンナンを製造する工業生産プロセスを構築した。エノキタケの接着タンパク質については量産工程を確立して上市し、これを使用した製品も上市され、他にも多数の製品化が進行中である。兵庫県養父市と提携してハバナネロの栽培・カップサイシン抽出を行い、これを使用した食品を上市した。柑橘類についても梅塩と組み合わせた製品を開発した。結果として、論文3件、学会発表16件、特許出願3件、企業との共同研究19件、外部資金36件獲得の成果を上げた。

法人番号	271014
プロジェクト番号	S1311043

平成25年度選定「私立大学戦略的研究基盤形成支援事業」 研究進捗状況報告書

1 学校法人名 学校法人 関西大学 2 大学名 関西大学

3 研究組織名 地域密着型バイオリファイナリーユニット

4 プロジェクト所在地 大阪府吹田市山手町3丁目3番35号

5 研究プロジェクト名 地域資源の高度利用を図るバイオリファイナリーの基盤形成とその実用化

6 研究観点 研究拠点を形成する研究

7 研究代表者

研究代表者名	所属部局名	職名
片倉啓雄	先端科学技術推進機構・ 化学生命工学部	教授

8 プロジェクト参加研究者数 11 名

9 該当審査区分 理工・情報 生物・医歯 人文・社会

10 研究プロジェクトに参加する主な研究者

研究者名	所属・職名	プロジェクトでの研究課題	プロジェクトでの役割
片倉 啓雄	先端科学技術推進機構・ 化学生命工学部・教授	固体連続併行複発酵による エタノール生産	バイオマスの有効利用と廃棄物の 有価物化による収支の改善 産官学連携のとりまとめ
長岡 康夫	先端科学技術推進機構・ 化学生命工学部・教授	バイオマスからの有価物の 探索と単離・構造決定	バイオマスの高付加価値化による 資源有効利用の促進
河原 秀久	先端科学技術推進機構・ 化学生命工学部・教授	バイオマスからの有価物の 探索と機能・構造決定	バイオマスの高付加価値化による 資源有効利用の促進
上里 新一	先端科学技術推進機構・ 研究員(前:化学生命工学 部・教授)	バイオマスからの有価物の 探索と機能・構造決定	バイオマスの高付加価値化による 資源有効利用の促進
住吉 孝明	先端科学技術推進機構・ 化学生命工学部・准教授	バイオマスからの有価物の 探索と機能・構造決定	バイオマスの高付加価値化による 資源有効利用の促進
山崎 思乃	先端科学技術推進機構・ 化学生命工学部・助教	バイオマスからの有価物の 探索と機能・構造決定	バイオマスの高付加価値化による 資源有効利用の促進
大西 正曹	社会連携部産学官連携 コーディネータ・関西大学 名誉教授(前:社会学部・ 教授)	農・工・商連携における地域 中小企業役割	農業の六次産業化に向けた中小製 造業の技術コーディネータ
池内 裕美	社会学部・教授	製品イメージと消費者受容に 関する心理学的研究	販売形態を含めた商品提案を通し た六次産業モデルの構築
山本 秀樹	先端科学技術推進機構・ 環境都市工学部・教授	バイオマスからの有価物分 離プロセスの開発	有価物質連続抽出工程の効率化と コストダウン
林 順一	先端科学技術推進機構・ 環境都市工学部・教授	廃棄物からの吸着剤および 固体燃料の製造	最終残渣の有価物化による収支改 善とゼロエミッション化

(様式 1)

法人番号	271014
プロジェクト番号	S1311043

研究者名	所属・職名	プロジェクトでの研究課題	プロジェクトでの役割
(共同研究機関等) 橋田 浩二	大阪府立環境農林水産 総合研究所・主任研究員	地域バイオマスの情報収集・ 新規素材の実用化試験	近畿圏(大阪)のバイオマスの現状 (量や利用法)の調査と新規素材の 実用化試験

<研究者の変更状況(研究代表者を含む)>

旧

プロジェクトでの研究課題	所属・職名	研究者氏名	プロジェクトでの役割

(変更の時期:平成 26 年 4 月 1 日)

新

変更前の所属・職名	変更(就任)後の所属・職名	研究者氏名	プロジェクトでの役割
大日本住友製薬株式会社・ 主任研究員	先端科学技術推進機構・ 化学生命工学部・准教授	住吉 孝明	有用生理活性成分の探索

旧

プロジェクトでの研究課題	所属・職名	研究者氏名	プロジェクトでの役割

(変更の時期:平成 26 年 4 月 1 日)

新

変更前の所属・職名	変更(就任)後の所属・職名	研究者氏名	プロジェクトでの役割
富山県薬事研究所・ 研究員	先端科学技術推進機構・ 化学生命工学部・助教	山崎 思乃	有用生理活性成分の探索

旧

プロジェクトでの研究課題	所属・職名	研究者氏名	プロジェクトでの役割
有価物の機能性素材の 評価	医薬基盤研究所・ グループ長	竹森 洋	マウスを用いた in vivo 試験 で素材の機能を評価

(変更の時期:平成 27 年 4 月 1 日)

新

変更前の所属・職名	変更(就任)後の所属・職名	研究者氏名	プロジェクトでの役割

法人番号	271014
プロジェクト番号	S1311043

11 研究進捗状況(※5枚以内で作成)

(1) 研究プロジェクトの目的・意義及び計画の概要

【研究プロジェクトの目的・意義】 理系・文系教職員の得意持ち寄り型のオープンイノベーションによって、地域で生産される農林水産資源から付加価値の高い有用成分を発掘し、商品化するとともに、残渣もバイオマスとして有効活用する地域密着型バイオリファイナーの研究基盤を確立する。具体的には、安定供給できる地域の農産資源(加工残渣や規格外品)を原料として、酸化重合を触媒する酵素、抗腫瘍成分、抗生活習慣病成分、マンナン、過冷却促進物質、接着タンパク質などについての学術研究に基づいて、高付加価値の有用物質を同定し、その機能を解明する。さらに、消費者心理を考慮した商品デザインや販売形態の検討、地元企業との連携による既存設備を活用した低コスト製造方法の確立、セルロースを主成分とする残渣のバイオエタノールおよび機能性活性炭への変換を有機的に組み合わせる。以上により、大学が核となって、有用天然物に関する学術研究と、一次産業、地域の中小製造業および商業を有機的に連携させ、六次産業の創出と次世代研究者育成の基盤を形成する。

【計画の概要】 まず橋田が大阪府下の農産廃棄物を調査し、文献情報等から成果が期待できるものを中心に収集する。これを高付加価値物質探索グループで成分を抽出・分画し、抗酸化活性、発がん抑制活性、メラニン生産抑制活性、過冷却促進活性、乳化活性などを評価する。有望なものについては構造を決定し、作用機序を解明する。既に予備検討が進んでいるエノキタケ、コーヒー粕、ジョロキアなどについては抽出・分離プロセス開発グループ工業スケールでの抽出技術と製品化を検討する。これらの際には、社会システム構築部門の池内が消費者心理分析を行い、研究戦略に反映するとともに、商品やパッケージのデザインを行う。また、同部門の大西が流通・販売経路も想定し、自治体、地元企業からの協力を得るためのコーディネートを行う。製品化が期待できるアイテムについては、残渣商品化プロセス開発グループが残渣からのエタノール収率、炭化した残渣の吸湿性、吸臭性を検証し評価する。毎年 2~3 品目について検討し、平成 26 年度からは毎年少なくとも 2 アイテムについて上市する。28 年度以降は、原料供給の季節変動に対応するため、収穫時期が異なる原料からの複数の有用成分を確保と、原料の乾燥貯蔵などをどのように組み合わせれば利益を最大化できるかをシミュレーションし、さらには、市場価格や輸送費などの変動が収支に及ぼす影響について、感度解析に基づいたリスク管理を行うとともに、高付加価値成分の抽出、評価をどのように分担して研究すれば効率的か、など、本事業が提案するシステムに一般性を持たせる戦略を研究する。

(2) 研究組織

【研究代表者、各研究者の役割分担や責任体制】 後述する理工系学部教員と独立行政法人医薬基盤研究所の研究員(竹森[注 1])で構成する研究部門と、消費者心理を専門とする社会学部教員(池内)と地域再生学を専門とする社会連携コーディネータ(大西)が大阪府立環境農林水産総合研究所(橋田)の協力を得る社会システム構築部門によって構成されている。

【研究支援体制】 関西大学先端科学技術推進機構、社会連携部が知財と産学官連携をサポートしている。研究代表者の片倉は民間企業勤務経験と幅広い研究経歴を活かして、各メンバーの研究内容とプロジェクト全体の整合性を取るとともに、外部機関との調整・交渉を行う。

【プロジェクトに参加する研究者の人数、院生・PD の人数と活用状況】

社会システム構築部門(大西、池内、橋田の計 3 名)と研究部門からなり、研究部門は、以下の 3 グループから構成される。

[高付加価値物質探索グループ] ○長岡、上里、河原、住吉、山崎、技術補佐員 1 名、客員研究員 2 名、大学院生 5 名 計 13 名

[抽出・分離プロセス開発グループ] ○山本、RA 2 名、大学院生 3 名 計 6 名

[残渣商品化プロセス開発グループ] ○林、片倉、大学院生 7 名 計 9 名

○印は各グループのリーダーを示し、各研究員を統括するとともにサブテーマを管理し、PD(平成 25 年度、26 年度に 1 名在籍)および RA を統括している。また、大学院生は各研究員(常勤教員)が統括している。

【研究グループ間の連携状況】 各部門および研究グループは、協力企業・団体から試料・情報の提供を受ける度に密接な打ち合わせを行うと共に、年に 3 回進捗状況報告会を行っている。

注 1: 竹森は 2015 年 3 月末に同研究所の組織替えのためメンバーから外れた。

(3) 研究施設・設備等

【研究施設の利用状況】

関西大学ハイテク・リサーチ・コア 306 室(101 m²:13 名)、第 4 学舎第四実験棟 天然素材工学研究室(127 m²:5 名)、生物化学工学研究室(194m²:5 名)および医薬品工学研究室(188 m²:5 名)、第 4 学舎 2 号館研

法人番号	271014
プロジェクト番号	S1311043

究棟プロセスデザイン研究室(148 m²:7名)。なお、2015 年度から動物実験室が整備された。動物実験は、関西大学動物実験委員会の規定に基づいて実施する。

【主な研究設備・装置、設備の名称及びその利用時間数】 高付加価値素材成分分析システム(アミノ酸分析装置、質量分析装置)(22 h/週)、FT-NMR 核磁気共鳴分光計(20 h/週)、API-3000 質量分析計(15 h/週)、天然物抽出分離システム(5 h/週)、高付加価値機能活性測定装置(10 h/週)を導入した。括弧内は1週間の平均使用時間。

(4) 進捗状況・研究成果等 ※下記、13及び14に対応する成果には下線及び*を付すこと。

＜現在までの進捗状況及び達成度＞

基礎系 6 課題(1～5, 8)、応用・製品開発系 8 課題(6, 7, 9～14)を設定し、高付加価値物質探索グループが 7 課題、抽出・分離プロセスグループが 4 課題、残渣商品化プロセス開発グループが 2 課題を担当し、さらに、社会システム構築部門でも、製品イメージと消費者心理に関する課題を設定した。各課題について、学術論文件数、学会発表件数、特許出願件数、外部資金獲得件数、上市した製品数を下表にまとめる。なお、申請時の計画とは、取り扱うアイテムと実施時期が異なっているが、これは有望なアイテムを優先したためであり、実施件数も上市した製品数も当初計画を上回る実績と成果が得られた。

表 1. 各研究課題と研究成果(X 印は出願準備中)

部門	グループ	進捗状況	課題番号	課題名	論文	学会	特許	資外金部	上市
研究部門	高付加価値物質探索	基礎	1	果皮抽出物を用いた染毛法の開発	0	1	0	1	0
		基礎	2	廃棄農産物エキスの免疫賦活効果の評価	0	1	0	1	0
		基礎	3	高付加価値成分の評価系の確立と天然物からの探索	4	3	0	0	0
		基礎	4	高麗人参廃棄物からの有用物質の探索	6	5	0	0	0
		基礎	5	ノビレチンを含む柑橘類果皮の高付加価値化	2	5	0	0	0
		応用・製品化	6	コーヒー粕からの過冷却促進物質とゲル化剤としてのマンナン分離	0	4	2	3	0
		応用・製品化	7	エノキタケからの接着タンパク質エキスと不凍多糖の製造とその機能性	0	2	1	4	2
	抽出・分離プロセス	基礎	8	Hansen 溶解度パラメータを用いた有価成分抽出条件の設計	1	5	0	0	0
		応用・製品化	9	ハバネロ・ジョロキア(唐辛子類)からのカプサイシンの分離と応用	0	0	X	10	1
		応用・製品化	10	柑橘類からの有価成分抽出技術をベースとした密柑塩の製造	0	0	0	5	1
		応用・製品化	11	溶解度パラメータを用いた有価成分抽出技術を利用した製品化	0	0	X	5	0
	商品残渣化	応用・製品化	12	バナナの皮の有効利用法の開発	0	2	0	5	0
		応用・製品化	13	抽出残渣からのエタノール生産	0	2	0	3	0
構築部門	社会システム	基礎	14	製品イメージと消費者受容に関する心理学的研究(課題 7 と 10 とも連携して進行中)	3	7	0	1	0

A. 研究部門

《 高付加価値物質探索グループ 》

【課題 1】 果皮抽出物を用いた染毛法の開発 *1 (担当:長岡)

・目的: サツマイモやバナナの皮に含まれるポリフェノールとその酸化酵素を用い、低刺激性の天然染毛剤を開発する。Web アンケート調査の結果をもとに消費者ニーズに基づく製品開発を推進する。

・進捗状況: サツマイモの皮のメタノール抽出物は、クロロゲン酸などのポリフェノールを含み、抽出エキスにはポリフェノールを酸化する酵素の活性が認められた。これらの抽出物と酸化染毛剤の混合液による染色度合いは、既製品の 1/4 程度で、3 回以上繰り返し染毛が必要であることが分かった。しかし、社会システム構築部門が実施した Web 調査結果では、消費者は天然素材に関心を持つが、その性能が十分でなければ既製品を選択する、

法人番号	271014
プロジェクト番号	S1311043

という結果を得た。ポリフェノールの酵素酸化で生じるキノン体が染料を酸化重合できることが分かっていたので、これを利用して染色率を高める方向に研究方針に転換した。

・**今後の方針**: 酸化酵素で処理したキノン体を用いることにより、染色性能を高めるとともに、アレルゲンになる可能性のある酵素を直接用いない染毛剤を開発する。

【課題 2】 廃棄農産物エキスの免疫賦活効果の評価 *2 (担当: 山崎)

・**目的**: 農産物からエキスを抽出・濃縮すると共にエキスの免疫賦活効果を評価する。

・**進捗状況**: 学外研究分担者の橘田の仲介で提供された大阪府産の農産物など 10 種から、酸性・中性・アルカリ性での熱水抽出およびエタノールによる溶媒抽出を行い、高付加価値物質探索グループの各研究員に提供した。また、マウスパイエル板細胞に様々な農産物エキスを添加し、IgM および IgA 抗体の産生量を ELISA 法で測定した結果、熱水抽出した栗の渋皮などに顕著な IgM 産生誘導効果があった。

・**今後の方針**: 対象農産物の種類を増やし、免疫賦活作用に加えて、免疫抑制作用についても調査する。

【課題 3】 高付加価値成分の評価系の確立と天然物からの探索 *3 (担当: 竹森・長岡・橘田)

・**目的**: 農産物に含まれる生活習慣病改善や創傷治癒活性などの高付加価値成分を探索するための評価系を確立するとともに、実際にスクリーニングを行い、機能成分を同定し、活性発現機構を明らかにする。

・**進捗状況**: マウスの SIK3 と呼ばれる酵素の活性抑制を指標に血糖値や血中コレステロール値を低下させる成分の探索法を確立した。また、培養細胞を用いた創傷治癒活性評価法を確立した。クリの果皮から、美白効果が期待できるメラニン産生抑制物質を分離し、アカセチン(ポリフェノール的一种)と同定した。また、白髪予防効果が期待できるメラニン産生促進物質が分離でき、創傷治癒活性を合わせ持つことがわかった(プロシアニン類と推定)。ワラビのプテロシン B に SIK3 抑制活性があり、糖尿病モデルマウスの血糖値を低下させた。

・**問題点**: 活性成分の多くは分離が極めて困難なポリフェノール画分にある。ポリフェノールの一部を化学変換してから分離し、それを元に戻す方法で成分同定を行っている。

・**副次的効果**: メラニン産生機構として、新たにリン酸化酵素 SIK が関わる可能性を見出した。

・**今後の方針**: クリの果皮エキスは、既に、韓国などで美白エキスとして販売されているが、学術的研究は不十分である。美白機構を明らかにして薬用化粧品原料としての開発を目指す。また、プテロシン B は希少な天然物であるため、プテロシン B をリード化合物として、より活性の強い化合物を合成し、効能を評価する。

【課題 4】 高麗人参廃棄物からの有用物質の探索 *4 (担当: 住吉)

・**目的**: 高麗人参エキス抽出時に生じる廃棄物(人参カス、葉、茎)に残存する有用物質を探索する。

・**進捗状況**: 人参カス、葉および茎を天日乾燥後、破砕し、有機溶媒で抽出したエキスの抗がん活性を測定した結果、人参カスの抽出エキスが抗がん活性を示した。

・**問題点**: 抗がん活性以外の生理活性評価と有用成分の同定が課題。現在、免疫系、神経系に対する活性評価を検討するとともに、質量分析による構造推定を行っている。

・**副次的効果**: オリーブオイルで残存有用成分が抽出できれば、ドレッシング等の商品化が期待できる。

・**今後の方針**: 各エキスを新たなアッセイ系で活性評価するとともに、有効成分の構造を決定する。

【課題 5】 ノビレチンを含有する柑橘類外果皮の高付加価値化 *5 (担当: 上里)

・**目的**: 非小細胞肺癌化学療法剤との併用効果、長寿遺伝子産物活性化作用、神経細胞死防御効果、等について検討し、ノビレチンを含有する柑橘類果皮の機能性表示食品への応用を図る。

・**進捗状況**: 柑橘類に含まれるノビレチンと化学療法剤との併用投与群で、腫瘍が著しく縮小しマウス死亡率が有意に減少した。ノビレチンは用量依存的に長寿遺伝子産物(Sirtuin1 酵素)活性を上昇させ、低酸素低糖状態に置いたラット大脳皮質由来初代神経細胞に対し、神経細胞死防御効果を認めた。

・**今後の方針**: ノビレチンを高濃度に含む外果皮エキスの機能性表示食品への応用を目指し、他の類似食品との効果やコストの比較検討を行うと共に、効率的抽出法を確立する。

【課題 6】 コーヒー粕からの過冷却促進物質とゲル化剤としてのマンナンの分離 *6 (担当: 河原・片倉)

・**目的**: 大量に廃棄されているコーヒー粕から過冷却促進物質とマンナンを分離し、活性物質の構造決定を行うとともに、その工業的製造方法を確立し、新規用途を開発する。

・**進捗状況**: コーヒー粕からの工業生産プロセスを確立し(特許出願済み)、既に新日本薬業(株)がエキスの試験製造を開始している。食品、飲料メーカーをはじめとする複数の企業への試料提供および共同研究も開始し、耐酸・耐油性ゲル化剤として新たな用途開発を進めている。

・**副次的効果**: 過冷却促進物質は、移植時の臓器保存、痛みやすい食材の氷温輸送などへの応用が期待できるため、企業との共同研究を進めるとともに、JST や農水省などの大型予算を申請中である。マンナンについてはキャパシタ電池への応用の可能性も検知中である。

・**今後の方針**: 過冷却促進物質の構造を決定し、その活性と構造との関係を明らかにする。キャパシタ電池への応用を検討するとともに、最終残渣からのエタノール生産、活性炭生産を検討する。

法人番号	271014
プロジェクト番号	S1311043

【課題 7】 エノキタケからの接着タンパク質エキスと不凍多糖の製造とその機能性 *7 (担当:河原)

- ・目的: エノキタケの接着性に着目し、熱水抽出によって得られるエキスを抽出する工程を構築し、その接着タンパク質と不凍多糖の分離精製およびその構造解析・機能性を解析する。
- ・進捗状況: 工業的生産プロセスを構築し、不凍多糖は(株)カネカが 2014 年 10 月からサンプル出荷を開始した。接着タンパク質も 2015 年 4 月から(有)一栄が販売を開始し、らぼぽベーカリー(白ハト食品工業(株))が 2015 年 5 月から、喉につまりにくい高齢者向けのパンとして「おいもぬくもりパン」の販売を開始した。抽出残渣はコーティング剤への応用も検討を始めている。
- ・副次的効果: ヘアマニキュアやトリートメントなどの化粧品素材としても期待できる。
- ・今後の方針: 接着タンパク質の構造を解析し、社会システム構築部門と連携した商品設計により、グルテンフリー食品などさらなる商品化を目指す。抽出残渣の利用法を検討する。

《 抽出・分離プロセス開発グループ 》

【課題 8】 Hansen 溶解度パラメータを用いた有価成分抽出条件の設計 *8 (担当:山本)

- ・目的: 天然物からの有価成分の抽出効率を上げるための抽出溶媒の設計法を確立する。
- ・進捗状況: これまで経験的な試行錯誤で行っていた天然物からの有価成分の溶媒抽出条件を、Hildebrand および Hansen 溶解度パラメータを用いて設計する方法を確立した。落花生果皮からのレスベラトロール(美容成分として注目されているポリフェノール)の抽出、柑橘類果皮からのリモネン(発泡スチロール等の安全な溶剤)の抽出などで実証し、課題を完了した。

【課題 9】 ハバネロ・ジョロキア(唐辛子類)からのカプサイシンの分離と応用 *9 (担当:山本)

- ・目的: ハバネロ等の辛味成分であるカプサイシンは食品添加物、防虫・防菌剤として期待されている。低コスト・高効率の分離濃縮方法の確立し、これを用いた食品の製造販売を目指す。
- ・進捗状況: 兵庫県養父市(国家戦略農業特区)と関西大学との包括提携により、現地でハバネロとジョロキアを 2014 年度は 500 kg 栽培した。特注の蒸留装置を用いた精製・濃縮技術を開発しカプサイシンを抽出し、吉井建設(有)、(株)マナ、ラサ工業(株)、日本エンバイロケミカルズ(株)、(株)ブライス、フラワギャリー花日和、伯東(株)と食品等の製品開発・販売を行っている。

【課題 10】 柑橘類からの有価成分抽出技術をベースとした蜜柑塩の製造 *10 (担当:山本、大西)

- ・目的: 和歌山県産の蜜柑類の加工残渣(果皮)の有効利用。
- ・進捗状況: 農業法人キテラから提供された柑橘類の果皮から、主要香り成分 d-リモネンの高効率抽出法を確立したが、発泡スチロール等の溶剤としてはコスト的に難しかった。そこで、大西のコーディネートで同じく和歌山県の梅干し製造工程から廃棄される梅エキスと混合し、凍結乾燥して柑橘風味の香塩を開発し、高評価を得た。
- ・今後の方針: 和歌山県の全面協力を得て商品化する予定。

【課題 11】 溶解度パラメータを用いた有価成分抽出技術を利用した製品化 (担当:山本)

- ・目的: 農産物あるいは農産廃棄物の有効利用と高付加価値化を検討する。
- ・進捗状況: 醤油粕のイソフラボンをダイゼイン、ゲニズテインと同定し、これらを含む抽出液を乾燥し、食用醤油塩を回収できた。兵庫県養父市産の山椒の粉末を製造する際、乾燥工程での加熱と酸化が劣化の主因と考え、窒素気流下で冷風乾燥したところ、鮮やかな緑色を保った山椒粉体を得た。
- ・問題点: 従来法に比べて製造コストが高いが、ブランド化することにより対応している。
- ・今後の方針: 食用醤油塩は山六醤油(株)、小豆島グリーンサービス(株)、大徳醤油(株)で、粉末山椒は養父市が運営する養父パートナーズで試作したものについて、パッケージデザイン等を行い商品化する。

《 残渣商品化プロセス開発グループ 》

【課題 12】 バナナの皮の有効利用法の開発 *12 (担当:林)

- ・目的: 食品加工工場から大量に廃棄されるバナナの皮を原料として得られた炭化物を調湿剤(湿度を調整する吸着剤)として利用する。
- ・進捗状況: バナナの皮を 400~1000℃で炭化して得た炭化物は、一般的な木炭に比べて数十倍の調湿能(湿度が低い場合、吸着した水を放出して湿度を上げ、逆に湿度が高い場合、水蒸気を吸着して湿度を下げる能力)をもっていることが分かった。
- ・副次的効果: 現在、製造過程において大量にバナナの皮が廃棄され、その処分コストが大きな課題となっている食品メーカーと炭化リサイクル業者とのタイアップの交渉を始めている。
- ・今後の方針: バナナの皮炭化物を脱臭剤や重金属除去剤など調湿剤以外の用途について検討する。柑橘果皮、サツマイモの皮、コーヒー粕などについても検討する。

【課題 13】 抽出残渣からのエタノール生産 *13 (担当:片倉)

- ・目的: 抽出残渣に含まれる炭水化物を糖化し、エタノールを生産する。
- ・進捗状況: 有用物質の抽出工程が確定しているアイテムはまだないので、白ハト食品(株)から提供されたサツマイ

法人番号	271014
プロジェクト番号	S1311043

モの加工残渣(端材)からの固体併行複発酵によるエタノール生産を検討し、アミラーゼにセルラーゼとペクチナーゼを併用することにより理論収率の 90%を達成した。並行して、エタノール発酵に適した非組換え酵母の育種を行っている(残渣を堆肥に使用するため)。

・**問題点**: 酵素剤が高価であるため使用量の削減が急務である。

・**今後の方針**: 予備糖化等で酵素使用量削減を検討する。

B. 社会システム構築部門

【課題 14】製品イメージと消費者受容に関する心理学的研究 *14 (担当:池内)

・**目的**: バナナやサツマイモの皮の黒化反応を応用したヘアカラー(白髪染め)商品、すなわち天然素材を使用した染毛剤の市場可能性を消費者の使用実態調査や意識調査を通して検討する。また、外部評価委員の助言に従い、苦情やモンスター消費者など消費者行動に関するこれまでの研究を商品化に反映させる。

・**進捗状況**: 天然素材成分を用いた染毛剤に対する消費者のイメージは、染毛剤に求めるニーズ(手軽さや価格、持続効果)に合致しておらず、市場開拓は大変厳しいことが明らかとなった。

・**問題点**: 現状では商品化は厳しいものの、天然素材に興味があるという女性は多い。よって、髪への刺激や痛みの少なさを求める染毛料使用者をメインターゲットに設定し、“天然素材は髪にやさしい”ことを重点的に訴求するとトライアル購買の可能性が期待できる。

・**副次的効果**: 染毛剤の購入時に最も重視する情報源として「店頭広告」が挙げられたことから、より効果的な店頭での販売促進手法を探求することの意義が示唆された。

・**今後の方針**: 接着タンパク質を用いた商品提案に対して、誘目性の高いパッケージデザイン、POP 広告、香りサンプル設置による誘導効果の検討を行い、アイトラッカー(視線計測装置)やセント POP(芳香器)を用いて販売促進効果を検証する。

<今後期待される研究成果>

高付加価値物質探索グループでは、免疫賦活活性、抗腫瘍活性、長寿遺伝子産物活性化活性、SIK3 抑制活性、メラニン産生制御活性などを評価する方法が確立できたので、今後は、安定供給できる農産副生物の各種抽出物の評価を加速することができる。また、コーヒー粕、エノキタケ、ハバネロ、柑橘類、サツマイモなどから更なる製品化が期待できる。特に、過冷却促進物質の、移植時の臓器保存、痛みやすい食材の氷温輸送への応用、コーヒーマンナンのキャパシタ電池への応用は、学術的・産業的にこれまでにない成果が期待できる。

抽出・分離プロセス開発グループが確立した Hansen 溶解度パラメータを用いた有価成分抽出条件の設計理論は、天然物からの有用物質抽出以外にも、化粧品の相溶性改善、吸収率の高い医薬品の開発、相溶性を制御した材料の開発などへの応用が期待される。

残渣商品化プロセス開発グループは、バナナの炭化物に非常に高い調湿能を見出しており、他の高付加価値物質の研究を待つことなく、製品化が期待できる。

社会システム構築部門は、農産廃棄物試料の収集、染毛剤の研究戦略決定、養父市との連携協定締結、柑橘類残渣の高付加価値化における地元企業と自治体との連携などに重要な役割を果たし、今後も研究部門の成果の製品化へのけん引役となる。また、企業との連携のきっかけを作る機会、その後の情報交換、秘密保持契約・知財権・試作費等の経費負担割合の交渉などに関するノウハウを文書化し、今後のプロジェクトの研究活動にフィードバックすることや、学外に向けても産学官連携活動の参考になるよう公開する。

<自己評価の実施結果及び対応状況>

毎年 1 月に関西大学先端科学技術推進機構が主催する公開シンポジウムで成果と進捗状況を報告し、議論を通じて自己評価の一助とした。自己評価としては、基礎研究については、論文または学会での発表を客観的な成果として評価し、応用・製品化研究については特許出願数、製品化を前提にした企業との共同研究件数、外部資金獲得件数、製品化された件数を客観的な成果として評価した[添付資料 1-1 参照]。その結果、表に示したように、基礎および応用・製品化の何れの研究課題においても、客観的に評価できる研究成果を上げることができた。

2014 年 9 月に学内の外部資金審査・評価委員による中間審査を受け、概ね良好な評価を得たが、論文と成果の対応がわかりにくいとの指摘を受けたので、本報告書では特にこの点を改善した [添付資料 1-2 参照]。

<外部(第三者)評価の実施結果及び対応状況>

外部評価については、まず、プロジェクト発足時に 3 名の委員を選定し、キックオフセミナーの際に研究計画に対する助言を得た。外部評価委員からは、社会システム構築部門を設けたことが高く評価され、消費者のモンスター化への対応の研究は特に高く評価されたので、この方向の研究を充実させる予定である。機能性表示食品とする場合、エビデンスとなる査読付き論文の充実が必須であるとの指摘があり、今後も作用機序の解明とその成果の論文化を行う。なお、評価内容については、研究分担者全員で共有し、研究にフィードバックさせている。[添付資料 2 参照]

法人番号	271014
プロジェクト番号	S1311043

12 キーワード(当該研究内容をよく表していると思われるものを8項目以内で記載してください。)

- (1) 地域資源 (2) 6次産業 (3) バイオリファイナー
 (4) 農商工連携 (5) 農産廃棄物 (6) 高付加価値成分
 (7) 消費者心理 (8) Hansen 溶解度パラメータ

13 研究発表の状況(研究論文等公表状況。印刷中も含む。)

上記、11(4)に記載した研究成果に対応するものには*を付すこと。

<雑誌論文>

【課題3】高付加価値成分の評価系の確立と天然物からの探索 (*3に対応する成果は以下の3件である)

- (1) Y. Itoh, M. Sanosaka, H. Fuchino, Y. Yahara, A. Kumagai, D. Takemoto, M. Kagawa, J. Doi, M. Ohta, N. Tsumaki, N. Kawahara, H. Takemori, Salt-inducible kinase 3 signaling is important for the gluconeogenic programs in mouse hepatocytes, *Journal of Biological Chemistry*, 290, 17879-17893 (2015). [査読あり]
 (2) A. Kumagai, A. Fujita, T. Yokoyama, Y. Nonobe, Y. Hasaba, T. Sasaki, Y. Itoh, M. Koura, O. Suzuki, S. Adachi, H. Ryo, A. Kohara, L. P. Tripathi, M. Sanosaka, T. Fukushima, H. Takahashi, K. Kitagawa, Y. Nagaoka, H. Kawahara, K. Mizuguchi, T. Nomura, J. Matsuda, T. Tabata, H. Takemori, Altered actions of memantine and NMDA-induced currents in a new Grid2-deleted mouse line, *Genes*, 5, 1095-1114 (2014). [査読あり]
 (3) I. Horibe, Y. Satoh, Y. Shiota, A. Kumagai, N. Horike, H. Takemori, S. Uesato, S. Sugie, K. Obata, H. Kawahara, Y. Nagaoka, Induction of melanogenesis by 4'-O-methylated flavonoids in B16F10 melanoma cells, *Journal of Natural Medicine*, 67, 705-710 (2013). [査読あり]

【課題4】高麗人参廃棄物からの有用物質の探索 (*4 対応する成果は以下の5件である)

- (1) Y. Uruno, Y. Konishi, A. Suwa, K. Takai, K. Tojo, T. Nakako, M. Sakai, T. Enomoto, H. Matsuda, A. Kitamura, T. Sumiyoshi, Discovery of dihydroquinazolinone derivatives as potent, selective, and CNS-penetrant M1 and M4 muscarinic acetylcholine receptors agonists, *Bioorganic Medicinal Chemistry Letters*, 25, 5357-5361 (2015). [査読あり]
 (2) M. Kawasaki, A. Fusano, T. Nigo, S. Nakamura, M. N. Ito, Y. Teranishi, S. Matsumoto, H. Toda, N. Nomura, T. Sumiyoshi, Identification of 2,3-disubstituted pyridines as potent, non-emetic PDE4 inhibitors, *Bioorganic Medicinal Chemistry Letters*, 24, 2689-2692 (2014). [査読あり]
 (3) T. Ochi, Y. Sawayama, M. Kawasaki, T. Nigo, M. Nakao, T. Omodani, T. Sumiyoshi, Syntheses of [¹⁴C]-labeled 2-(3-chlorophenoxy)-3-[3-(3-hydroxy)pyridin-4-yl propoxy]pyridine, a phosphodiesterase 4 inhibitor and its metabolites. *Journal of Labelled Compounds and Radiopharmaceuticals*, 57, 477-479 (2014). [査読あり]
 (4) K. Takai, Y. Inoue, Y. Konishi, A. Suwa, Y. Uruno, H. Matsuda, T. Nakako, M. Sakai, H. Nishikawa, G. Hashimoto, T. Enomoto, A. Kitamura, Y. Uematsu, A. Kiyoshi, T. Sumiyoshi, Discovery of N-substituted 7-azaindoline derivatives as potent, orally available and selective M₁ and M₄ muscarinic acetylcholine receptors agonists, *Bioorganic Medicinal Chemistry Letters*, 24, 3189-3193 (2014). [査読あり]
 (5) A. Suwa, Y. Konishi, Y. Uruno, K. Takai, T. Nakako, M. Sakai, T. Enomoto, Y. Ochi, H. Matsuda, A. Kitamura, Y. Uematsu, A. Kiyoshi, T. Sumiyoshi, Discovery of N-sulfonyl-7-azaindoline derivatives as potent, orally available and selective M₄ muscarinic acetylcholine receptor agonists. *Bioorganic Medicinal Chemistry Letters*, 24, 2909-2912 (2014). [査読あり]

【課題5】ノビレチン含有する柑橘類外果皮の高付加価値化 (*5 に対応する成果は以下の2件である)

- (1) Y. Kawaratani, T. Matsuoka, Y. Hirata, N. Fukata, Y. Nagaoka, S. Uesato, Influence of the carbamate fungicide benomyl on the gene expression and activity of aromatase in the human breast carcinoma cell line MCF-7, *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 39, 292-299 (2015). [査読あり]
 (2) S. Uesato, H. Yamashita, R. Maeda, Y. Hirata, M. Yamamoto, S. Matsue, Y. Nagaoka, M. Shibano, M. Taniguchi, K. Baba, J. Motoharu, Synergistic antitumor effect of a combination of paclitaxel and carboplatin with nobiletin from *Citrus depressa* on non-small-cell lung cancer cell lines, *Planta Medica*,

法人番号	271014
プロジェクト番号	S1311043

80, 452-457 (2014). [査読あり]

【課題 7】 エノキタケからの接着タンパク質エキスと不凍多糖の製造とその機能性 (*7 に対する成果は以下の 1 件である)

- (1) H. Kawahara, Y. Matsuda, T. Sakaguchi, N. Arai, Y. Koide, Antifreeze activity of xylomannan from the mycelium and fruit body of *Flammulina velutipes*, *Biocontrol Science*, 21, in press (2016). [査読あり]

【課題 8】 Hansen 溶解度パラメータを用いた有価成分抽出条件の設計 (*8 に対応する成果は以下の 1 件である)

- (1) T. Sato, Y. Hamada, M. Sumikawa, S. Araki, H. Yamamoto, Solubility of oxygen in organic solvents and calculation of the Hansen solubility parameters of oxygen, *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 53, 19331-19337 (2014). [査読あり]

【課題 13】抽出残渣からのエタノール生産 (*13 に対応する成果は以下の 1 件である)

- (1) 片倉啓雄, 研究に必要な生産コストの知識, *生物工学会誌*, 93(11), 687-692 (2014). [査読なし]

【課題 14】製品イメージと消費者受容に関する心理学的研究 (*14 に対応する成果は以下の 3 件である)

- (1) 池内裕美, 藤原武弘, 感情労働としての苦情対応が精神的健康に及ぼす影響: 主観的ストレスと職務満足感に焦点を当てて, *関西学院大学社会学部紀要*, 120, 39-51 (2015). [査読なし]
- (2) 池内裕美, 人はなぜモノを溜め込むのか: ホーディング傾向尺度の作成とアニミズムとの関連性の検討, *社会心理学研究*, 30, 86-98 (2014). [査読あり]
- (3) 池内裕美, 苦情行動者の心理: 消費者がモンスターと化する瞬間, *繊維製品消費科学研究*, 54, 21-27 (2013). [査読なし]

<図書>

【課題 4】高麗人参廃棄物からの有用物質の探索 (*4 に対応する成果は以下の 1 件である)

- (1) T. Sumiyoshi, T. Enomoto, Muscarinic Acetylcholine Receptor Activators, Small molecule therapeutics for schizophrenia, Eds.: S. Celanire, S. Poli, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, *Top. Med. Chem.*, 13, 183-212 (2015).

【課題 14】製品イメージと消費者受容に関する心理学的研究 (*14 に対応する成果は以下の 2 件である)

- (1) 池内裕美, 第 6 章 広告と社会心理学, *広告コミュニケーション研究ハンドブック*, 有斐閣, 118-136 (2015.11).
- (2) 池内裕美, 産業「宣伝・広告」, 下山晴彦(編集代表), *誠信 心理学辞典(新版)*, 誠信書房 600-602 (2014).

<学会発表>

<国内学会>

【課題 1】果皮抽出物を用いた染毛法の開発 (*1 に対応する成果は以下の 1 件である)

- (1) 西迫久晃, 鯉江清裕, 長岡康夫, 上里新一, 食品バイオマスバナナ外果皮からの抗がん活性成分の探索, *日本薬学会第 134 年会*, 29pmS-031, 熊本 (2014.3).

【課題 4】高麗人参廃棄物からの有用物質の探索 (*4 に対応する成果は以下の 5 件である)

- (1) 山井悠介, 石田恭次, 周琳濤, 竹内一喜, 清水雅明, 長岡康夫, 住吉孝明, カルボニル基活性化を基盤とする置換 oxindole 化合物の簡便合成, 第 41 回反応と合成の進歩シンポジウム, 大阪 (2015.10).
- (2) 石田恭次, 山井悠介, 上里新一, 長岡康夫, 住吉孝明, 不斉非対称化反応を基盤とする 3,3-disubstituted oxindole の合成研究, 第 65 回日本薬学会近畿支部総会・大会, 大阪 (2015.10).
- (3) 山井悠介, 石田恭次, 竹内一喜, 清水雅明, 上里新一, 長岡康夫, 住吉孝明, オキシインドール環化反応の反応機構解明, 第 65 回日本薬学会近畿支部総会・大会, 大阪 (2015.10).
- (4) 住吉孝明, 化学者からみた次世代創薬の動向と薬物動態研究者への期待, *日本薬物動態学会第 29 回ワークショップ*, 東京 (2015.5).
- (5) 山井悠介, 石田恭次, 周琳濤, 岩田吏世, 上里新一, 長岡康夫, 住吉孝明, カルボニル基の活性化を基盤とするオキシインドール化反応の開発, *日本薬学会第 135 回年会*, 26I-pm20, 兵庫 (2015.3).

法人番号	271014
プロジェクト番号	S1311043

【課題 5】ノビレチンを含有する柑橘類外果皮の高付加価値化(*5 に対応する成果は以下の 7 件である)

- (1) 竹本涼穂, 松浦佳宏, 井上涼佑, 江成政人, 大石真也, 藤井信孝, 長岡康夫, 上里新一, 住吉孝明, 活性化作用を有する 2-aminobenzenethiol 誘導体の探索研究, 日本薬学会第 136 年会, p53, 横浜 (2016.3).
- (2) 布袋彩菜, 平田佳之, 上里新一, 長岡康夫, 住吉孝明, ジケトピペラジン構造を有するヒストン脱アセチル化酵素阻害剤の探索研究, 日本薬学会第 136 年会, 横浜 (2016.3).
- (3) 松浦佳宏, 竹本涼穂, 松江紗希, 住吉孝明, 長岡康夫, 江成政人, 上里新一, p53 の機能を活性化させる新規タンパク-タンパク結合阻害剤の探索研究, 第 32 回メディシナルケミストリーシンポジウム, 1P-30, 兵庫 (2014.11).
- (4) 上里新一, 平田佳之, 佐々木勉, 瓦谷泰之, 住吉孝明, 長岡康夫, 望月秀樹, HDAC1/2 選択的阻害剤 K-560 のがん細胞増殖抑制効果と mTORC1 活性化, オートファジー誘起作用による細胞死保護効果, 第 32 回メディシナルケミストリーシンポジウム, 2P-21, 兵庫 (2014.11).
- (5) 瓦谷泰之, 平田佳之, 深田尚文, 住吉孝明, 長岡康夫, 伊藤昭博, 吉田稔, 上里新一, Sirtuin 1 選択的阻害活性をもつ新規 2-hydroxy-1-naphthaldehyde 誘導体とその抗がん活性, 第 32 回メディシナルケミストリーシンポジウム, 2P-22, 兵庫 (2014.11).
- (6) 松江沙希, 古座谷昭典, 松浦佳宏, 竹本涼穂, 長岡康夫, 江成政人, 上里新一, p53-mdmx 相互作用を阻害する低分子抗がん化合物の構造活性相関, 第 31 回メディシナルケミストリーシンポジウム, 2P-55, 広島 (2013.11).
- (7) 古座谷昭典, 松江沙希, 松浦佳宏, 竹本涼穂, 長岡康夫, 江成政人, 上里新一, p53-Mdmx 結合阻害低分子化合物の創製と構造活性相関—がん細胞に対する細胞毒性と作用機作の評価—, 第 63 回日本薬学会近畿支部総会・大会, F-10-1, 京都 (2013.10).

【課題 6】コーヒー粕からの過冷却促進物質とゲル化剤としてのマンナンの分離(*6 に対応する成果は以下の 4 件である)

- (1) 田川絵理, 浦真由美, 片倉啓雄, 河原秀久, 餡粕熱水抽出物の冷凍食品の物性に対する効果, 日本農芸化学会年次大会, 岡山 (2015.3).
- (2) 濱田純, 笹川貴司, 河原秀久, 片倉啓雄, コーヒー粕からの過冷却促進物質の抽出とその機能・構造解析, 環境技術学会第 13 回年次大会, 岐阜 (2013.9).
- (3) 笹川貴司, 片倉啓雄, 河原秀久, コーヒー粕由来コーヒーマンナンの構造解析と乳化活性, 日本食品工学会第 14 回年次大会, 京都 (2013.8).
- (4) 浦真由美, 小泉雄史, 片倉啓雄, 河原秀久, 氷の昇華量を指標にした昇華抑制能の測定, 日本食品工学会第 14 回年次大会, 京都 (2013.8).

【課題 7】エノキタケからの接着タンパク質エキスと不凍多糖の製造とその機能性(*7 に対応する成果は以下の 2 件である)

- (1) 楮畑智代, 吉見慎太郎, 泉沙織, 片倉啓雄, 河原秀久, 小出芳栄, エノキタケ子実体由来接着タンパク質の構造解析および機能性評価, 日本防菌防黴学会第 41 回年次大会, 東京 (2015.9).
- (2) 楮畑智代, 泉沙織, 吉見慎太郎, 小出芳栄, 片倉啓雄, 河原秀久, エノキタケ子実体由来接着タンパク質の抽出とその機能, 日本農芸化学会年次大会, 東京 (2014.3).

【課題 8】 Hansen 溶解度パラメータを用いた有価成分抽出条件の設計(*8 に対応する成果は以下の 5 件である)

- (1) 山本秀樹, Hansen 溶解度パラメータ(HSP 値)を用いた相溶性・分散性の評価[Hansen 溶解球法の化粧品・食品への応用], 第 3 回コロイド実用技術講座, 東京 (2015.10).
- (2) 竹本周平, 松本尚也, 宮武香奈, 荒木貞夫, 山本秀樹, 蜜柑果皮からの d-limonene 抽出における Hansen 溶解度パラメータを用いた溶媒設計, 第 47 回化学工学会秋季大会, 47, ZC2P53, 北海道 (2015.9).
- (3) 宮武香奈, 佐藤隆志, 荒木貞夫, 山本秀樹, Hansen 溶解度パラメータを用いた非イオン性界面活性剤の溶解性評価, 化学工学会第 80 年会, 東京 (2015.3).
- (4) 堀場俊宏, 佐藤隆志, 荒木貞夫, 山本秀樹, 種々の物性値を用いた Hansen 溶解度パラメータの算出, 化学工学会第 80 年会, 東京 (2015.3).
- (5) 宮武香奈, 岸本裕大, 荒木貞夫, 山本秀樹, Hansen 溶解度パラメータを用いた落花生の種皮からのポリフェノール類の抽出分離に関する研究, 第 46 回化学工学会秋季大会, 福岡 (2014.9).

法人番号	271014
プロジェクト番号	S1311043

【課題 12】バナナの皮の有効利用法の開発 (*12 に対応する成果は以下の 4 件である)

- (1) 山口芳樹, 林順一, 長谷川功, バナナの皮炭化物を利用したカドミウムイオンの除去, 第 18 回化学工学会学生発表会, K11, 福岡 (2016.3).
- (2) 林順一, 梅原啓輔, バイオマスを原料とした活性炭の製造において原料バイオマスが細孔構造に及ぼす影響について, 第 24 回日本エネルギー学会大会, 102-103, 北海道 (2015.8).
- (3) 林順一, 福田祥子, 影浦直樹, 大隈修, バイオマス炭化物の水蒸気吸着特性, 第 51 回石炭科学会議, 86-87, 宮城 (2014.10).
- (4) 林順一, 福田祥子, 影浦直樹, バナナの皮炭化物の調湿能, 第 40 回炭素材料学会年会, 180, 京都 (2013.12).

【課題 13】抽出残渣からのエタノール生産 (*13 に対応する成果は以下の 2 件である)

- (1) 松原巧, 山崎思乃, 河原秀久, 金子嘉信, 片倉啓雄, レアメーティングによるバイオエタノール生産に適した酵母の育種, 第 66 回日本生物工学会大会, 1P-211, 北海道 (2014.9).
- (2) 山崎思乃, 上田賢佳, 真田三希, 片倉啓雄, 酵母の固体培養における呼吸商を指標とした細胞状態の推定, 第 67 回日本生物工学会大会, 2P-214, 鹿児島 (2015.10).

【課題 14】製品イメージと消費者受容に関する心理学的研究 (*14 に対応する成果は以下の 6 件である)

- (1) 池内裕美, 苦情コミュニケーションの現状と課題: モンスター化する消費者と疲弊する対応者, 北海道損害保険代理業協会『公開講座』, 北海道 (2016.1).
- (2) 池内裕美, 苦情解決の現状と課題: モンスター化する利用者等と疲弊する対応者, 社会福祉法人大阪府社会福祉協議会 平成 27 年度 福祉サービス苦情解決研修会, 大阪 (2016.1).
- (3) 池内裕美, 苦情コミュニケーションの現状と課題: 苦情が起こる社会現象の構造とその対応について, UAゼンセン研修会, 東京 (2015.10).
- (4) 池内裕美, サービス・マーケティングと顧客対応: 感情労働者としての顧客対応に関する学問的視点とは?, 美容室経営学研究会, 大阪 (2015.9).
- (5) 池内裕美, 苦情行動の心理学: モンスター化する消費者と疲弊する対応者, 公益社団法人全国消費生活相談員協会平成 27 年度交流会, 北海道 (2015.8).
- (6) 池内裕美, モンスター化する消費者たち: 感情労働としての苦情対応, 日本菓子 BB 協会主催講演会, 兵庫 (2015.7).

<国際学会>

【課題 2】廃棄農産物エキスの免疫賦活効果の評価 (*2 に対応する成果は以下の 1 件である)

- (1) S. Yamasaki-Yashiki, A. Saika, J. Kunisawa, Y. Katakura, Intestinal IgA enhancement by three Lactobacilli through Toll-like receptor 2 activation on dendritic cells in the Peyer's patches, The 8th Asian Conference on Lactic Acid Bacteria, P-0-008, Bangkok, Thailand (2015.7).

【課題 3】高付加価値成分の評価系の確立と天然物からの探索 (*3 に対応する成果は以下の 3 件である)

- (1) N. Fukata, C. Yoneyama, T. Sumiyoshi, H. Kawahara, Y. Nagaoka, Control of melanogenesis by natural products derived analogs, 10th International Symposium in Science and Technology 2015, Bangkok, Thailand (2015.9).
- (2) T. Yokoo, C. Yoneyama, Y. Yoshimoto, S. Taketomi, T. Sumiyoshi, S. Uesato, Y. Nagaoka, Exploration of agents to control melanogenesis, 9th International Symposium in Science and Technology at Cheng Shiu University 2014, Kaohsiung, Taiwan (2014.8).
- (3) M. Tamano, Y. Yoshimoto, A. Kumagai, H. Takemori, I. Horibe, S. Uesato, Y. Nagaoka, 4'-O-Methylated flavones as enhancer of melanogenesis, 49th International Conference on Medicinal Chemistry (RICT 2013), Nice, France (2013.7).

【課題 4】高麗人参廃棄物からの有用物質の探索 (*4 に対応する成果は以下の 7 件である)

- (1) T. Sumiyoshi, Y. Yamai, K. Ishida, M. Shimizu, L. Zhu, K. Takeuchi, S. Uesato, Y. Nagaoka, Selective synthesis of 3,3-disubstituted oxindole and N-hydroxy oxindole via activation of carbonyl group by acid, The 10th International Symposium in Science and Technology 2015, Thailand (2015.8)
- (2) R. Iiji, K. Ishida, Y. Nagaoka, T. Sumiyoshi, Intramolecular macrocyclic cyclization by photo-affinity

法人番号	271014
プロジェクト番号	S1311043

reaction of benzophenone with alcohol, The 10th International Symposium in Science and Technology 2015, Thailand (2015.8).

- (3) R. Inoue, S. Takemoto, S. Oishi, M. Enari, S. Uesato, Y. Nagaoka, T. Sumiyoshi, Synthesis and biological evaluation of benzamide derivatives as p53-Mdmx interaction inhibitors, The 10th International Symposium in Science and Technology 2015, Thailand (2015.8).
- (4) S. Hiranaka, A. Hotei, Y. Nagaoka, T. Sumiyoshi Synthesis and biological evaluation of hybrid compounds of histone deacetylase inhibitor and histamine receptor blocker, The 10th International Symposium in Science and Technology 2015, Thailand (2015.8).
- (5) T. Sumiyoshi, Y. Nagaoka, S. Uesato, Y. Yamamoto, K. Tomioka, Molecular assembly and gelating behavior of didodecanoylamides of α,ω -alkylidenediamines, 9th International Symposium in Science and Technology at Cheng Shiu University 2014, LS-2, Kaohsiung, Taiwan (2014.8).
- (6) S. Takemoto, Y. Matsuura, S. Matsue, A. Kozatani, T. Sumiyoshi, Y. Nagaoka, M. Enari, S. Uesato, Synthesis and biological evaluation of benzamide derivatives as p53-MDMX interaction inhibitors, 9th International Symposium in Science and Technology at Cheng Shiu University 2014, LS-P-1, Kaohsiung, Taiwan (2014.8).
- (7) A. Hotei, Y. Hirata, G. Kubo, T. Sumiyoshi, Y. Nagaoka, S. Uesato, Synthesis and structure activity relationship study of benzamide derivatives as histone deacetylase inhibitors, 9th International Symposium in Science and Technology at Cheng Shiu University 2014, LS-P-2, Kaohsiung, Taiwan (2014.8).

【課題 5】ノビレチンを含む柑橘類外果皮の高付加価値化 (*5 に対応する成果は以下の 1 件である)

- (1) Y. Hirata, Y. Nagaoka, S. Uesato, HDAC1/2-Selective Inhibitor K-560 Exhibited a Cytostatic Anticancer Activity, 3rd Cancer Epigenetics Conference, San Francisco, USA (2013.11).

【課題 7】エノキタケからの接着タンパク質エキスと不凍多糖の製造とその機能性 (*7 に対する成果は以下の 1 件である)

- (1) Y. Matsuda, K. Fujikawa Y. Koide, N. Arai, H. Kawahara Antifreeze activity of xylomannan from *Flammulina veltipes*, Cryo2015, Czech (2015.7).

【課題 8】Hansen 溶解度パラメータを用いた有価成分抽出条件の設計 (*8 に対応する成果は以下の 2 件である)

- (1) K. Miyatake, T. Sato, S. Araki, H. Yamamoto, Temperature dependence of Hansen solubility parameters of polyethylene glycol, 13th Mediterranean Congress in Chemical Engineering, Barcelona, Spain (2014.9).
- (2) K. Miyatake, T. Sato, S. Araki, H. Yamamoto, Temperature dependence on Hansen solubility parameters of PMMA, 8th International Symposium in Science and Technology at Kansai University 2013, Osaka, Japan (2013.8).

<研究成果の公開状況> (上記以外)

シンポジウム・学会等の実施状況、インターネットでの公開状況等
ホームページで公開している場合には、URL を記載してください。

<既に実施しているもの>

A. シンポジウム・セミナー等

- (1) 「地域資源の高度利用を図るバイオリファイナリーの基盤形成とその実用化」キックオフセミナー, 関西大学梅きたラボラトリ(2013.10.25).
- (2) 関西大学技術交流セミナー2013 地域資源の高度利用を図るバイオリファイナリーの基盤形成とその実用化, 関西大学東京センター (2013.12.20).
- (3) 第 18 回関西大学先端科学技術シンポジウム「地域資源の高度利用を図るバイオリファイナリーの基盤形成とその実用化」, 関西大学 100 周年記念会館 (2014.1.24).
- (4) 第 19 回関西大学先端科学技術シンポジウム「地域資源の高度利用を図るバイオリファイナリーの基盤形成とその実用化」, 関西大学 100 周年記念会館 (2015.1.23).

URL: http://www.kansai-u.ac.jp/ordist/news/asset/smpo_panf19.pdf

法人番号	271014
プロジェクト番号	S1311043

- (5) 第 20 回関西大学先端科学技術シンポジウム「地域資源の高度利用を図るバイオリファイナリーの基盤形成とその実用化」, 関西大学 100 周年記念会館 (2016.1.22).

URL: <http://www.kansai-u.ac.jp/ordist/symposium/index.html>

- (6) 第 20 回関西大学先端科学技術シンポジウム「食品物性を制御するエノキタケエキス」, 関西大学 100 周年記念会館 (2016.1.21).

URL: <http://www.kansai-u.ac.jp/ordist/symposium/index.html>

B. 展示会等への出展

- (1) 食品開発展, 餡粕・コーヒー粕由来過冷却促進物質, コーヒーマンナン、エノキタケ由来接着タンパク質, 東京ビッグサイト (2013.10.9-11).
- (2) 食品開発展, 餡粕・コーヒー粕由来過冷却促進物質, エノキタケ由来接着タンパク質, 東京ビッグサイト (2014.10.8-10).
- (3) 食品開発展, 餡粕・コーヒー粕由来過冷却促進物質, エノキタケ由来接着タンパク質, 東京ビッグサイト (2015.10.7-9).
- (4) FOOMA JAPAN 2014 アカデミックプラザ, エノキタケ由来接着タンパク質, 東京ビッグサイト (2014.6.10-13).
- (5) FOOMA JAPAN 2015 アカデミックプラザ, 餡粕・コーヒー粕由来過冷却促進物質, 東京ビッグサイト (2015.6.9-12).
- (6) 第 4 回化粧品開発展, コーヒーマンナン、エノキタケ接着タンパク質, 東京ビッグサイト (2013.6.26).
- (7) 第 5 回化粧品開発展, エノキタケ接着タンパク質, 東京ビッグサイト (2014.10.22).
- (8) 第 6 回化粧品開発展, エノキタケ接着タンパク質, 東京ビッグサイト (2016.1.20).
- (9) ライフサイエンスワールド 2015 アカデミックフォーラム, 餡粕・コーヒー粕由来過冷却促進物質, 東京ビッグサイト(2015.5.13).

<これから実施する予定のもの>

A. シンポジウム・セミナー等

- (1) 第 21 回関西大学先端科学技術シンポジウム, 関西大学 100 周年記念会館 (2017.1).

B. 展示会等への出展

- (1) ライフサイエンスワールド 2016 アカデミックフォーラム, 餡粕・コーヒー粕由来過冷却促進物質, 東京ビッグサイト(2016.5.11-13).

14 その他の研究成果等

「12 研究発表の状況」で記述した論文、学会発表等以外の研究成果及び企業との連携実績があれば具体的に記入してください。また、上記11(4)に記載した研究成果に対応するものには*を付してください。

《 特 許 》

【課題 6】コーヒー粕からの過冷却促進物質とゲル化剤としてのマンナンの分離(*6 に対応する成果は以下の 2 件である)

- (1) 河原秀久, 片倉啓雄, 長岡康夫, 特願 2013-169606 「過冷却促進剤、過冷却促進剤の製造方法、抗凝固性組成物、及び、抗凝固性組成物の製造方法」
平成 25 年 8 月 19 日出願。

- (2) 河原秀久, 片倉啓雄, 特願 2013-010967 「界面活性剤及び界面活性剤の製造方法」
平成 25 年 1 月 24 日出願。

【課題 7】エノキタケからの接着タンパク質エキスと不凍多糖の製造とその機能性 (*7 に対応する成果は以下の 1 件である)

- (1) 河原秀久, 小出芳栄, PCT/JP2013/063296 「エノキタケ抽出物の製造方法および食品添加剤」
2013 年 5 月 13 日出願。

《 新聞報道 》

【プロジェクト全体について】

- (1) 片倉啓雄, 大西正豊, 「傷もの果実 食品・燃料に 関大が活用研究」, 朝日新聞, 2013 年 10 月 26 日付。

法人番号	271014
プロジェクト番号	S1311043

(2) 片倉啓雄, 山本秀樹, 河原秀久, 上里新一, 林順一, 「6次産業化へPJ研究 連携で地域資源活用目指す」, 食品科学新聞 2014年1月16日付.

【課題7】エノキタケからの接着タンパク質エキスと不凍多糖の製造とその機能性 (*7に対応する成果は以下の7件である)

- (1) 河原秀久, 「解凍後もおいしさそのまま エノキから抽出『不凍多糖』 カネカと関大」, 産経新聞 2014年10月3日付.
- (2) 「エノキタケで冷凍美味 カネカ・関大 成分量産化」, 読売新聞, 2014年10月3日付.
- (3) 河原秀久, 「エノキタケ由来不凍多糖 カネカ量産化に成功」, 日刊工業新聞, 2014年10月3日付.
- (4) 河原秀久, 「冷食の品質保つ添加材 カネカ、関西大などと開発 揚げ物・乳製品にも効果」, 日経産業新聞 2014年10月3日付.
- (5) 河原秀久, 「不凍多糖の量産に成功 関西大学河原教授 エノキから抽出 耐熱耐酸の改良剤として発売」, 食品化学新聞, 2014年10月9日付.
- (6) 河原秀久, 「接着タンパク質量産 一栄、関大と エノキタケ原料に」, 日本経済新聞, 2015年1月19日付.
- (7) 「高齢者向け しっとり「おいもぬくもりパン」産学連携でパン開発」, 大阪日日新聞, 2015年6月2日付.

【課題9】ハバネロ・ジョロキア(唐辛子類)からのカプサイシンの分離と応用 (*9に対応する成果は以下の2件である)

- (1) 山本秀樹, 「ハバネロ パスタ・焼肉ソース」, 朝日新聞, 2013年11月5日付.
- (2) 山本秀樹, 「養父市と関大、連携協定 教育・農業特区・・・協力へ」, 朝日新聞, 2014年8月5日付.

【課題10】柑橘類からの有価成分抽出技術をベースとした蜜柑塩の製造 (*10に対応する成果は以下の2件である)

- (1) 「ミカンと梅酢原料の塩 サンプル品完成」, 紀伊民報, 2016年2月8日付.
- (2) 山本秀樹, 「ミカンの香する塩 商品化へ『きてら』と関大が開発」, 紀伊民報, 2015年8月18日付.

【課題13】抽出残渣からのエタノール生産 (*13に対応する成果は以下の1件である)

- (1) 片倉啓雄, 「古紙や間伐材からバイオ燃料 酵母使い低コスト生産 関大や阪大」, 日本経済新聞, 2015年6月1日付.

《 TV 報道 》

【課題7】エノキタケからの接着タンパク質エキスと不凍多糖の製造とその機能性 (*7に対応する成果は以下の3件である)

- (1) テレビ東京「NEWS アンサー」, 「おいしいパンの秘密」, 2015年5月12日16時52分～17時20分放映.
- (2) TBS系列「ひるおび」, 「飲み込みやすいパン」, 2015年5月13日11時～13時50分放映.
- (3) 読売テレビ「かんさい情報ネット ten」, 若一調査隊「産学連携食品」介護食パン, 2015年7月29日16時47分～18時15分放映.

《 製品化 》

【課題7】エノキタケからの接着タンパク質エキスと不凍多糖の製造とその機能性 (*7に対応する成果は以下の3件である)

- (1) エノキタケ由来不凍多糖, 2014年10月上市, (株)カネカ.
- (2) エノキタケ由来接着タンパク質エキス, 2015年4月上市, (有)一栄.
- (3) らぼっぼベーカリー “おいもぬくもりパン”, 2015年5月11日発売開始.

【課題9】ハバネロ・ジョロキア(唐辛子類)からのカプサイシンの分離と応用 (*9に対応する成果は以下の1件である)

- (1) 養父市産ハバネロを用いた「但馬トマト・ハバネロドレッシング」, 「但馬の焼肉のたれ」, 「但馬のハバネロ パスタソース」, 「但馬のハバネロ 焼肉ソース」. [添付資料4]

《 その他 》

【課題9】ハバネロ・ジョロキア(唐辛子類)からのカプサイシンの分離と応用 (*9に対応する成果は以下の1件である)

(様式1)

法人番号	271014
プロジェクト番号	S1311043

- (1) 山本秀樹, 国家戦略特区 (兵庫県養父市: 農業特区) における農業再生と機能性測品の開発プロジェクト, 関西大学地域連携事例集, 2, 146-147 (2015).

15 「選定時」に付された留意事項とそれへの対応

<「選定時」に付された留意事項>

該当なし

<「選定時」に付された留意事項への対応>

該当なし

法人番号	271014
プロジェクト番号	S1311043

16 施設・装置・設備・研究費の支出状況(実績概要)

(千円)

年度・区分	支出額	内 訳						備考
		法人負担	私学助成	共同研究機関負担	受託研究等	寄付金	その他(科研費・助成金)	
平成25年度	施設	0						
	装置	64,995	32,498	32,497				
	設備							
	研究費	60,838	7,331	4,744		30,673	6,000	12,090 企業等
平成26年度	施設	0						
	装置	0						
	設備	0						
	研究費	79,781	15,316	8,921		32,680	11,300	11,564 企業等
平成27年度	施設	0						
	装置	0						
	設備	0						
	研究費	72,920	14,116	10,023		24,654	12,078	12,049 企業等
総額	施設	0	0	0	0	0	0	0
	装置	64,995	32,498	32,497	0	0	0	0
	設備	0	0	0	0	0	0	0
	研究費	213,539	36,763	23,688	0	88,007	29,378	35,703
総計	278,534	69,261	56,185	0	88,007	29,378	35,703	

※H27年度は予定額。

17 施設・装置・設備の整備状況(私学助成を受けたものはすべて記載してください。)

《施設》(私学助成を受けていないものも含め、使用している施設をすべて記載してください。)

(千円)

施設の名 称	整備年度	研究施設面積	研究室等数	使用者数	事業経費	補助金額	補助主体
関西大学ハイテク・リサーチ・コア	平成9年度	2640.0 m ²	32	520名	827,591	393,100	私学助成
第4学舎第4実験棟	平成2年度	5,036.77 m ²	26	2,095名	1,421,400	-	法人負担
第4学舎2号館 (研究棟及び実験棟)	昭和44年度	12,181.04 m ²	102	2,195名	550,647	-	法人負担

※ 私学助成による補助事業として行った新增築により、整備前と比較して増加した面積

0 m²

法人番号	271014
プロジェクト番号	S1311043

《装置・設備》(私学助成を受けていないものは、主なもののみを記載してください。)(千円)

装置・設備の名称	整備年度	型番	台数	稼働時間数	事業経費	補助金額	補助主体
(研究装置)							
プロテオーム解析・機能評価装置	15		1	週 20 h	48,999	24,499	私学助成
液体クロマト質量分析装置	15		1	週 15 h	44,499	22,249	私学助成
高付加価値素材成分分析システム	25	-	1	週 22 h	64,995	32,497	私学助成
(研究設備)							
天然物抽出分離システム	20	-	1	週 5 h	35,490	23,660	私学助成
高付加価値機能活性測定装置	20	-	1	週 10 h	30,000	20,000	私学助成
(情報処理関係設備)							
該当なし							

18 研究費の支出状況 (千円)

年 度	平成 25 年度		
小 科 目	支 出 額	積 算 内 訳	
		主 な 使 途	金 額
教 育 研 究 経 費 支 出			
消 耗 品 費	6,960	研究用物品	6,960
光 熱 水 費	764	電気代	764
通信運搬費	0		0
印刷製本費	60	研究成果報告書	60
旅費交通費	486	出張旅費	486
賃借料	110	会場使用料	110
報酬・委託料	443	講演料・調査費	443
(その他の雑費)	18	宿泊費	18
計	8,841		8,841
ア ル バ イ ト 関 係 支 出			
人件費支出 (兼務職員)	0		0
教育研究経費支出			
計	0		
設 備 関 係 支 出(1個又は1組の価格が500万円未満のもの)			
教育研究用機器備品	0		
図 書	0		
計	0		
研 究 ス タ ッ プ 関 係 支 出			
リサーチ・アシスタント	960	研究補助	960
ポスト・ドクター	2,274	共同研究者	2,274
研究支援推進経費	0		0
計	3,234		3,234

法人番号	271014
プロジェクト番号	S1311043

年 度	平成 26 年度		
小 科 目	支 出 額	積 算 内 訳	
		主 な 使 途	金 額
教 育 研 究 経 費 支 出			
消 耗 品 費	15,634	研究用物品	15,634
光 熱 水 費	902	電気代	902
通 信 運 搬 費	0		0
印 刷 製 本 費	60	研究成果報告書	60
旅 費 交 通 費	354	出張旅費	354
報 酬 ・ 委 託 料	387	講演料・分析委託費	387
(会 議 会 合 費)	15	会議費	15
(そ の 他 の 雑 費)	7	昼食代	7
計	17,359		17,359
ア ル バ イ ト 関 係 支 出			
人 件 費 支 出 (兼 務 職 員)	0		0
教 育 研 究 経 費 支 出 計	0		0
設 備 関 係 支 出 (1 個 又 は 1 組 の 価 格 が 5 0 0 万 円 未 満 の も の)			
教 育 研 究 用 機 器 備 品	410	研究用器具備品	410
図 書	0		0
計	410		410
研 究 ス タ ッ フ 関 係 支 出			
リサーチ・アシスタント	1,920	研究補助	1,920
ポスト・ドクター	4,548	共同研究者	4,548
研究支援推進経費	0		0
計	6,468		6,468

年 度	平成 27 年度		
小 科 目	支 出 額	積 算 内 訳	
		主 な 使 途	金 額
教 育 研 究 経 費 支 出			
消 耗 品 費	18,153	研究用物品	18,153
光 熱 水 費	808	電気代	808
通 信 運 搬 費	0		0
印 刷 製 本 費	60	研究成果報告書	60
旅 費 交 通 費	319	出張旅費	319
報 酬 ・ 委 託 料	2,494	講演料・分析委託費	2,494
(会 議 会 合 費)	6	会議費	6
()			
計	21,840		21,840
ア ル バ イ ト 関 係 支 出			
人 件 費 支 出 (兼 務 職 員)	0		0
教 育 研 究 経 費 支 出 計	0		0
設 備 関 係 支 出 (1 個 又 は 1 組 の 価 格 が 5 0 0 万 円 未 満 の も の)			
教 育 研 究 用 機 器 備 品	0		0
図 書	0		0
計	0		0
研 究 ス タ ッ フ 関 係 支 出			
リサーチ・アシスタント	1,920	研究補助	1,920
ポスト・ドクター	379	共同研究者	379
研究支援推進経費	0		0
計	2,299		2,299

法人番号	271014
プロジェクト番号	S1311043

学 校 法 人 名	学校法人 関西大学	大 学 名	関 西 大 学
研究プロジェクト名	地域資源の高度利用を図るバイオリファイナーリーの基盤形成とその実用化		

平成 25 年度選定
「私立大学戦略的研究基盤形成支援事業」
研究進捗状況報告書

添 付 資 料

資料 1 内部評価資料

資料 2 外部評価資料

資料 3 技苑「プロジェクト研究報告概要」

資料 4 製品パンフレット

資料1-1.

「私立大学戦略的研究基盤形成支援事業」に係る
研究プロジェクトの進展状況チェックシート

(評価者)

プロジェクト名: 地域資源の高度利用を図るバイオリファイナリーの基盤形成とその実用化	
研究期間: 平成 25 年度 ~ 平成 29 年度	研究代表者(評価責任者): 片倉 啓雄
評価対象期間: 平成 25 年 4 月 ~ 平成 26 年 9 月	評価日: 平成 26 年 9 月 16 日

上記の評価対象期間における本研究プロジェクトの研究進捗状況等は、以下のとおりである。

1.研究組織について

①研究プロジェクトを効率的・効果的に遂行するための責任ある研究体制となっているか。

■はい【 高付加価値成分発掘を更に充実するため、天然物薬理、腸管免疫応答を専門とする教員 2 名を追加した。 】

□いいえ【理由と対応策

】

②研究者間・研究チーム間の調整・連携はとられているか。

■はい【 メールによる情報交換、インターネットによるデータ共有、2~3か月に一度のミーティングを行っている。】

□いいえ【理由と対応策

】

③研究支援体制は整っているか。

■はい【 協力企業(農業法人きてら)などから試験試料の提供を受けており、自治体(和歌山県、田辺市)の協力も得ている。
養父市では農業特区の事業にも参画し、試験栽培・抽出・試作を行っている。 】

□いいえ【理由と対応策

】

④大学院学生・PD 等を活用し、若手研究者の育成を行っているか。

■はい【 PD1 名、RA2 名の他に、院生10名がプロジェクト関連のテーマに従事している。 】

□いいえ【理由と対応策

】

⑤共同研究機関等との連携はとられているか。

■はい【 医薬基盤研究所に PD、院生、学部生を派遣し、抽出物の機能性に関する研究を行っている。 】

□いいえ【理由と対応策

】

2.研究施設・設備等の利用について

①研究施設の整備、プロジェクトに適合した装置設備の整備、装置・設備の利用はなされているか。

■はい【 高付加価値素材成分分析システムはプロジェクトに従事する院生が頻繁に使用している。 】

□いいえ【理由と対応策

】

3.研究計画の進捗(達成)状況、これまでの研究成果等について

①構想調書提出時(中間評価を終えた拠点では進捗状況報告書提出時)の計画と対比して、研究は進展しているか(達成度)

■はい【 パナナに抗腫瘍作用、焦げ味噌にメラニン産生抑制作用、栗の渋皮エキスに創傷治癒活性を見出した。また、Hansen の溶解度パラメーターに基づいて最適な溶媒を設計できることを示した。 】

□いいえ【理由と対応策

】

②当初計画と差異が生じているか。

生じていない

■生じている【理由と対応策 ミカンについては予定通り研究を進めたが、市場調査と予備調査の結果、小豆、栗の渋皮、コーヒー粕が有望と考えられたので、イチジク、キャベツは中止しこれらについて研究を進めた。】

③克服すべき問題点は生じているか。

生じていない

■生じている【理由と対応策 ミカンについては、単品で採算がとれそうなアイテムが今のところ見つかっていない。市場調査に基づく用途開発を継続して行い。複数のアイテムを抽出してコストを下げる方向で進める。】

④今後の研究方針(最終年度の場合は、期間終了後の展望)は確立しているか。

■はい【方策について 関西大学として養父市の農業特区に参画し、農業製品の開発および販売を行う。】

いいえ【理由と対応策

】

⑤構想調書に記載したメンバー全員の研究成果は公開されているか。

はい【状況について

】

■いいえ【理由と対応策 一部、知財の関係、および、進捗の関係で公開できていない。市場調査結果はその性格上、上市まで公開しない方針だが、概要はホームページで公開する予定。】

4.評価体制について

①自己評価は実施しているか。

■はい【 定例ミーティングにおいてメンバーが相互に批判的に評価し、率直な意見交換をしている。 先端科学シンポジウムで成果を公開している。】

いいえ【理由と対応策

】

②外部評価は実施しているか。

■はい【 キックオフセミナーを関西と関東で開催してプロジェクトの方針を説明し、評価委員及び参加者から助言を受けた。】

いいえ【理由と対応策

】

※3年目及び5年目の年度当初のみ、外部評価結果の概要を添付してください。

③評価結果を反映しているか。

■はい【 キックオフセミナーで参画を希望した企業に対して聞き取り調査を実施した。】

いいえ【理由と対応策

】

5.外部の研究資金の導入状況について

①当該プロジェクトに関連する受託研究等、指定寄付、科研費等について獲得しているか。

■はい【 総務省地域経済循環創造事業、養父市地域産業連携支援補助対策事業、学外共同研究費9件】

いいえ【理由と対応策

】

6.留意事項への対応について

①採択時の意見または留意事項への対応について(該当の有無)

はい【対応内容:

】

■いいえ

②中間評価時の留意事項について(中間評価を終えた拠点のみ) (該当の有無)

はい【対応内容:

】

いいえ

7.特記事項

研究者の変更が生じた場合はその旨を記入

【 有用成分生体活性成分の探索を充実するため、住吉孝明准教授、山崎思乃助教をメンバーに加えた。 】

※用紙が足りない場合は適宜複写してください。

外部資金審査・評価部会からの意見等

平成 26 年 12 月 22 日

研究代表者

先端科学技術推進機構

化学生命工学部

片倉 啓雄 教授

研究推進委員会 外部資金審査・評価部会長

(戦略的研究基盤形成支援事業関係)

前田 裕

研究代表者の先生におかれましては、ご多用中、種々ご協力をいただき、誠にありがとうございます。

貴プロジェクトにおかれましては、平成 27 年度に中間評価を迎えることとなりますので、学内における研究プロジェクト支援（進捗管理）の一環として「進捗状況チェックシート」及び「研究成果の概要（3年目）」をご提出いただきました。

外部資金審査・評価部会において、研究の進捗状況について検討させていただきました結果、各委員から以下のようなご意見を頂きましたので、ご報告申し上げます。

なお、今回は、専門的な研究内容よりも、共同研究としての組織的な取組みが行われているかどうかという観点を中心に検討いたしました。

研究進捗状況報告書作成に際して、これらの意見をもとに、ご対応いただければ幸いです。

記

項目	コメント
1. 研究組織 について	特に問題はないと思料する。
	適正である。
	特に問題視すべき点はみられないと考えます。特記事項にもあるように新たな研究者を加えられており、積極的に研究を推進されていると考えられます。 企業等とも協力・連携されておられ、成果が期待されます。ただし、現時点での発表論文や学会発表では必ずしも連携の成果が示されておらず（謝辞等には入れておられると思いますが）、今後そのような動きがあればよいのではないかと考えられます。また、「消費者心理」という切り口もされておられますが、現時点で連携や協力がなされているか判断できません。
2. 研究施設・設備等について	特に問題ないと思料する。
	有効利用されている。
	過去に同じ経費で実施した研究を継承した研究とのことで、その際に導入された装置や今回導入された装置を活用しておられます。

外部資金審査・評価部会からの意見等

3. 研究計画の進捗（達成）状況・研究成果等について	<p>問題点も明らかとなっており、その問題点も特に大きなものでない。</p> <p>本学教員がこのプロジェクトで出した結果で論文投稿や学会発表を行っているのかどうか、タイトルを見ても明確にわからない。また、工業的試みの高さは理解できるが、学術的価値は分かりにくい。</p>
	<p>一部研究計画を変更しているものの、学術誌、国際学会、口頭発表などで成果は多数公開されており、順調に推移していると判断する。</p>
	<p>申請書によれば、初年度は主に課題抽出に充てられる予定であり、実際に課題抽出を行って研究ターゲットを精査・変更されたのはよいと思います。</p> <p>研究自体は予定通り進捗させておられるようですが、実用化にかかる部分が報告書では読み取れません。本年度中に何品目かを上市される予定とのことで、発表等を抑えられているのかもしれませんが、計画にある「商品デザイン」や「製造工程の確立」がどの程度進んでいるのか、非常に期待しています。その際には、地域連携や文理連携の状況も判断できると思います。</p>
4. 評価体制について	<p>特に問題ないと思料する。</p>
	<p>適正である。</p>
	<p>予定された外部評価に先だって、キックオフセミナーで外部からの意見を聞かれたことはよいと思います。</p>
5. 外部の研究資金の導入状況について	<p>科研費の採択が無いようであり、問題である。</p>
	<p>順調である。</p>
	<p>本研究に密接な関連のある組織、団体から外部資金を得られていることは、本研究が意義のあるものであることを示していると思います。</p>
6. 留意事項への対応について	<p>(該当しない)</p>
7. 特記事項について	<p>問題はない。</p>
	<p>研究の進捗にあわせて、新たな研究者を加えられており、積極的に研究を推進されていると考えられます。</p>
8. 総合所見	<p>プロジェクトの工業的意味は分かるが、学術的価値が分かりにくい。</p> <p>本学教員が第一著者となる本プロジェクトに関する論文がどれなのか、タイトルを見る限りわかりにくい。</p>
	<p>研究計画変更、克服すべき問題点が発生するなど、当初計画が不十分であった感があるが、公開された成果も多くあることから、今後、問題点を克服し進めていただくことを期待します。</p>
	<p>まだ、研究開始から1年半がたった段階で評価は難しいのですが、おおむね順調に研究が進行している、と考えられます。</p>

外部資金審査・評価部会からの意見等

この研究費の趣旨から考えて、研究期間終了後の「研究基盤」の活用・発展の観点が必要だと思われます。過去に同じ経費で実施した研究を継承した研究とされておられます。過去の研究で研究基盤形成を目指した上で、本研究がなぜ必要だったのか、そして見合うだけの成果はあがったのか、が最終的には問われると思われま

す。申請書では、かなりのアイテムを上市されることになっており、本研究採択の際も、そのことへの期待は大きいものと思われま

す。地域連携などの面で積極的に研究を推進されておられることに感服しておりますが、「商品の実用化までを実現できる研究基盤の形成」に期待しております。

以 上

資料2-1.

外部評価表「地域資源の高度利用を図るバイオリファイナリーの基盤形成とその実用化」

委員名	項目	評価記号	項目に関するコメント	コメント
梶山 慎一郎 <small>(近畿大学 生物理工学部 生物工学科 生体機能物質工学講座 教授)</small>	1	4		・本プロジェクトは、当初の計画に沿って着実に進展しているか？ 計画はおおむね順調に推移していると考え。個々の取り扱う題材に関して、計画書に記載された順番と異なる点が見られたり、計画書には記載のない農産物の利用の検討が行われたりしているが、これはむしろ研究推進を考えると好ましいと考える。
	2	4		・特にすぐれている点 単なる機能性・生産プロセスの学術的検討にとどまらず、市場動向調査や商品開発にまで検討対象を広げ、実際に商品を生み出している点は高く評価できる。また、プロジェクトに携わっている構成員のチームワークが良く、一体感があることも評価できる。
	3	留意事項なしのため評価せず		・問題点・今後の課題 今後、本プロジェクトの最大の特徴であるバイオリファイナリー、すなわち「天然素材・農業素材を余すことなく使い尽くす」という点がさらにアピールできるアウトプットが期待される。また、本プロジェクトが成功例、模範例となるためには、すでに開発が完了したものを含め、今後商品化やアウトプットとしての製品ができつつあるものについても、LCA解析などを通して、本当にコスト的にあるいは環境問題の上から有利になるのか等の検証も必要だと考える。
	【総合評価】	3		・期待される研究成果 今後の課題で指摘したように、単なる特産作物、農業作物あるいは、天然物の利用およびその生産に関する研究だけでなく、バイオリファイナリーを意識した研究の進展、具体的には、例えば、残渣のバイオ燃料への転換などに経済的にもめどが立つ研究成果が期待される。
内山 東平 <small>(株式会社ジェネクス・ソリューションズ・ジャパン 副社長)</small>	1	4		・本プロジェクトは、当初の計画に沿って着実に進展しているか？ 報告資料の拝読からは、計画通り進捗していると思われず。
	2	4		・特にすぐれている点 オープンイノベーションによるアプローチと、農商工連携による食品廃棄物の高付加価値資源化
	3	4		・問題点・今後の課題 事業化と、事業の継続性
	【総合評価】	4		・期待される研究成果 発展途上国向け国際支援策としての可能性
川村 公人 <small>(アサヒグループホールディングス株式会社 生産担当役員付 マネージャー)</small>	1	3+		・本プロジェクトは、当初の計画に沿って着実に進展しているか？ (1)査読付き論文発表が一部の先生に偏っている等、研究の進捗にバラツキが出ている。このまま進むと遅れているグループに相当の負荷がかかると予想されるため、全体進捗のフィードバックが必要。 (2)H27年度に設計する実製造設備基礎データ構築状況が見えない。現時点でスケールアップファクターが見えていなければ、H28年度に開始予定の実生産に間に合わない可能性が大きい。
	2	2+	別記参照 ^{※1}	・特にすぐれている点 単に機能性物質を開発するのみならず、社会学部と協働で社会システムの観点から研究を進めている点は素晴らしい。特に昨今問題となっている消費者のモニター化は、日本特有の異常な事態であり、この社会システムの課題を解くことは、機能性食品以外にも東北地方の風評等、矮小な視点に立脚した「ド底辺クレイマー」問題解決に有効であると期待できる。
	3	3+	別記参照 ^{※2}	・問題点・今後の課題 (1)機能性素材開発に際し、物質同定、物質変換プロセス確定、作用機序の解明が例外なく必要である。 (2)実業を旨とする関大の主義に則り、実験室レベルから実業レベルに移行する際、必要となるスケールアップファクター、単位操作条件等、定量的に整理した上で速やかに実プロセス設計への移行が必要。 (3)バイオリファイナリー実現へ向けた最終残渣に関する研究成果の発表が求められる。 (4)最終着地点を見据えて、バイオリファイナリー構築要件を絞り込むことも必要かもしれない。
	【総合評価】	3-		・期待される研究成果 バイオリファイナリーは人間社会継続の必須要件であるため、細くても最後まで繋げることが肝要と考える。

※1 本年4月より消費者庁主導で開始された「機能性表示食品」の許認可要件として、機能性物質の同定に加え、作用機序の解明並びにエビデンス(査読付き論文発表)構築が求められております。本件は、PJ成立以降の周辺情報ではありますが、本PJ成果物の市場導出のためには、当該研究を至急進める必要があります。そのために、初期計画にある作業機序の解明は不可避でありますので、ご確認願います。

※2 留意事項は無いと認識しておりますが、【2】項に記載した通り機能性食品表示のレギュレーションが特定保健食品と同程度となっておりますので、この部分に対する対応をご検討ください。

【評価項目について】
それぞれの評価項目は以下の通りです
1 研究組織(研究の実施体制)の適切性
2 研究プロジェクトの進捗状況・研究成果
3 その他
総合評価

【評価記号について】
それぞれの評価項目の<評価記号>欄は下記の1~4を用いて記入されています
4 研究活動設定された目的は十分達成され、期待以上の成果があがっている
3 設定された目的は概ね達成され、期待通りの成果があがっている
2 設定された目的はある程度達成されている
1 設定された目的は十分には達成されていない

資料2-2.

外部評価票 (見本)

○評価の対象となるプロジェクト

- ・ 選定年度：平成25年度
- ・ 種別：文部科学省選定私立大学戦略的研究基盤形成支援事業

研究組織名： 地域密着型バイオリファイナリーユニット

プロジェクト名：「地域資源の高度利用を図るバイオリファイナリーの基盤形成とその実用化」

○評価者氏名： _____ 印

○評価年月日：平成 年 月 日

標記のプロジェクトについての評価結果は、以下の各評価項目に記載したとおりである。

【評価項目】

【1】 研究組織（研究の実施体制）の適切性

（着眼点）

- ・ 研究代表者の役割を含め、各研究者の役割分担や責任体制は明確であるか
- ・ 大学院生・PD等、若手研究者の活用を行っているか
- ・ 共同研究者間・研究チーム間の連携状況は適切か
- ・ 大学の研究支援体制は適切か

<評価記号> ____

【2】 研究プロジェクトの進捗状況・研究成果

（着眼点）

- ・ 当初の全体計画（構想調書）に沿って、研究活動は着実に進展しているか
- ・ 当初の計画段階から変更が生じている場合は、合理的な理由等が説明されているか
- ・ このプロジェクトのために整備した研究装置・施設・研究設備等は十分活用されているか
- ・ これまでの研究成果に対する評価
- ・ 研究成果の公開状況（予定を含む）は適切か
- ・ 研究費は、研究目的・研究計画に沿って、効果的かつ適切に使用されているか

<評価記号> ____

（裏面につづく）

【3】 その他

(着眼点)

- ・ 選定時に通知された留意事項への対応は適切に行われているか（留意事項が付されている場合のみ該当）
- ・ その他、特筆すべき事項があればご記入ください。

<評価記号> ____

【総合評価】

(着眼点)

- ・ 本プロジェクトは、当初の計画に沿って着実に進展しているか

<評価記号> ____

<コメント欄>

- ・ 本プロジェクトは、当初の計画に沿って着実に進展しているか

- ・ 特にすぐれている点

- ・ 問題点・今後の課題

- ・ 期待される研究成果

[評価記号について]

次の1～4を用いて、それぞれの評価項目の<評価記号>欄にご記入願います。

- 4 研究活動設定された目的は十分達成され、期待以上の成果があがっている
- 3 設定された目的は概ね達成され、期待どおりの成果があがっている
- 2 設定された目的はある程度達成されている
- 1 設定された目的は十分には達成されていない

以上

平成25年度 技苑「プロジェクト研究報告概要」

戦略的研究基盤形成支援事業プロジェクト

地域資源の高度利用を図るバイオリファインリーの
基盤形成とその実用化

研究代表者：片倉 啓雄
 研究担当者：上里 新一・長岡 康夫・河原 秀久・大西 正曹・
 池内 裕美・山本 秀樹・林 順一・竹森 洋・
 橘田 浩二

1. 本プロジェクトの目的

片倉啓雄*

1.1. 一次産業の現状

農業をはじめとする一次産業においては、一般に利益率は低く、地域経済も低迷し、後継者問題も生じている。さらに、日本がTPP（環太平洋戦略的経済連携協定）に参加することになれば、海外からの安価な農林水産製品によって壊滅的な状況に追い込まれる一次産業も少なくない。このため、農業者自身が加工（第二次）及び流通・販売（第三次）も企画・実施して利益を得る六次産業化が推奨されている。この際、農業者自身が全ての工程を担うのではなく、その地域の工業生産者、さらには商業者とも連携して、付加価値の高い商品を産み出し、販売するシステムも構築されている。この取組みは、農商工連携と呼ばれて、多くの地域で多様な取り組みが試みられているが、その多くは農産物の加工に留まり、高付加価値製品を上市するには至っていない。

1.2. 日本のバイオマス利用の現状

化石資源を温存し、地球温暖化を防止するため、再生可能なバイオマスからの燃料や有用化学品の生産が注目されている。この技術あるいはシステムはバイオリファインリーと呼ばれ、石油精製プラントのように、原料を余すことなく使い切る、という意味も含まれている。日本では、単位耕作面積あたりのバイオマス収穫量が少なく、農地も分散しているため、大規模化にはバイオマス収集のために少なからぬ輸送エネルギーとコストが発生するが、かと言って、耕作地近辺での地域分散型小規模生産では採算を取ることは難しい。

1.3. 本プロジェクトの目的

本プロジェクトは、理系・文系教職員の得意技持ち寄

り型のオープンイノベーションによって、地域の一次生産物（規格外農産物や加工残渣）から複数の高付加価値物を抽出して製品化すると同時に、残渣からエタノールと機能性活性炭を生産することにより、バイオリファインリー的な総合利用を実現する。

2. Hansen溶解度パラメータを用いた落花生の種皮からのポリフェノール類の抽出特性に関する研究

山本秀樹**

2.1. 緒言

食品加工工程から排出される廃棄物には、天然生理活性物質が含まれている。近年、天然生理活性物質に含まれる機能性物質や抗酸化物質などの生体調整機能が注目されており、栄養補助食品として利用するための分離方法および分離装置の開発が求められている。落花生加工工程から排出されている落花生の種皮には、抗酸化物質として注目されているレスベラトロールを初めとするポリフェノールが豊富に含まれていることが明らかになっている。

本研究では、落花生の種皮からのポリフェノールの抽出分離を検討した。抽出分離する際の溶媒選択には溶解性評価に用いられるHansen溶解度パラメータ（以下HSP）に着目した。落花生の種皮に含まれるポリフェノールであるレスベラトロールのHSPを算出し、種々の溶媒に対する溶解性を評価した。

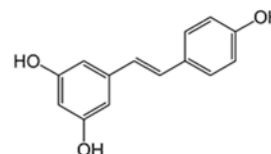


Fig. 1 Chemical structure of resveratrol

* 化学生命工学部教授 博士（農学）

** 環境都市工学部教授 博士（工学）

2.2. 理論

2.2.1. Hildebrandの溶解度パラメータ

溶解度パラメータとは溶解性を評価する指標として正則溶液論に基づいた溶解エネルギーの式からJ. Hildebrand¹⁾が凝集エネルギー密度の項である $(\Delta E^V/V)^{1/2}[(J/cm^3)^{1/2}]$ を δ と定義した値である。

$$\delta_T = \left(\frac{\Delta E^V}{V} \right)^{1/2} \quad (1)$$

ここで、Vはモル分子容[cm³/mol]、 ΔE^V はモル蒸発エネルギー[kJ/mol]を示す。

2.2.2. Hansenの溶解度パラメータ

C. M. Hansen²⁾は溶液中の溶質-溶媒間の相互作用としてLondon分散力、双極子間力および水素結合力の3つが主に作用しているとし、HildebrandのSP値を3つの凝集エネルギー密度の項に分割し、Hansen溶解度パラメータを提案した。

$$\delta_T = \left(\frac{\Delta E^V}{V} \right)^{1/2} = \left\{ \left(\frac{\Delta E_d^V}{V} \right) + \left(\frac{\Delta E_p^V}{V} \right) + \left(\frac{\Delta E_h^V}{V} \right) \right\}^{1/2} \quad (2)$$

$$= (\delta_d^2 + \delta_p^2 + \delta_h^2)^{1/2} \quad (3)$$

添字d、pおよびhは、それぞれ溶解度パラメータのLondon分散力項、双極子間力項および水素結合力項を表している。

Hansenは、溶質(P)を溶媒(S)中へ溶解させる場合、(3)式で定義される3つの相互作用力項を用いて、(4)式で計算される R_a が小さいほど溶解性が良好であることを導いている。

$$R_a = \left(4(\delta_{d,p} - \delta_{d,S})^2 + (\delta_{p,p} - \delta_{p,S})^2 + (\delta_{h,p} - \delta_{h,S})^2 \right)^{1/2} \quad (4)$$

HSPの各項の極性バランスを百分率で表したものを寄与率と呼び、(5)式で表される。三角線図上に各寄与率をプロットすることで溶解性の推測が可能になる。

$$f_d = \frac{100\delta_d}{\delta_d + \delta_p + \delta_h}, \quad f_p = \frac{100\delta_p}{\delta_d + \delta_p + \delta_h}, \quad f_h = \frac{100\delta_h}{\delta_d + \delta_p + \delta_h} \quad (5)$$

2.2.3. van Krevelen & Hoftyzer法

D. W. van KrevelenとP. J. Hoftyzerは、Hansen溶解度パラメータの分散相互作用、双極子相互作用がグループの種類と数に依存していると考え、式とパラメータ F_d 、 F_p および F_h を提案した³⁾。

$$\delta_d = \frac{\Sigma F_{di}}{V}, \quad \delta_p = \frac{\sqrt{\Sigma F_{pi}^2}}{V}, \quad \delta_h = \frac{\sqrt{\Sigma E_{hi}}}{V} \quad (6)$$

2.3. 実験方法

2.3.1. 溶解度パラメータの算出

van Krevelen & Hoftyzer法を用いてレスベラトロールのHSPの算出を行った。算出したレスベラトロールのHSPをもとに、(4)式を用いて種々の溶媒とレスベラトロールの R_a を算出した。実験に使用した各溶媒のHSPはHansenの文献値を用いた。

2.3.2. ポリフェノール抽出実験

落花生の種皮1.0gをエルレンマイヤーフラスコに採取し、抽出溶媒50cm³を加えた。恒温振盪器(IWAKI(株)SHK-1018)を用いて、振盪温度313K、抽出時間60min、振盪速度130rpmの条件下で振盪抽出を行った。抽出溶媒には1-プロパノール、エタノール、アセトン酢酸エチルおよびヘキサンを用いた。振盪後、吸引濾過により落花生の種皮抽出液を採取した。抽出液から1cm³をシャーレに採取し自然乾燥させた。

2.3.3. レスベラトロールの定量分析

レスベラトロールの定量分析には高速液体クロマトグラフ(株島津製作所Prominence)(以下HPLC)、カラム: ODS-3 4.6×250mm)を用いた。測定条件はカラム温度313K、流速1.0cm³/min、測定波長280nmである。溶離液はメタノール:純水=20:80(v:v)に調製したものをを用いた。レスベラトロールの濃度測定用サンプルは、レスベラトロール抽出液から1cm³をシャーレに採取し天日乾燥した後、残留物質を30cm³に溶解させ、0.45μmフィルターで濾過したものを試料溶液とした。検量線の作成には、レスベラトロール標準試薬を溶離液に溶解させ、所定量に調整し標準溶液とした。

2.3.4. 総ポリフェノール定量分析

総ポリフェノールの定量にはFolin-Denis法を用いた。Folin-Denis法はフェノール性水酸基の還元力を利用してモリブデン酸の還元力で生じる青色を比色測定するポリフェノール定量法である。乾燥後の試料を20vol%メタノール水溶液10cm³に溶解させサンプル液とした。フェノール試薬を蒸留水で4倍希釈し調製した。炭酸ナトリウムを蒸留水に溶解させ、0.4M炭酸ナトリウム水溶液を調製した。サンプル液0.2cm³、蒸留水0.8cm³、フェノール試薬1cm³、0.4M炭酸ナトリウム水溶液5cm³を試験管中に加え攪拌した後、室温で30min静置した。蒸留水0.2cm³を同様に処理した試料溶液を基準にして、760nmの吸光度を紫外可視分光光度計(島津製作所(株)UT-205HS)を用いて総ポリフェノールを定量した。

2.4. 実験結果および考察

2.4.1. HSPの算出結果

Table 1 に(5)式を用いて算出したレスベラトロールのHSPと、実験に用いた各純溶媒のHSPを示す。算出したレスベラトロールのHSPは、 $\delta_T=27.5(\text{J}/\text{cm}^3)^{1/2}$ 、 $\delta_d=19.2(\text{J}/\text{cm}^3)^{1/2}$ 、 $\delta_p=5.3(\text{J}/\text{cm}^3)^{1/2}$ 、 $\delta_h=19.1(\text{J}/\text{cm}^3)^{1/2}$ であった。また、(4)式を用いて算出したレスベラトロールと各純溶媒との R_a の値も同様に示す。

Table 1 Hansen's solubility parameter of solvents and resveratrol

substance	δ_d [(J/cm ³) ^{1/2}]	δ_p [(J/cm ³) ^{1/2}]	δ_h [(J/cm ³) ^{1/2}]	δ_T [(J/cm ³) ^{1/2}]	R_a [(J/cm ³) ^{1/2}]
Resveratrol	19.2	5.3	19.1	27.5	
1-Propanol	16.0	6.8	17.4	24.6	6.7
Ethanol	15.8	8.8	19.4	26.5	7.6
Ethyl Acetate	15.8	5.3	7.2	18.2	13.6
Acetone	15.5	10.4	7.0	19.9	15.0
Hexane	14.9	0.0	0.0	14.9	21.5

Figure2 に、各溶媒とレスベラトロールとのHSPの値を用いてプロットした三次元図を示す。Figure3 に、(5)式を用いて算出したレスベラトロールと各純溶媒のHSPの寄与率を三角線図上にプロットしたものを示す。抽出量の予測は、1-プロパノール>エタノール>酢酸エチル>アセトン>ヘキサンであった⁴⁾。

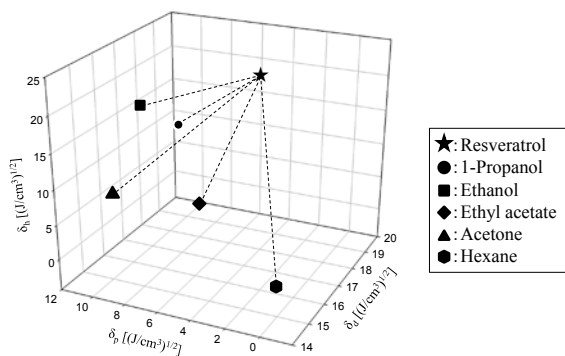


Fig. 2 3-Dimensional plot of Hansen's solubility parameter for solvents and resveratrol

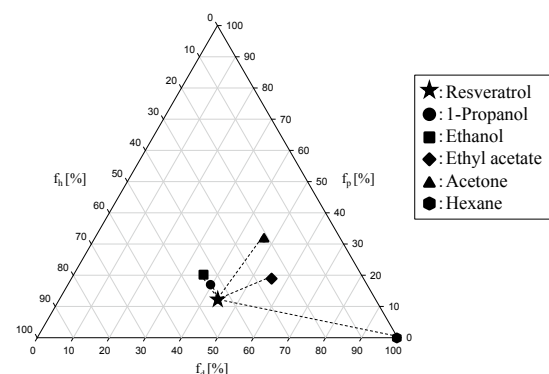


Fig. 3 Triangular diagram of Hansen's solubility parameters for solvents and resveratrol

2.4.2. レスベラトロールの抽出特性

Figure4 に各溶媒を用いたときのレスベラトロール抽出実験結果を示す。Figure4 の結果からレスベラトロールの抽出量が、1-プロパノール>エタノール>酢酸エチル>アセトン>ヘキサンの順番に高い結果が見られたことから、HSPの予測結果と一致していることが確認できた。

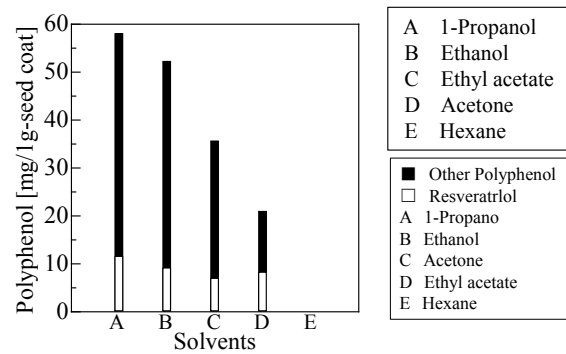


Fig. 4 Amount of extracted resveratrol for each solvent

2.4.3. 総ポリフェノールの抽出特性

Figure5 に各溶媒を用いたときの総ポリフェノール抽出実験結果を示す。Figure5 の結果から総ポリフェノールの抽出量が、1-プロパノール>エタノール>アセトン>酢酸エチル>ヘキサンの順に高くなることが確認できた。Figure5 の結果から、1-プロパノールがレスベラトロールを含む落花生の種皮からの総ポリフェノール抽出量が最も多いことを確認できた。

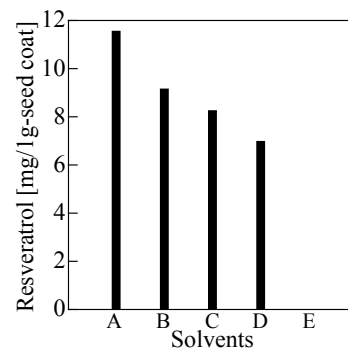


Fig. 5 Amount of extracted polyphenol for each solvent

2.5. 結言

種々の溶媒を用いて落花生の種皮からのポリフェノールの抽出実験を行った。各溶媒を用いたレスベラトロールの抽出量は、1-プロパノール>エタノール>酢酸エチル>アセトン>ヘキサンの順番であった。SP値による予測と抽出量は、概ね一致する傾向があることを確認できた。総ポリフェノール定量実験結果から、1-プロパノールがレスベラトロールを含む落花生の種皮からのポリ

フェノール抽出に最も適していると考えられる。

参考文献

- 1) J. Hildebrand, *et al.*, The Solubility of Nonelectrolytes, 3rd Edition (1950).
- 2) C. M. Hansen, Hansen Solubility Parameters, A User's Handbook Second Edition (2007).
- 3) D. W. van Krevelen, *et al.*, Properties of Polymers 2nd Edition (1976).
- 4) Yamamoto Hideki, *et al.*, J. Chem. Eng. Japan, 39, 777-782 (2006).

3. 柑橘類果皮成分とヒト非小細胞肺癌化学療法剤との併用効果について

上里新一*

3.1. はじめに

日本において、肺癌は、男性の場合がん死亡原因の1位であり、女性の場合2位である。肺癌は大きく分けて、小細胞肺癌と非小細胞肺癌とに分かれる。後者は、がん患者全体の約8割を占めている。非小細胞肺癌は、がん化学療法剤や放射線療法に対する感受性が低く、治療が困難である。近年、特定の遺伝子の変異や異常がある患者、例えば、変異型EGFRや融合遺伝子EML4-ALKをもつ患者に対しては、それぞれ、ゲフィチニブ¹⁾ やクリゾチニブ²⁾ などの分子標的抗がん剤が第一選択薬として使用され、優れた臨床効果を発揮している。その他、これらの異常遺伝子を持たない非小細胞肺癌に対しては、5割弱の患者にpaclitaxel (PTX) とcarboplatin (CBDCA) の化学療法剤2剤併用療法が適用される^{3,4)}。しかし、腎障害、肝障害、神経障害、嘔吐、脱毛等の副作用があり、投薬を拒否する患者が半数にも及ぶといわれている。そのため、上記化学療法剤2剤との併用で効果を高め、且つ、化学療法剤の投与量を減らして副作用を軽減させる第3の化合物の創出が求められている。筆者は、シーズニングや健康飲料水として利用される沖縄産柑橘類シークァーサーの果皮に含まれる抗がん活性成分nobiletin (NOB) に注目した。NOBは、ポリメトキシフラボノイドの一種で抗がん作用や抗炎症作用、血糖値上昇抑制作用などの身体に有益な作用をもたらす化合物である⁵⁻⁹⁾。NOBを上記化学療法剤と併用すれば、副作用が軽減し、治療成績が向上するのではないかと考えた。本研究では、2種類のヒト非小細胞肺癌株A549、H460株を用いて、NOBと化学療法

剤との併用が抗がん効果に及ぼす影響、並びにその作用機序を解明することを目的とした。

3.2. シークァーサー成分と化学療法剤との併用によるA549細胞またはH460細胞増殖に対する影響—イソボログラムを用いた検討

がん化学療法剤 (PTXとCBDCA) とNOBまたはシークァーサー粉末 (NOB3.3%を含有) を組み合わせて、A549またはH460細胞株培養液に曝露し、併用による細胞増殖に及ぼす影響を、イソボログラム¹⁰⁾ を作成することによって調べた。その結果、化学療法剤とNOB、もしくはシークァーサー粉末との併用で、いずれの細胞株においても、相乗的細胞増殖抑制効果が認められた。さらに、PTXと上記シークァーサー成分との併用で、増殖抑制の相乗効果が観察され、CBDCAとシークァーサー成分との併用では、相乗効果が観察されなかったことから、PTXがシークァーサー成分との相乗効果の役割を担っていることも判明した。

3.3. Hoechst染色によるアポトーシス細胞の観察

化学療法剤とNOBとの併用によるがん細胞増殖抑制の作用機序を調べるために、細胞をこれら薬剤と24時間培養後、細胞核をHoechst 33342で染色した。アポトーシス (核の断片化) を起こした細胞の割合を、蛍光顕微鏡 (400倍の視野) で調べた。NOBのみを曝露した細胞では、アポトーシス細胞の割合はコントロールとほぼ同じで、低かった。一方、化学療法剤2剤のみを曝露した細胞ではアポトーシス細胞の割合は著しく高かった。また、化学療法剤とNOBとの併用では、アポトーシス細胞の割合は、NOBの比率を上げるにつれ、濃度依存的に低くなった。

3.4. フローサイトメーターによるA549細胞周期の解析

A549細胞をPI染色し、フローサイトメーターを用いて細胞周期解析を行った。即ち、細胞を薬剤と24時間培養した後、PI染色した。NOBのみを曝露した細胞では、各周期の細胞分布は、コントロールの場合とほぼ同様で、G₀/G₁期細胞が多かった。化学療法剤のみを曝露した細胞では、SubG₀/G₁期細胞が非常に多くなった。また、化学療法剤とNOBを併用して曝露した細胞では、NOB濃度依存的にSubG₀/G₁期細胞が減少し、G₀/G₁期の細胞が増える傾向となった。

3.5. ノードマウスを用いた抗腫瘍活性試験

ノードマウスの背中の皮下にA549細胞を移植し、化学療法剤 (PTXとCBDCA) を6日おきに腹腔内に投与した¹¹⁾。一方、NOBは隔日に経口投与し、30日間実験

* 化学生命工学部教授 薬学博士

を行った。その間、腫瘍のサイズと体重を計測した。その結果、化学療法剤単独を投与したマウスでは、腫瘍のサイズは、controlと比べて、73%に減少し、NOB単独では、60%に減少した。一方、化学療法剤とNOBとを併用して投与したマウスでは41%にまで減少した。また、化学療法剤単独投与群では8匹中3匹が死亡したが、化学療法剤とNOB併用投与群では、死亡数は、8匹中1匹のみであった。これについては、NOBを併用することにより、毒性が軽減した結果であると推定した。

3.6. まとめと今後の方針

ヒト非小細胞肺癌細胞株に対し、がん化学療法剤 (PTXとCBDCA) とシークァーサー成分とを併用することで、相乗的増殖抑制効果が認められた。更に、化学療法剤による核の断片化 (アポトーシス) の割合が減少した。また、ヒト非小細胞肺癌細胞株A549細胞移植ヌードマウスに対する抗腫瘍活性試験で、上記併用剤は強い腫瘍抑制効果と毒性の軽減効果を示した。本法が肺がん治療の新しい道を拓くことになることを期待する。今後は、アポトーシス関連タンパク質や細胞周期関連タンパク質の発現状況を調べ、併用効果の、分子レベルでの詳細な解明を行いたい。

謝辞

本研究の一部は、「文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業 (平成25年度～平成29年度)」によって実施されたものである。本研究を実施するにあたり、NOB及びシークァーサー粉末を提供いただいた(株)サウスプロダクト社にお礼申し上げます。また、動物関連施設を利用していただいた大阪薬科大学に深謝いたします。

参考文献及びノート

- 1) Cohen, M. H., *et al.*, *Oncologist*, 8, 303-306 (2003).
- 2) Shaw, A. T., *et al.*, *Nat. Rev. Drug Discov.*, 10, 897-898 (2011).
- 3) Langer, C. J., *et al.*, *J. Clin. Oncol.*, 13, 1860-70 (1995).
- 4) Neijt, J. P., *et al.*, *J. Clin. Oncol.*, 18, 3084-3092 (2000).
- 5) Rooprai, H. K., *et al.*, *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, 30, 654-657 (1999).
- 6) Murakami, A., *et al.*, *Cancer Res.*, 60, 5059-5066 (2000).
- 7) Nakajima, A., *et al.*, *J. Pharmacol. Sci.*, 105, 122-126 (2007).
- 8) Onozuka, H., *et al.*, *J. Pharmacol. Exp. Ther.*, 326, 739-744 (2008).
- 9) Lee, Y-S., *et al.*, *Biochem. Pharmacol.*, 79, 1674-1683 (2010).

10) Deen, D. F., *et al.*, *Radiat Res.*, 79, 483-491 (1979).

11) 動物実験は、協定校である大阪薬科大学の動物実験委員会に実験申請し、承認を受けた上で、当大学動物関連施設で実施した。

4. コーヒー粕からの乳化活性を有するコーヒーマンナンの乳化特性とその構造

河原秀久*

4.1. コーヒー粕の現状 について

コーヒーは世界中で飲まれている飲料の一つである。2010年における世界のコーヒー豆の消費量は、810万トンであり、日本国内では43万トン消費された。日本における2010年のコーヒー自身の消費量は、3.40kg/年/1人であった。消費されているコーヒーのうち、インスタントコーヒーが最も多く、1週間当たり4.69杯で、缶コーヒーは1.87杯である。全てのコーヒー豆を原料とした飲料の製造において、レギュラーコーヒー以外は、工場において大量のコーヒー粕を産生することになる¹⁾。

コーヒー粕の産生量は年々増加しており、2010年での向上におけるコーヒー粕産生量 (湿重量) は82万トンであった。乾燥重量で28万7千トンという試算ができる。この多量なコーヒー粕は、全国の各飲料メーカーの各工場において分散して産生されている。例えば、あるメーカーの工場規模によって産生される量も異なり、多い工場で1,200t/月、少ない工場で90t/月程度である。この分散産生されたコーヒー粕の利用面を検討することが、各会社の現在の課題となっている。

コーヒー粕の利用面において、そのままの場合には、活性炭の他に、従来、コーヒー粕は脱臭剤 (特開2010-194433) や植物栽培用培地 (特開2003-325044) などに利用することが提案されてきたが、ほとんどが燃料や飼料に用いられている。しかしながら、抽出エキスに含まれる高分子化合物に関する特許はなく、特に、高分子多糖に関する物性を示す性質に関する報告はない。

そこで、本研究では、大量に産生されるコーヒー粕に関するバイオリファイナリー構築を最終目標として、エスプレッソが泡立つことに着目し、コーヒー粕中に存在する乳化活性を示す多糖の分離とその乳化特性およびその機能性について検討を行った。

4.2. 材料および方法

1) 材料 今回研究に使用したコーヒー粕は、缶コーヒー製造メーカーのご厚意により提供してもらい、使用する前まで-20℃条件下で凍結保存した。

* 化学生命工学部教授 学術博士

2) コーヒーマンナン抽出 コーヒー粕からのコーヒーマンナン抽出は、Simões, Jらの方法によって抽出した²⁾。その方法は、100℃、30分間の熱処理によって熱可溶化物質を除去し、中性処理後に、コーヒー粕残渣は段階的に0.05 Mから4.0 M NaOHを用いて室温で抽出した。最終的に、4.0 M NaOH処理で得られた抽出液にコーヒーマンナンが含まれている。pH 5.0に調整後に遠心分離した上清は、透析後にコーヒーマンナンエキスとして使用した。多段階抽出工程を簡略化した抽出工程においても行った。その方法は、90℃、60分処理後、遠心分離でその上清を除き、残渣は脱イオン水でよく洗浄した。この残渣は、室温で4.0 M NaOH処理して得られた抽出液を回収した。pH 5.0に調整後に遠心分離した上清は、透析後にエタノール沈殿を行い、得られたサンプルは、コーヒーマンナンエキスとして使用した。

3) 乳化活性測定法 調製したコーヒーマンナンエキス中の糖濃度は、フェノール硫酸法によって測定した。2 mg/mlに調製した。その調製液とケロシンを1:1となるように試験管に入れ、ポリトロン (Kinematica製)を用いて20,000 rpm、1分間混合した。混合後、37℃で1日放置後、溶液の全高に対する白濁したエマルジョンの高さの割合 (E24) を測定し、算出した。安定性試験として、37℃で1ヶ月保存して同様の評価をした。形成したエマルジョンは、光学顕微鏡 (400倍) で写真撮影し、その平均粒径は画像解析ソフトを用いて算出した。

4.3. 結果

1) コーヒーマンナンの抽出効率 コーヒー粕からコーヒーマンナンエキスの糖量による収率を算出した。その結果、基礎研究で使用されている多段階工程の場合、エタノール沈殿処理によって、17 g/kg (乾燥) の糖量を乾燥コーヒー粕から得られることになった。さらに、簡略化した方法においては、43.5 g/kgとなった。この結果から、最後の抽出工程のpHが重要であるということが明らかになった。

2) コーヒーマンナンエキスの乳化活性 得られたコーヒーマンナンエキスの糖量を0.1~2.0 mg/mlになるように調製し、ケロシンを用いて乳化活性を測定した。その結果、E24が35.9以上となり、濃度の増加とともにE24も増加した。E24の増加とともに、形成したエマルジョンの平均粒径は低下していった。この乳化状態は、37℃、1ヶ月でも安定であることが判明した。

さらに、種々の植物油に対する乳化活性を評価した。その結果、ゴマ油以外の植物油に対してケロシンと同様の乳化活性を示すことが明らかになった。さらに、化粧品に使用されているスクアレン、スクアラランにおいても同様に乳化活性を示すことが明らかになった。菜種油お

よびこれら2種の化粧品油におけるエマルジョンの平均粒径を比較したところ、スクアレンおよびスクアラランのエマルジョンの方の粒径が小さいことが明らかになった。この結果から、不飽和脂肪酸含有の油の場合には、比較的乳化しにくいことが判明した。

そこで、エキスに対して10倍量のケロシンで乳化させてみた。その結果、Fig. 6に示したように、ゲル化を起こした。このゲル化は、不飽和脂肪酸の植物油では起きず、ケロシンやシリコンオイルなどで起きる現象であることが判明した。このメカニズムは今のところ不明である。



Fig. 6 コーヒーマンナンのケロシゲル化作用

3) 乳化活性に関与する多糖の構成糖 コーヒーマンナンエキスをゲルろ過クロマトグラフィーによって分離を試みた。その結果、乳化特性を示す多糖は低分子側にあり、分子量10000であることが判明した。さらに、この構成糖を分析したところ、糖組成はガラクトース、マンノース、アラビノースから構成される多糖で、そのモル比は、Gal:Man:Ara=6:3:1であることがわかった。今後、詳しい構造については解析を進めていく。

4.4. 展望

今回、戦略的研究基盤形成支援事業の一環として、一つの原料から複数の有用物質を抽出し、そのエキスの機能性を評価し、工業製品への可能性を検討する一例として、食品業界で1工場当たり大量に出やすく、利用方法が少ないコーヒー粕の研究を行っている。

コーヒー粕より抽出分離できたコーヒーマンナンは、乳化活性とともに、既知のコーヒー豆の細胞壁多糖の構造とは異なっていることが判明した。この結果から、コーヒー製造の工程図において、より若干構造が変化し、新たな機能が付与されたと思われる。今後はこの構造を詳しく解析するとともに、新たな用途についても検討を行う予定である。

5. サツマイモ果皮抽出物を用いた染毛法の開発

長岡康夫*

5.1. はじめに

近年、わが国では、若者人口の減少などの要因により、化粧品全体の売上高は減少傾向にある。しかしながら、毛髪化粧品に関しては、カラーリング剤を中心に売り上げを伸ばしており、特に白髪染め市場は高齢化の進行に伴い、高成長している。一般的な酸化染毛剤は、過酸化水素などの強力な酸化剤とアルカリ剤を用いるため、毛髪のタンパク質や脂質を変質あるいは減少させ、ダメージを与えるばかりでなく、人によってはアレルギー反応によるかぶれを引き起こすという問題点がある。また、アンモニアによる臭いも課題となっている。そのため、ここ最近の安心安全志向の高まりや、環境や健康への意識の高まりを背景に、オーガニック成分や天然由来成分配合の商品の開発が進められている。我々は、植物などに多く含まれるポリフェノールを染料として用いた白髪染めの方法を確立すること、並びに、過酸化水素に代わる酸化剤として、天然物由来の酵素を用いた白髪染めの開発を目的に研究を進めている。今回は、サツマイモの果皮に含まれるポリフェノール酸化酵素 (PPO) とサツマイモに含まれるポリフェノールを基質として用いた染毛法について検討した。

5.2. サツマイモ果皮に含まれるPPOとポリフェノール画分の分離

粉碎したサツマイモの果皮 250 gを 0.1 Mリン酸ナトリウム緩衝液 (pH 7.0, 500 ml, 0.2 M L-システインを含む) に浸し、37℃の恒温槽中で3時間抽出した。抽出液は濾過した後、5℃、10000×gで遠心分離して、上澄みを取った。次に、この溶液に5℃で、80%飽和硫酸アンモニウムを添加した後、同温度で1時間攪拌し、タンパク質を沈殿させ、遠心分離した (5℃, 10300×g, 20 min)。この沈殿を、透析と陰イオン交換クロマトグラフィーに供して精製した結果、PPOを2.4%の収率で得ることができた。

ポリフェノール画分の調整については、乾燥後粉碎したサツマイモ果皮 56 gをメタノール 300 mlを用いて室温で一昼夜抽出し、この液を綿栓ろ過した後、20%の水を加え、これをヘキサンで3回洗浄した。ここで得られたメタノール-水の層をクロロホルムで3回抽出し、濃縮して、これをサツマイモポリフェノール画分とした。

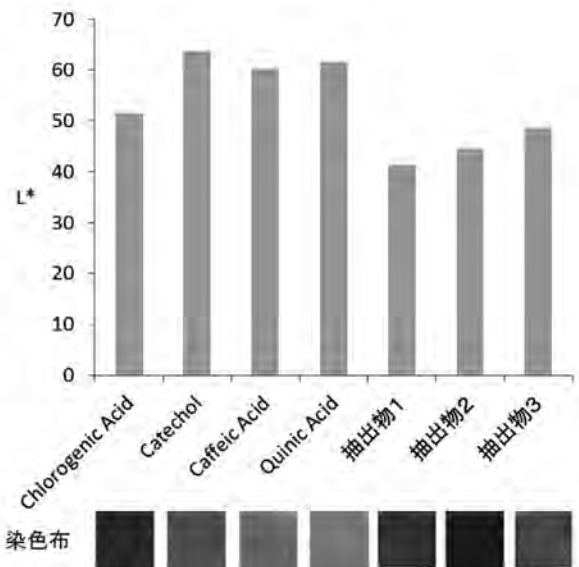


Fig. 7 サツマイモPPOと各種基質を用いた酸化染料による染色度の比較

5.3. サツマイモPPOを用いた染毛

染毛に使われる酸化染料の多くは、酸化剤として過酸化水素を、酸化促進剤としてアンモニアをはじめとするアミン類を用いることが一般的である。我々は、過酸化水素の代わりに酸化剤として、サツマイモの皮から抽出したPPOを用いた染毛法について検討した。酵素の基質にはカフェ酸、クロロゲン酸、キナ酸、カテコールを使用して酸化染料 (p-フェニレンジアミン) 染色を行った。まずは、条件検討の結果から、サツマイモPPOはpH6-8で活性が高く、最適温度が30℃で、高温になるほど活性が下がることが分かった。染色においては、基質としてクロロゲン酸が適していた。さらに、基質としてサツマイモ果皮から調整したポリフェノール画分も用いた。その結果、ポリフェノール画分を用いた時に、明度の指標となるL*値が最も小さな値となり、より深い黒色となった。

これまでの結果を当てはめると、Fig. 8のような染色メカニズムを想定することができる。

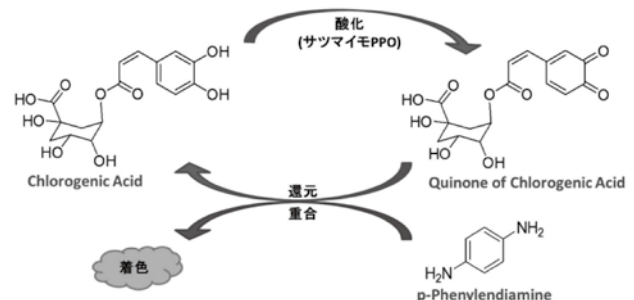


Fig. 8 想定される酵素による染色メカニズム

即ち、基質であるクロロゲン酸がサツマイモPPOにより酸化され、キノン体となることで染料であるパラフェ

* 化学生命工学部教授 薬学博士

ニレンジアミンを重合させるため、布や毛髪に着色するのではないかと考えられる。

5.4. まとめ

今回、我々が開発した、サツマイモPPOと基質および酸化染料（パラフェニレンジアミン）を組み合わせた染色法は、ヘアカラーへの応用が期待される。本法は、過酸化水素を酸化剤として使う従来法よりも、ヘアダメージが少なく、健やかな毛髪を育てる染毛法として優れた方法である。

6. 天然成分の血糖調節剤の同定と精製

竹森 洋*

6.1. 概要

タンパク質リン酸化酵素塩誘導キナーゼSIK3の遺伝子破壊マウスは低血糖・低体重・低血中コレステロールという表現型を示す。SIK3抑制の生活習慣病における有用効果を示すという目標の元、SIK3抑制低分子化合物の探索を行った。その結果、ワラビ成分のプテロシンがSIK3シグナルを抑制し、糖尿病モデルマウスの血糖値を低下させた。

6.2. プテロシンBの同定

SIK3は転写因子CREBの抑制作用と、Mef2の活性化作用の双方を有する¹⁾。そこで、この2つの転写因子の活性を同時に評価する系を構築し、低分子ライブラリーのスクリーニングを行った。その結果、ワラビのプテロシンBがSIK3の活性を阻害することが判明した。

6.3. プテロシンBの精製

ワラビ合計約100kgを50度で加温し、水分を半分まで飛ばした。次いで、重曹を加え、弱アルカリ処理（90度30分）を行い、一晩かけて室温にもどした。半量のヘキサンを加え、10回抽出し、最後にクロロホルム:ヘキサン=1:2で5回抽出した。抽出物を集め、脱気したのち、クロロホルムに懸濁し、メタノールを等量加えた。再度、脱気し、析出物が確認されるたび、メタノールを加え、徐々にメタノールに置換した。

次いで、活性炭カラムにかけ、クロロホルムで溶出した。溶出物をヘキサンに懸濁し、シリカゲルクロマトグラフィーにかけた。プテロシンはヘキサン:クロロホルム=95:5付近で溶出した。溶出物を脱気し、ヘキサンへと置換し、-20度でプテロシンBを結晶化した。NMRの純度は>99%と予想された²⁾。

6.4. プテロシンBの作用

肥満モデルマウスには、db/dbの♂（6週齢）を利用した。1群6匹でコントロール、プテロシンB、メトホルミン群を作製した。被検薬はエサ（固形CE2：日本クレア社製）に混入させることにし、プテロシンBを30mg/kg、メトホルミンを100mg/kgになるように、db/dbの1日平均約5g摂取から換算して混入させた。実際の週ごとの摂食量の変化の最大・最小の差は1.2倍であることから、投与量は20%の誤差範囲にある。

まず、摂食量の変化であるが、Fig. 9に示すようにメトホルミン及びプテロシンB群ではコントロール群に比べて摂食量が増加した。

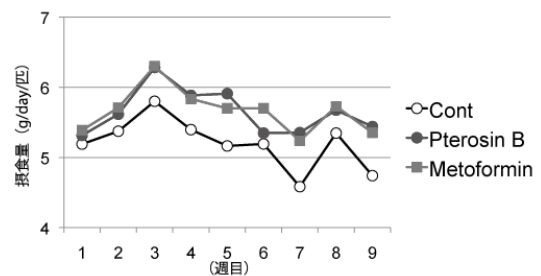


Fig. 9 プテロシンB及びメトホルミンの摂食量に対する影響

一方、体重変化（Fig. 10）は、メトホルミン群は摂食量の増加に伴って体重も増加したが、プテロシンB群の体重増加はコントロール群と同じであった。

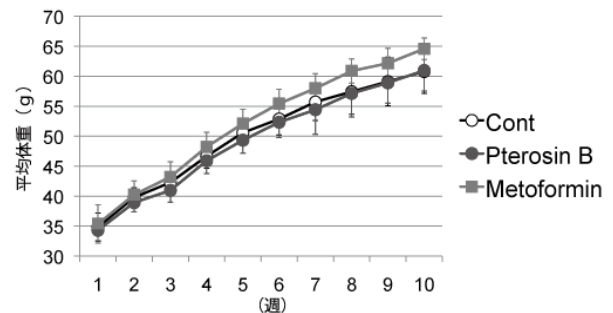


Fig. 10 プテロシンB及びメトホルミンの体重に対する影響

すなわち、プテロシンBは摂食量に対する体重増加率が小さいこととなり、この点はメトホルミンより優れている。また、プテロシンB群の摂食量に対する体重増加率は、コントロール群よりも小さいことが明らかとなった。ヒトにおいてメトホルミン投与による明確な体重増加報告は無いが、ヒトは食事制限など厳密なコントロール下で投与されており、マウスは自由摂食であったことによる違いが生じた可能性がある。摂食量に換算した体重増加抑制は約6%を達成した。

マウスの空腹時血糖は、プテロシンBおよびメトホルミン群で2割低く、糖負荷試験およびインスリン負荷試

* 独立行政法人医薬基盤研究所創薬基盤研究部 プロジェクトリーダー

験においても、双方の群は有意に血糖値が低かった。(なお、作用の検討は別事業で行った。)

6.5. プテロシンBの収量向上

プテロシンBが糖尿病薬メトホルミンと同様の作用を有する事実から、収量を高めるための検討を行った。精製過程において、プテロシンBは熱安定性が高いことが予想されたため、熱に関しては条件は変更しないこととした。

最終的にヘキサン中で結晶化した事実から、ヘキサン抽出ではなく、メタノール抽出とした。

しかし、メタノールやクロロホルムでは抽出効率が減少した。LCでの検討の結果、メタノール抽出を行うと、プテロシンBのメチル化体が増え、クロロホルム抽出を行うとCl体が増加し、プテロシンBの抽出効率が落ちることが判明した。そこで、重曹をNaOHに変更し、強アルカリで分解した後に、メタノール/クロロホルム抽出すると、ヘキサンよりも効率が上昇する事が判明した。今後は、食品利用も考慮し、エタノール抽出の方法を検討する。

謝辞

本研究の一部は、「文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業（平成25年度～平成29年度）」によって実施されたものである。

参考文献

- 1) Uebi, T., *et al.*, *PLoS One*, 7, e37803 (2012).
- 2) 特願2013-094995「カスパーゼ1活性化阻害剤、抗炎症剤、鎮痛剤、及びカスパーゼ1活性化阻害剤の評価方法」, 竹森洋, 佐野坂真人, 伊東祐美, 淵野裕之, 川原信夫(独立行政法人医薬基盤研究所, 株式会社桃谷順天館).

7. バナナの皮炭化物の分子ふるい能

林 順一*

本年度は、バナナの皮から酸処理によって灰分を減らしたバナナの皮（抽出残渣のモデル）を炭化して得られた炭化物の分子ふるい能について検討した。

7.1. 炭化挙動

バナナの皮および塩酸処理したバナナの皮の炭化過程における重量減少挙動およびその速度をFig. 11に示した。塩酸処理によって重量減少が始まる温度が高温側に

シフトし、700℃以上での重量減少が見られなくなった。これは、灰分が除去されたことによって灰分の触媒作用が無くなったためだと考えられる。

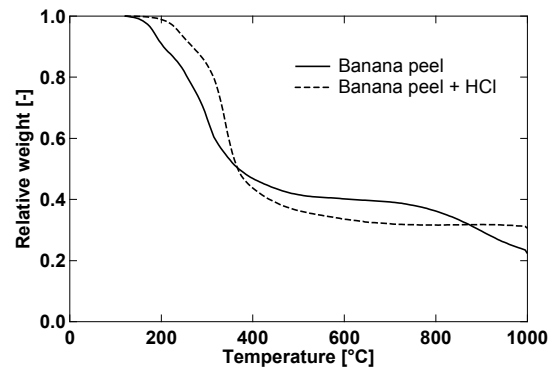


Fig. 11 炭化過程における重量減少挙動

7.2. 炭化物のマイクロ孔分布

分子プローブ法によって求めた炭化温度500～1000℃の炭化物のマイクロ孔分布をFig. 12に示した。炭化温度の上昇に伴い、細孔径が小さく分布がシャープになっていることがわかる。特に、700～800℃の間で急激に細孔分布がシャープになっていることがわかる。

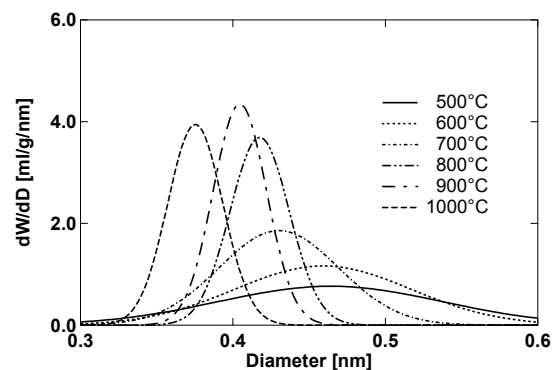


Fig. 12 塩酸処理したバナナの皮炭化物の細孔分布

7.3. プロパン-プロピレンの分離

プロパン(-42.09℃)とプロピレン(-47.6℃)の沸点の差は非常に小さく、蒸溜で分離するには非常に多くの段数が必要となる。これを吸着量の差によって分離できれば、エネルギー効率の高い分離方法となる。

炭化温度700、800℃で得られた炭化物に対するプロパン、プロピレンの吸着等温線をFig. 13に示した。どちらの炭化物に対しても、プロパン、プロピレンはかなりの量が吸着している。しかし、プロピレンの吸着量が多く、この吸着量の差を利用した分離が可能であると考えられる。

* 環境都市工学部教授 博士(工学)

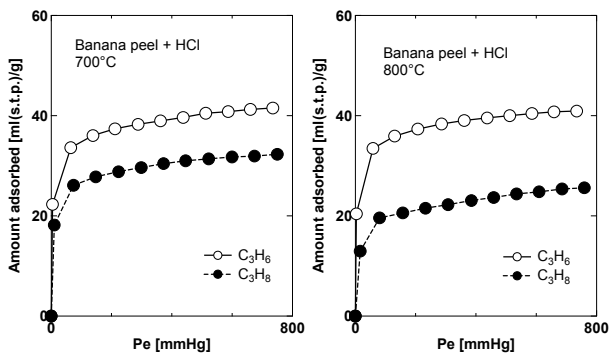


Fig. 13 プロパン、プロピレンの吸着等温線

炭化温度 800 °C の炭化物への吸着等温線の 1 点目の平衡吸着量に達するまでの吸着量の経時変化を Fig. 14 に示した。どちらの炭化物の場合もプロピレンの方が早く平衡に達している。PSA法のように吸着平衡に達する時間よりも短時間の吸着時間で操作する場合は、操作時間での吸着量の差は平衡吸着量の差よりも大きくなる。つまり、700、800 °C で得られた炭化物を用いることによりプロパン-プロピレンを吸着速度差によって分離することができると考えられる。

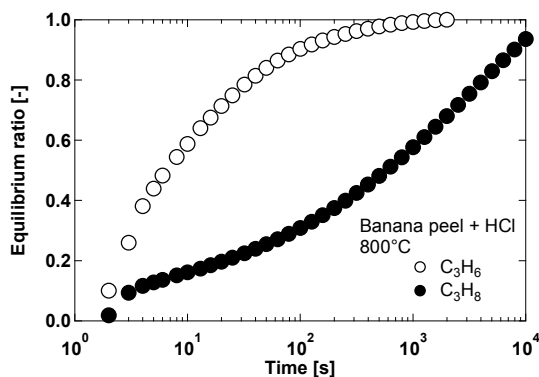


Fig. 14 プロパン、プロピレンの平衡到達度の経時変化

7.4. 結言

バナナの皮を塩酸処理した後に 700、800 °C で炭化して得られた炭化物を用いて、吸着速度差を利用したプロパン-プロピレンの分離が可能であると考えられた。

8. 染毛剤の使用実態調査および天然素材を用いた染毛剤の受容可能性の検討

池内裕美*

経過報告および今後の方針

現在、関西大学では、化学生命工学部の長岡康夫教授を中心に「天然酸化酵素およびポリフェノールを用いた新規染毛剤（白髪染め用）の開発」がなされているが、

本研究ではこうした染毛剤が実際に市場で受け入れられる可能性があるか否かを検討するために探索的な調査を行った。具体的には、消費者の白髪染めに関する使用行動の実態を調べると同時に、バナナやサツマイモの皮等の天然素材を原材料とした白髪染めに対して、いかなるイメージを抱くか、購買意図はどの程度あるか等についてweb調査にて検討を試みた。調査対象者は、イプソス株式会社のアクセスパネルから「白髪がある」として抽出された関東圏・関西圏在住の 1129 名（男性 498 名、女性 631 名、平均年齢 48.79 歳）であったが、このうち白髪染めをしている人は 559 名（男性 131 名、女性 428 名）であった。

そこで、この 559 名に「天然素材」を使用した市販の白髪染めがあったら使いたいと思うか否かを自由記述にて尋ねたところ、「仕上がりが具合による」(61.0%)、「価格による」(57.4%)、「手軽さによる」(53.0%) という意見が得られた。また、主に市販の染毛剤で白髪染めをしている消費者 265 名に、「天然素材による染毛剤」に抱くイメージについて 5 件法で評定して貰ったところ、「髪にやさしそう」($M=4.09, SD=0.77$)「安心な」($M=3.68, SD=0.94$) というように、髪へのダメージの低さという点で良い印象が持たれていることが示唆された。しかしその一方で、「高そう」($M=3.78, SD=0.77$)「染まりにくそう」($M=3.39, SD=0.81$)「色が落ちやすそう」($M=3.39, SD=0.75$) といった、価格や効果・効能面においてはあまり良いイメージがもたれていないことが明らかとなった。さらにこの 265 名のリピート購入率は非常に高く、約 92.1% が同一の商品を継続使用しており、特にこの傾向は、年代が上がるほどに強まることが見出された。

従って、天然素材を用いた新規染毛剤へのブランド・スイッチの誘発は、消費者の使用実態やイメージ調査を見る限りはかなり厳しい現状にあると言える。しかし、比較的若い年齢層をターゲットに、「長持ち」、「価格」、「手軽」といったニーズに配慮した商品化を行い、さらに髪や地肌への影響面が少ないことを訴求ポイントにすると、多分に受容可能性はあると言えよう。今後は、グループ・インタビューや仮想店舗での店頭実験、アイトラッカーによる視線計測など、より多岐にわたる側面から商品化の可能性について探求し、これらの調査・実験から得られた知見を基に、具体的なマーケティング戦略の策定を目指す予定である。

* 社会学部教授 博士(社会学)

平成26年度 技苑「プロジェクト研究報告概要」

戦略的研究基盤形成支援事業プロジェクト

地域資源の高度利用を図るバイオリファイナーの基盤形成と
その実用化

研究代表者：片倉 啓雄
 研究担当者：河原 秀久・山本 秀樹・長岡 康夫・上里 新一・
 大西 正曹・林 順一・池内 裕美・住吉 孝明・
 山崎(屋敷) 思乃・竹森 洋・橋田 浩二

1. プロジェクトの目的と成果の概要

片倉啓雄*1

1.1. プロジェクトの目的

本プロジェクトは、理系・文系教職員の得意技持ち寄り型のオープンイノベーションによって、地域の一次生産物（規格外農産物や加工残渣）から複数の高付加価値物を抽出して製品化する。さらに、残渣からエタノールと機能性活性炭を生産することにより、バイオリファイナー的な総合利用を実現することを目的としている。

1.2. 確立した技術・試験方法と学術的な研究成果の概要

山本はハンセンの溶解度パラメーター（HSP）を用いた抽出技術の応用展開を検討し、HSPを用いれば、農産物から機能性物質を抽出する溶媒の選択、溶媒の最適混合比および抽出効率を予測できることを示した。

上里は、柑橘類の果皮に含まれるノビレチンについて、がんの化学療法における副作用軽減効果、がん細胞や傷口で活性化することが知られているTEADを抑制する作用、長寿遺伝子として知られるサーチュインを活性化作用などがあることを示した。

竹森は、フィセチンの白髪予防効果を検討するために、白髪モデルマスを造成して検証するとともに、TEADの活性化を抑制する因子をルシフェラーゼ活性で簡便にアッセイする系を開発した。

長岡と住吉は、B16メラノーマ細胞を用いた細胞内メラニン産生に影響を及ぼす物質の評価方法を確立した。この方法を用いて、ある天然物に強いメラニン産生抑制活性があることを認め、その作用機序を検討するとともに、分離精製して構造決定を進めている。

河原は、エノキタケから食品用途として使用できるハイドロフォビンを抽出する技術を確立した。また、低

pHでも多糖にゲルを形成させる効果があることを発見した。

山崎と片倉は、マウス腸管のパイエル板細胞を用いた天然物による免疫賦活効果の評価方法を確立し、ある天然物の熱水抽出物にIgM生産促進活性があることを見出した。

林はヤシガラ、竹、バナナの皮、ミカンの皮、サツマイモの皮、焼酎粕、茶殻を炭化し、その特性を評価した結果、バナナの皮の炭化物に、他の天然物の炭化物に比べて一桁高い調湿能があることを見出し、その理由が高いカリウム含量にあることを明らかにした。

1.3. 商品化・製品化に関する成果および調査結果の概要

山本はハバネロからのカプサイシン抽出技術を確立し、兵庫県養父市（2014年に国家戦略農業特区に選定）と朝来市でハバネロとジョロキアを栽培し、地元企業と共同でパスタソースと焼き肉のたれの商品化を行った。また、農業法人きてらからの依頼を受け、柑橘類の果皮からのリモネンの抽出方法を検討し、シクロヘキサン：エタノール=80:20（vol%）が最適溶媒であること、柑橘類の中ではポンカンが最も含量が高く、1kgの果皮から6gのリモネンが抽出できることを報告した。単独での商品化はコスト的に難しいが、複合抽出物としての製品化の協議を進めている。

河原はエノキタケから食品用途でも使用できる接着タンパク質エキスを抽出する技術を確立し、紛体への接着や乳化性、起泡性など多様な機能を有するエキスを、共同研究先の(有)栄（長野市）が2015年2月から試験製造を始めている。また、本学商学部とタイアップして、2回生対象のイノベーション対話プログラムの題材として商品開発を進め、エキスを添加した蕎麦、パン、生和菓子などの販売が2015年3月から開始される予定である。

池内は、インターネットを利用したアンケート調査によって、本年度は天然素材を使用した染毛剤の実現可能

*1 化学生命工学部教授 博士（農学）

性を検討した。その結果、消費者が染毛剤に求めるものは天然素材であることよりも、価格、手軽さ、効果の持続性を求めていることが判明した。データを詳細に考察した結果、店頭広告を重視し、長期的スパンでブランド・ロイヤルティの形成を目指すのが有力であるなど、今後の開発戦略に有用な情報を得た。長岡らが化粧品会社と進めている天然染毛剤の開発研究にこの考察を反映させる。

大西は、和歌山県田辺市の農業法人株式会社てらと折衝し、柑橘類の搾汁残渣に関して試料の提供を受けるとともに、関西大学での分析結果をフィードバックし、残渣を遠心分離して水蒸気蒸留を行うことにより、香油成分などの高付加価値成分の商品化を提案し、検討を進めている。

2. Hansen溶解度パラメータ (HSP値) を用いた天然物からの機能性物質の抽出分離

山本秀樹*2

2.1. 緒言

近年、消費者の健康志向により植物由来の機能性物質 (Polyphenol, Flavonoid, Vitaminなど) の生体調整機能の需要が高まっている。植物から機能性物質を抽出する試みも行われているが、植物などの天然物には多くの成分が含まれているため目的物質の抽出操作は複雑となり、高純度製品の製造はコスト高になるのが現状である¹⁾。このような社会的背景から、目的物質を高効率、低コストで抽出する技術開発が望まれている。天然物から付加価値の高い物質の効率的な抽出技術や食品廃棄物から有価成分の抽出技術の開発の一例として、トウガラシ類 (ハバネロ、ジョロキア) からのcapsaicinの分離および柑橘類 (温州ミカン、デコボン、ポンカン、清見みかん) からのd-limoneneの分離に着目して基礎研究を行った。特に、唐辛子の辛みの成分であるcapsaicinは、食品の他にも温湿布など医薬品としても使用されており、様々な分野での応用利用が期待されている。さらに、d-limoneneにはがん細胞の増殖抑制、アポトーシス誘導および解毒酵素の合成促進といった効果があることが知られている^{4,5)}。

本研究ではHansen solubility parameter (以下HSP値)³⁾を用いて、天然由来の機能性物質を抽出分離する場合の溶媒選択、混合溶媒の最適混合比および抽出傾向の予測について検討したので報告する。また、本プロジェクトの最終目的でもある、農業における地域連携から生まれた新しい食品の開発状況についても報告する。

2.2. 理論

2.2.1. Solubility Parameter (SP値)

溶解度パラメータ δ_t [(J/cm³)^{1/2}]は、Hildebrandによって定義された物質の凝集エネルギー密度を表す物性値である。二種類の液体の混合に要するエネルギー ΔE_M は「成分1および成分2がそれぞれ純物質として存在する場合の凝集エネルギーと成分1および成分2との混合物である場合の凝集エネルギーとの差」であり、式(1)で表される。

$$\Delta E_M = \frac{n_1 V_1 \cdot n_2 V_2}{n_1 V_1 + n_2 V_2} \left\{ \left(\frac{\Delta E_1^V}{V} \right)^{1/2} - \left(\frac{\Delta E_2^V}{V} \right)^{1/2} \right\}^2 \quad (1)$$

ここで、nはモル数[mol]、Vはモル体積[cm³/mol]、 ΔE_V はモル蒸発エネルギー[kcal/mol]である。 $(\Delta E^V/V)^{1/2}$ は溶液中での分子間力、すなわち溶解力のパラメータとして適切な値である。Hildebrandは、この項を溶解性のパラメータ δ_t と定義した。 δ_1 と δ_2 の値が類似している場合、混合に要するエネルギーが小さくなることから溶解性が高いと判断できる。

2.2.2. Hansen Solubility Parameter (HSP値)

C. M. Hansenは分子間に働く相互作用は、主にLondon分散力、双極子間力および水素結合力の3つであると考え、Hildebrandの凝集エネルギーを3成分に分割して表したHSP値を提案した³⁾。

$$\delta_t = (\delta_d^2 + \delta_p^2 + \delta_h^2)^{1/2} \quad (2)$$

ここで、 δ は溶解度パラメータ[(J/cm³)^{1/2}]、下付き添え字d、pおよびhは分散相互作用、双極子相互作用および水素結合相互作用を表している。

Hansenは、物質間の溶解性はHSPの差で評価できることを示し、式(3)の R_a [(J/cm³)^{1/2}]による評価を提案している。

$$R_a = (4 \cdot (\delta_{d1} - \delta_{d2})^2 + (\delta_{p1} - \delta_{p2})^2 + (\delta_{h1} - \delta_{h2})^2)^{1/2} \quad (3)$$

下付き添え字1および2は成分1および成分2である。 R_a は3Dプロットにおける2物質間の距離を示し、 R_a が小さいほど溶解性が良好であると導いている。

本研究で用いた溶媒、capsaicinおよびd-limoneneのHSPは、計算プログラムであるHansen Solubility Parameter in Practice (HSPiP version 4.0.08)に記載されている値を用いた。

2.3. 実験方法

2.3.1. Capsaicinの抽出および定量実験

乾燥させて粉末状にしたトウガラシ (吉井建設有限会社) を用いてcapsaicinの抽出実験を行った。トウガラシ10gおよび溶媒100cm³をエルレンマイヤーフラスコに

*2 環境都市工学部教授 博士 (工学)

入れ、振盪抽出を行った。振盪温度 318K、振盪時間 30min、振盪速度 130rpmとした。振盪抽出後、得られた抽出液を濾過し、濾液を採取した。濾液を自然乾燥後、溶離液で溶離を行い、溶液を 0.45 μ m フィルターで濾過した。高速液体クロマトグラフ（株）島津製作所製、Prominence）を用いてcapsaicinの定量を行った。溶離液にはmethanol 80vol%、water 20vol%混合溶液を使用した。

2.3.2. d-limoneneの抽出および定量実験

乾燥させて粉末状にした温州蜜柑（農業法人株式会社きてら）の種皮を用いてd-limoneneの抽出実験を行った。蜜柑 5.0gおよび溶媒 40cm³をエルレンマイヤーフラスコに入れ、振盪抽出を行った。振盪温度 298K、振盪時間 330min、振盪速度 130rpmとした。振盪抽出後、得られた抽出液を吸引濾過し濾液を採取した。定量分析にはガスクロマトグラフ（GC-2014, (株)島津製作所）を用いた。無極性のカラムを用いて温度を初期温度 343 Kで 5 分間保持し、473Kまで 10K/minで上昇させ 10 分間保持した。キャリアガスにはHeガスを用い、注入量 0.1 μ L、流量 3.97mL/min、圧力 24.5kPa、スプリット比 1:20 の条件の下、スプリット注入法で行った。

2.4. 実験結果および考察

2.4.1. トウガラシからのcapsaicinの抽出

(1) 純溶媒を用いた抽出

純溶媒 8 種を用いてトウガラシからcapsaicinを抽出した。Capsaicinおよび溶媒のHSPを用いてHSPの差である R_a を算出し、抽出量との相関を行った。結果を表 1、図 1 に示す。Capsaicinおよび溶媒のHSPから算出した R_a と溶媒を用いて抽出したcapsaicinの抽出量の相関係数は 0.799 であり、相関関係が確認できた。Capsaicinとの R_a が小さい溶媒ほどcapsaicinの抽出量が多い傾向が確認できた。これらの結果より、capsaicinのHSPとの R_a が小さい溶媒を選択することによって、capsaicinをより多く抽出できる溶媒を選択することが可能だと考えられる。

表1. Hansen solubility parameter of solvents and extraction ratio of capsaicin

Solvent	δ_d [(J/cm ³) ^{1/2}]	δ_p [(J/cm ³) ^{1/2}]	δ_h [(J/cm ³) ^{1/2}]	δ_t [(J/cm ³) ^{1/2}]	R_a [(J/cm ³) ^{1/2}]	Extraction rate of d-limonene [$\times 10^{-5}$ mol/g-seed coat]
Capsaicin	18.3	15.1	8.9	25.3	-	-
Methanol	14.7	12.3	4.2	19.6	11.8	1.264
Acetic Acid	14.5	8.0	7.0	18.0	12.5	1.217
Acetone	15.5	10.4	7.1	20.0	10.5	1.198
1-Butanol	16.0	5.7	14.5	22.3	10.6	1.101
Ethanol	15.8	8.8	7.2	19.5	8.3	1.038
Ethyl Acetate	15.8	5.3	16.4	23.4	14.2	0.977
2-Propanol	15.8	6.1	7.6	18.6	11.3	0.943
Hexane	14.9	0.0	0.2	14.9	19.6	0.342

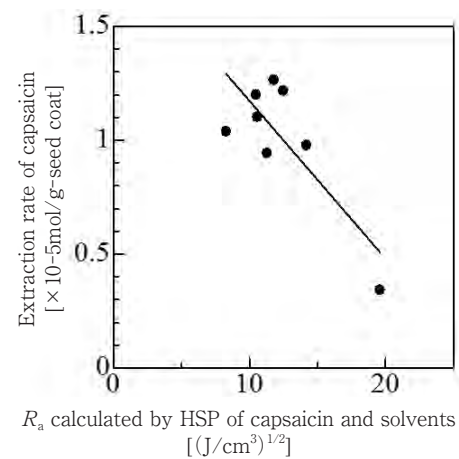


図1. Relationship between R_a and extraction rate of capsaicin

(2) 混合溶媒を用いた抽出

Acetone-water系混合溶媒を用いた時のcapsaicin抽出量およびacetone-water混合溶媒のHSPとcapsaicinのHSPとの差である R_a を図 2 に示す。水溶液中のacetoneの体積分率が 90vol%付近において、純溶媒を用いたときよりもcapsaicinの抽出量が増加した。また、HSPを用いた評価ではacetoneの体積分率が 90vol%付近でcapsaicinとの R_a が最も小さくなるため、capsaicinの抽出量が最も多くなると判断することができた。Capsaicinの抽出量とHSPを用いた評価は良好な一致が確認できた。HSPを用いることにより、混合溶媒を用いた溶媒抽出において最適混合比を提案することが可能であると考えられる。

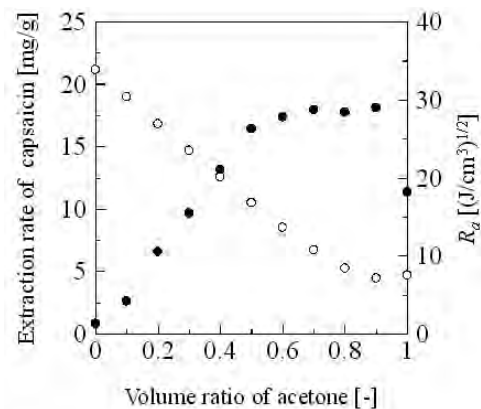


図2. Relationship between extraction rate of capsaicin and R_a

2.4.2. 蜜柑種皮からのd-limoneneの抽出

(1)d-limoneneの抽出および最適混合比の検討

純溶媒 10 種および混合溶媒（cyclohexane 80vol%、ethanol 20vol%）を用いて、蜜柑からd-limoneneを抽出した。混合溶媒は計算によってd-limoneneとの R_a が最小となる組成比を求めた。各溶媒を用いた抽出結果を表

2に示す。混合溶媒のd-limoneneの抽出量が最も多かった。純溶媒ではcyclohexaneによる抽出量が最も多く、waterによる抽出量が最も少なかった。

表2. Hansen solubility parameter of solvents and extraction ratio of d-limonene

Solvent	δ_d	δ_p	δ_h	δ_s	R_a	Extraction rate of d-limonene [$\times 10^{-5}$ mol/g-seed coat]
	$[(J/cm^3)^{1/2}]$	$[(J/cm^3)^{1/2}]$	$[(J/cm^3)^{1/2}]$	$[(J/cm^3)^{1/2}]$	$[(J/cm^3)^{1/2}]$	
d-Limonene	17.2	1.8	4.3	17.8	—	—
Mix solvent	16.6	1.8	4.2	17.2	1.2	0.968
Cyclohexane	16.8	0.0	0.2	16.8	4.5	0.948
Ethyl Acetate	15.8	5.3	7.2	18.2	5.3	0.687
Dichloromethane	17.0	7.3	7.1	19.8	6.2	0.846
Methyl Acetate	15.5	7.2	7.6	18.7	7.2	0.679
Acetone	15.5	10.4	7.0	19.9	9.6	0.845
2-Butanol	15.8	5.7	14.5	22.2	11.3	0.602
2-Propanol	15.8	6.1	16.4	23.6	13.1	0.677
1-Propanol	16.0	6.8	17.4	24.6	14.2	0.633
Ethanol	15.8	8.8	19.4	26.5	16.9	0.684
Water	15.5	16.0	42.3	47.6	40.7	0.062

また、d-limoneneおよび溶媒のHSPを用いてHSPの差である R_a を算出し、抽出量との相関を行った。結果を図3に示す。d-limoneneおよび溶媒のHSPから算出した R_a と、溶媒を用いて抽出したd-limoneneの抽出量の相関係数は0.932であり、高い相関関係が確認できた。したがって、HSPを用いることによりd-limoneneをより多く抽出することが可能な溶媒の選択や、抽出溶媒の最適な混合比を求めることが出来ると考えられる。

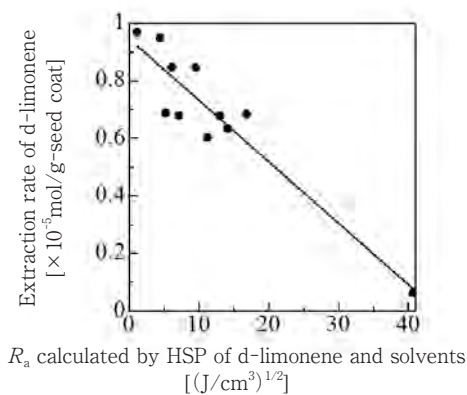


図3. Relationship between R_a and extraction rate of d-limonene

(2) 4種の蜜柑種皮によるd-limonene抽出結果

最も抽出量の多い混合溶媒を用いた4種類の蜜柑種皮からのd-limoneneの抽出量を表3に示す。使用した蜜柑種皮の品種は温州蜜柑、ポンカン、デコボンおよび清見である。d-limoneneの抽出量はポンカンが最も多く、温州蜜柑が最も少なかった。なお試料は天然物であるため、試料に対するd-limoneneの含有量は生育状況や鮮度などによる影響が大きく、製品一般に関して一概には言い切れないと考える。

表3. Amount of extracted d-limonene of various oranges

Orange	Amount of extracted d-limonene [$\times 10^{-5}$ mol/g-seed coat]			
	温州蜜柑	ポンカン	デコボン	清見
Mixed solvent	0.968	3.69	2.60	1.35

2.5. 結言

純溶媒を用いたcapsaicinの抽出量はacetic acid、methanolおよびacetoneが高い値を示した。また、capsaicin抽出量は純溶媒を用いるよりもHSPを調整した混合溶媒の方が増加することが確認された。純溶媒を用いたd-limoneneの抽出量は、混合溶媒(cyclohexane 80vol%, ethanol 20vol%)およびcyclohexaneが高い値を示した。天然物に含まれる機能性物質を抽出する場合、HSPを用いることで、溶媒選択および最適混合比の算出が可能であると考えられる。

2.6. 本件研究の実用化に関する進捗状況

本研究では、研究成果の実証試験として兵庫県養父市、朝来市の企業と食品の共同開発を行っている。2014年には、国家戦略特区(農業特区)に選定された養父市にて、ハバネロ、ジョロキア(どちらも唐辛子の一種)の栽培に成功した。栽培されたハバネロ、ジョロキア(2014年)を写真1に示す。栽培された唐辛子から、HSP値理論に基づいたカプサイシンの抽出を行い、その濃縮液を利用した食品として、(a)ハバネロパスタソース、および(b)ハバネロ焼き肉のたれの商品化を行った(写真2)。さらに、HSP値を用いて、食品廃棄物である甲殻類や貝類からのミネラル分を抽出して製造した、高いミネラル含有肥料を開発してそれぞれ販売している。今後は、さらに新たな食品開発に応用する予定である。



写真1. 共同研究にて栽培したハバネロとジョロキア



写真2. HSP値を用いて抽出されたカプサイシンを利用して開発された食品(発売中)

3. ポリフェノール成分ノビレチンを含有する柑橘類果皮の機能性食品への応用研究について

上里新一*3

3.1. はじめに

柑橘類の果皮に高含量で含まれるポリフェノール成分、ノビレチン (NOB) は人の健康の維持に重要な活性を数多く示す。例えば、抗がん作用、がん細胞転移抑制作用、抗炎症作用、軟骨破壊抑制作用、記憶改善作用等である。当研究室では、予てよりNOBの多彩な活性に注目し、その有用性について検討を加え、含有する柑橘類果皮の機能性食品への応用を検討してきた。本報では、これらの研究の一環として、NOBの化学療法剤との併用による副作用軽減効果、TEAD活性化抑制作用、サーチュイン活性化作用、神経細胞死防御効果等について述べる。

3.2. 肺癌化学療法剤との併用による副作用軽減効果

日本において、肺がんは変異型EGFR や融合遺伝子EML4-ALK をもつ患者に対しては、それぞれゲフィチニブ⁶⁾ やクリゾチニブ⁷⁾ などの分子標的抗がん剤が第一選択薬として使用されている。一方、これらの異常遺伝子を持たない非小細胞肺癌に対しては、5割弱の患者にpaclitaxel (PTX) とcarboplatin (CBDCA) の化学療法剤2剤併用療法が適用される⁶⁾。しかし、腎障害、肝障害、神経障害、嘔吐、脱毛等の副作用があり、投薬を拒否する患者が半数にも及ぶ。そこで、化学療法剤の投与量を減らして副作用を軽減させる第3の化合物の創出が求められている。沖縄産柑橘類シークァーサーの外果皮に含まれるNOBはがん細胞の増殖をG0/G1期で制御することが知られていることから、2種類のヒト非小細胞肺癌株A549株を用いて、NOBと化学療法剤との併用が抗がん効果に及ぼす影響を調べた。即ち、ヌードマウスの背中皮下に、A549細胞を移植し、化学療法剤 (PTXとCBDCA)^{8,9)} を6日おきに腹腔内に投与し、NOBは隔日に経口投与し、併用療法の有用性を検討した。化学療法剤とNOBとを併用して投与したマウスでは、腫瘍サイズは、コントロールと比べて41%にまで減少し、化学療法剤単独で観察されたマウスの死亡例が減少した。また、体重減少もなかった。これは、NOBを併用することにより、毒性が軽減した結果であると推定された¹⁰⁾。今回、この効果を分子レベルで検討するために、Western blot法を利用して化学療法剤とノビレチンを併用することにより、細胞周期及びアポトーシス関連タンパク質の発現量がどのように変化するかを調査し

た。その結果、これまでの結果と対応して、細胞周期関連タンパク質、CDK4, cyclin D1 がdown-regulationし、アポトーシス関連タンパク質cleaved PARP, caspase3が減少した。このように、NOBが細胞周期をG0/G1期で制御し、がん細胞の増殖をcytostaticに抑制していることが判明した¹⁰⁾。

3.3. ノビレチンの転写因子TEADの活性抑制作用

TEADの活性は、Hippo経路によって制御されており、細胞の低密度状態ではYAPが核内移行し、TEADと複合体を形成して細胞増殖を促進する¹¹⁾。一方、高密度状態では、YAPはリン酸化されて核内移行されず、TEADの活性は抑制される。実際のがん組織においても、TEADの活性化が認められている。また、炎症性疾患や組織線維症にも関わっているといわれている。本プロジェクト研究員である竹本大策博士は、転写因子TEADが活性化した際にホタルルシフェラーゼを発現する人工遺伝子を導入したAML-12肝細胞を作製した。この系を用いた評価で、NOBがこのルシフェラーゼの発現を有意に抑制し、TEADによる転写活性抑制効果があることを認めた。

3.4. サーチュイン1活性化作用

ブドウの成分レスベラトロールは長寿遺伝子sirtuinを活性化することが知られてから、その健康食品への利用が注目されている。米国では、サプリメントとして年間数十億の売り上げがあり、日本でも数社が健康食品として販売している。しかし、この化合物のSirt1活性化能はそれほど高くない。NOBとアピゲニン誘導体に、レスベラトロール以上のSirt1活性化能があることが報告されている¹²⁾ので、レスベラトロールを陽性対照化合物として、これらの活性を再調査した。その結果、NOBは用量依存的に活性を上昇させ、100 μ Mでcontrolに比し、約120%の活性を示した。また、アピゲニン誘導体は25 μ Mで約120%を示し、100 μ Mでは65%となった。一方、レスベラトロールは、25 μ M、100 μ MいずれにおいてもSirt1を活性化しなかった。

3.5. 神経細胞保護効果

東北大学大学院のグループによる研究で、NOBには脳内アミロイド β の蓄積を抑制し、記憶障害を改善する認知症改善効果があることが認められている¹³⁾。彼らは、NOBを含む柑橘類果皮を抗認知症機能性食品として開発することを目指している。我々は、大阪大学医学部佐々木勉医学部講師に依頼して、NOBの脳虚血などの脳血管障害における神経保護効果を調べた。即ち、ラット大脳皮質由来の初代神経細胞培養系を用いてOGD負荷に

*3 化学生命工学部教授 薬学博士

よる神経細胞死保護効果を調べた。その結果、用量依存的に神経細胞死保護効果があることが分かった。NOBはSirt1を活性化することから、この作用によって神経細胞保護効果が増強された可能性も考えられる。また、前述のように細胞周期をG0/G1期で制御し、アポトーシスを誘導しなかったことから、生存シグナル関連タンパク質の活性化による細胞死防御効果がある可能性がある。このように、NOBには抗認知症効果だけでなく、神経細胞死防御効果も期待される。今後、その有用性について検討を重ねていきたい。

3.6. まとめ

これまで、柑橘類含有ポリフェノール類NOBに関して、様々な生物活性を調べてきた。本化合物は、細胞周期をG0/G1期で停止して細胞増殖を抑制する。また、化学療法剤との併用で、アポトーシス、ネクローシスを誘導することなく、がん細胞の増殖を抑制する。更に、転写因子TEADの活性を抑制する能力があることから、ピロリ菌による胃上皮細胞慢性炎症の抑制効果等が期待できるかもしれない。一方、長寿遺伝子産物活性化作用や虚血再灌流後や神経変性症による神経細胞死保護効果も期待される。また、文献によれば、花粉症等のアレルギー反応予防効果も期待できる。柑橘類果皮を収穫後、残留果樹殺菌剤¹⁴⁾を十分に検査した上で、機能性食品として開発することが望まれる。

4. 食品廃棄物由来メラニン産生制御物質の探索

長岡康夫^{*3}、住吉孝明^{*4}、橘田浩二^{*5}

4.1. メラニン産生機構について

メラニン色素は、主に皮膚や毛髪に存在し、紫外線から生体を守る防御物質として重要な働きがある。一方、メラニン色素は、その種類、量、分布などにより容姿の印象を大きく左右することから、その制御物質が化粧品(医薬部外品)の成分として注目されており、より高性能で安全性の高い新規物質の開発が求められている。そこで我々は、比較的安全性が高いと期待される食品関連天然物からのメラニン産生制御物質の探索とその活性メカニズムの研究を行った。

メラニンには、黒色のeumelaninと橙赤色のpheomelaninが存在することが知られており、何れもアミノ酸の一種であるtyrosineを基質とした酵素(thyrosinase)酸化反応により生じる、dopaquinoneを出発物質として生合成される。Dopaquinone生成後の酵素(TRPs)反応や付加重合反応の違いにより、eumelaninとpheomelaninが

産生する(図4)。したがって、TyrosinaseやTRPsの酵素活性の制御や、これらの細胞内での発現制御などがメラニン産生をコントロールする上で鍵となる。

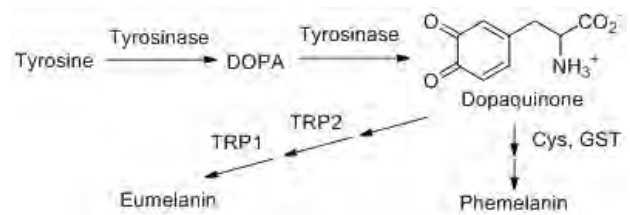


図4. メラニン色素の産生機構

TyrosinaseやTRPsの発現に関するシグナル伝達系には幾つかの経路が知られているが、紫外線照射などによるメラニン産生刺激ホルモン(α -MSH)の傍細胞分泌を起点にする経路が主要なものと考えられている。この経路では、Gタンパク共役型の受容体への α -MSHの結合により、二次伝達物質のcAMP量が増加し、その結果、タンパク質キナーゼC(PKC)の活性化が起こる。PKCは転写因子CREBを活性化し、その結果発現するMITFがTyrosinaseやTRPsの発現を上昇させる(図5)。したがって、この伝達経路を制御する分子に対する作用は、細胞内のメラニン産生量に大きな影響を及ぼす。

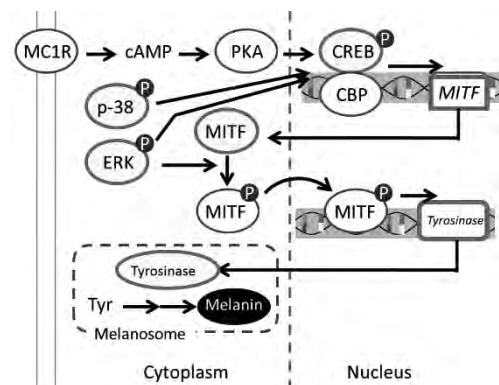


図5. メラニン産生の細胞内シグナル伝達機構

4.2. メラニン産生制御活性の評価方法について

我々は、マウス由来のB16メラノーマ細胞を用いて、細胞内メラニン産生に影響を及ぼす物質の探索を行い(図6)、その物質の単離構造決定を行う¹⁵⁻¹⁷⁾。新規活性物質が得られた場合は、その作用メカニズムを検証する。酵素阻害活性試験については、mushroom tyrosinaseのDOPAからdopaquinoneへの変換を指標として行う。細胞内シグナル系への影響については、western blot分析による関連タンパク質の発現状況や、RT-PCRによるmRNA転写レベルの解析を指標にする。最終的には、シグナル伝達系の各種阻害剤を活用し、活性物質の標的となるタンパク質を確定する。

*4 化学生命工学部准教授 博士(薬学)

*5 地方独立行政法人大阪府立環境農林水産総合研究所 主任研究員

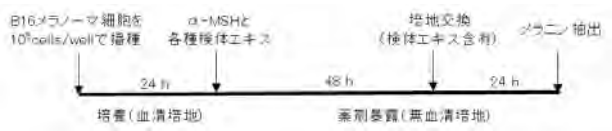


図6. 各種活性エキス（検体）の投与スケジュール

4.3. 農産物由来の被検体について

活性物質の探索対象としては、食経験や身体への適用経験が豊富な農作物とする。特に、食品廃棄物由来の成分の解析をバイオマスの高付加価値化という観点からも農産物を対象として進める。活性化化合物の単離・構造決定には、各種クロマトグラフィー、LC-MS、高分解能NMRを駆使して行う予定である。

既に我々は、ある種の食品廃棄物の分画エキスが、B16メラノーマ細胞に対する α MSH刺激によるメラニン産生を抑制することを見出している（図7）。この分画エキスの原料は大阪府内産農産物であり、可食部にもなる部分の抽出エキスである。食品廃棄物をメタノール抽出後、そのエキスを順次、水-ヘキササンと水-クロロホルムで分画し、水層をHP-20疎水性吸着カラムに吸着した後にメタノール-水系の溶出液で順次溶出したものである。図7は、検体を作用させて細胞を遠心分離により集めたものであるが、この図から溶出液のメタノール含量が比較的高い画分（Fr.3~Fr.7）にメラニン産生抑制効果が認められることがわかる。我々は、この成分の単離と構造決定を皮切りに、様々な活性成分の同定を目指す。



図7. HP-20溶出画分のB16メラノーマ細胞に対するメラニン産生抑制活性

5. マウスを利用した天然物の評価

竹森洋*⁶、竹本大策*⁷

有用天然物のスクリーニングには、*in vitro*のアッセイ系や培養細胞が利用される。一方、生体レベルでの有効性に関しては、マウスなど実験動物を利用することが一般的である。しかしながら、実験動物での検証は時間と労力が必要であるのみならず、期待する結果を得られることは希である。

我々はこれまで、短期間により簡便に実験動物で有用天然物を評価する系を構築してきた。例えば、毛色調節

に關与する塩誘導性キナーゼ2（SIK2）の遺伝子を半分にすることで、メラニン合成制御剤の効果を高める操作を加えたマウスを利用して、生体レベルでメラニン合成を亢進させることが可能な天然物（フィセチン）などを同定できた¹⁸⁾。その他、様々な神経薬理薬へのマウスの反応性変化を活用し、神経シグナル伝達能が前もって低くなっているマウス（Grid2欠損マウス）の特定に成功した¹⁹⁾。このマウスは認知症薬メマンチンへの反応性が亢進することから、同様の効果を発揮する天然物の評価に適していると期待している。

一方、実際に病態改善に有効であるか否かは、病態モデルを作成して実証する必要がある。そこで今年度は、フィセチンの白髪予防効果を、白髪モデルマウスを作成して検証した。

通常の黒色マウス（C57BL/6J）は、雄が白髪になることがある。しかしその程度は僅かで、かつ、発生まで時間がかかる。そこで、放射線照射による毛根メラノサイトの死滅促進を介した白髪モデルを作成することにした。マウスを10GyのX線照射処理を行い、骨髄移植にて免疫系をレスキューさせた。その後2ヶ月間飼育を続けると、ほぼ全ての個体の毛色が約50%ほど白髪となり、マウスが灰色となった。そこで、X線照射後から通常食、フィセチン含有食（0.1%w/w）の2群（n=3）に分けて飼育することにした。フィセチンの量に限りがあったため、処理はX線照射後の1ヶ月間とし、その後の1ヶ月間は両群とも通常食で飼育した。



図8. フラボノイドフィセチンによる、X線照射後の白髪防止効果

図8に示すように、通常食群で全ての個体が白髪となったが、フィセチン群は殆ど白髪の個体が出なかった。このことは、フィセチンに毛根メラノサイトの保護効果があることを示唆するものである。また、マウスの毛周期が数ヶ月であることを考慮すると、フィセチンによるメラノサイト保護効果は、X線照射後間もなく（~1ヶ月）に発揮されたと予想され、メラノサイトが活性化される毛の生え換わる時期とは関係がないように思われる。メ

*6 独立行政法人医薬基盤研究所プロジェクトリーダー 博士（医学）

*7 先端科学技術推進機構ポスト・ドクトラル・フェロー 博士（農学）

ラノサイトが活性化される時期に有効であった場合は、SIK2-KOで示されたメラノサイトのメラニン産生量を亢進効果で説明できるが、今回の現象はX線障害からの細胞死を抑制することでメラノサイトを保護したものと予想される。

ヒトの毛髪は絶えず成長しており、メラノサイトも普段から活性化している。その意味で、メラノサイトの細胞死の機構は、マウスとヒトでは異なることが予想される。フィセチンがヒトでも効果がある場合は、骨髄移植治療による白髪化の防止や、老化に伴う自然発生的白髪予防に有効であると予想される。また、今回は摂取させたが、塗布で効果があるかは興味深い。今回の研究は、天然物フィセチンがメラニン産生促進作用を有することに加え、メラノサイトの保護効果を示すことを示唆するものである。

6. エノキタケからの接着タンパク質含有新規機能性エキス抽出とその機能性

河原秀久*⁸

6.1. エノキタケ産業の現状について

昨今、エノキタケの全国生産量は徐々に増加しており(図9)、多くのエノキタケ生産業者(農家)は過当競争に曝されている。エノキタケの需要は、年間通して安定ではなく、鍋の季節の冬季に多く、夏季は少ない。1kgのエノキタケ製造コスト(製造原価+販売管理費+営業外損収益+減価償却費)は259円であり、月毎の販売単価がこの製造コストを上回っている月が12月~1月のわずか3か月間である(図10)。フル生産すれば需要が少ないため供給過剰となり、赤字経営になってしまう夏季においては生産量を調整し、しかもエノキタケ出荷価格もかなり抑えられている。そのためエノキタケ業者の収益は、秋季から冬季で補っているのが現状である。1985年に比べて、近年エノキタケ生産業者の拡大によ

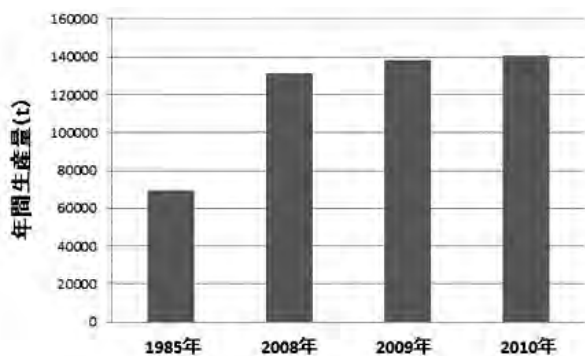


図9. 全国エノキタケ生産量の変動

り総生産量も増加しているために、市場における年平均価格も低下しており、2010年には233円/kgとなっている。この現状を打破するためには、エノキタケの高付加価値化と年間通した安定な収益確保が生産業者の緊急課題となっている。

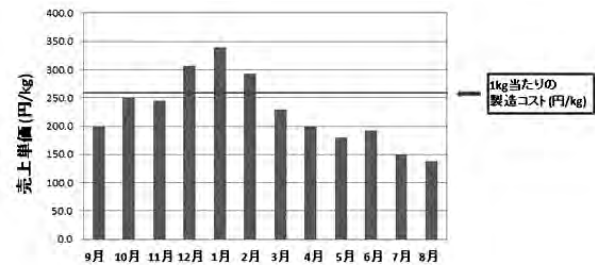


図10. ある1年における年間市場価格変動

古くから、エノキタケの生理活性機能は注目され、エノキタケ成分(タンパク質)の抗がん作用²⁰⁾やエノキタケ自身の健康機能性食品²¹⁾(キノコキトサン、エノキ氷)として開発研究が行われてきている。もし、その他の特定の高性能成分を付加した機能性エノキタケの栽培を可能にするか、あるいは従来の食用エノキタケから新機能性の発見できれば、年間を通して安定した需要が見込まれ、キノコ栽培経営の収益向上にも繋がることになると考えられる。

我々は、エノキタケの低温ストレスに対する細胞応答に着目し、低温馴化したエノキタケの菌糸および子実体が複数の機能性物質(肝臓保護物質²²⁾、PPAR δ 活性化剤²³⁾)を含有し、簡単な製造工程を構築した。その中で、加工食品の物性(硬さや粘性など)を調節できる熱水可溶性接着タンパク質を発見し、その物性および機能性について明らかにした。

6.2. エノキタケからの接着タンパク質の抽出とその構造解析

生エノキタケは、水分88.6%、タンパク質2.7%、脂質0.2%、炭水化物7.6%、灰分0.9%である。乾燥の場合、タンパク質23.7%、脂質1.7%、炭水化物66.7%となる。これまでに抗がん作用、ダイエット効果などは全て炭水化物である多糖成分が注目されており、タンパク質に関する機能性はあまり着目されていなかった。

鍋やお味噌汁にエノキタケを入れて調理した場合、調理後の鍋にエノキタケが乾燥して付着することに着目し、接着性の機能について検討を行った。

一般に真菌類(カビやキノコ)は、その菌糸表面にハイドロフォビンという疎水性の高い、低分子タンパク質(分子量15,000以下)を分泌生産している²⁴⁾。このタンパク質は熱水に不溶で、接着活性および界面活性、起泡

*8 化学生命工学部教授 学術博士

性など多様な機能を発揮し、多くの企業が注目し、化粧品用途および食品用途への応用が期待されている。現在、Trichoderma由来ヒドロフォビンの遺伝子組換えタンパク質のみが工業化され、化粧品などへの応用展開をしている。しかしながら、組換えタンパク質である点から食品用途への利用はされていない。

そこで、エノキタケ子実体からヒドロフォビン抽出方法を改善した新たな方法を構築した。図11に示したように、酢酸やエタノールを利用することによって、エノキタケより熱水可溶性な接着性を持ったタンパク質を含有していることを発見した。なお、このタンパク質の接着性評価は、ヒドロフォビンの接着性評価に利用されている人の髪の毛への接着性で評価した。

その結果、エノキタケ脂質抽出残渣(乾固)からタンパク質の収率は0.8%(w/w)であった。この収率は従来のヒドロフォビンの50%であった。このエキス中のタンパク質は、分子量30,000以下の限外ろ過膜で分離した。その結果、接着活性は分子量30,000以下の画分に存在したので、電気泳動によって解析をした。エキス中には分子量20,000以下に3本のタンパク質およびペプチドのバンドを確認できた。この物質はさらにゲルろ過することによって、髪の毛に結合できる接着活性を有していることも確認できている。

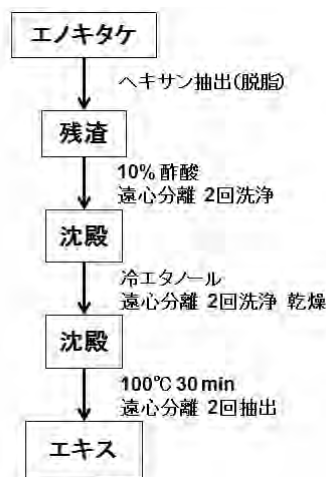


図11. 抽出スキーム

6.3. エノキタケからの接着タンパク質エキスの機能性

これまで、この分離方法によって得られた接着タンパク質エキスのタンパク質は複数の多糖に結合することを確認している。一般に、寒天やゼリーに使うゲル化剤は、クエン酸などの有機酸と一緒に酸性条件下(pH4.0以下)で加熱処理した場合、ゲル化できない。チアパックゼリーや寒天が入ったハードヨーグルトなどは、有機酸の添加量の抑制およびpH調整によって商品化している。そこで、このエキスの接着機能がクエン酸添加した

寒天のゲル化にどのような影響があるのかを検証した。

1.5%(w/v)寒天懸濁液(pH3.0および4.0)に、クエン酸(0.5~3.0mM)およびエキス(タンパク質量50, 100μg/ml)をpH3.0および4.0に調整した後添加し、121°C、15分間オートクレーブ処理した。室温で1時間静置し、固化後、その固まり具合を観察した。

その結果、図12に示したような結果となった。pH3.0では、どのクエン酸濃度でも無添加の場合、寒天は固化しなかったが、クエン酸0.5mMおよび1.0mMでは、エキス添加によってゆるく固まることを確認できた。一方、pH4.0の場合、同条件ではエキス添加によって固化し、クエン酸3mM添加においても、エキス100μg/ml添加で固化した。この効果は、酸性でクエン酸添加条件下オートクレーブ処理した寒天懸濁液に、エキスを添加した場合では固化は確認できなかった。このことは、熱処理する際のクエン酸による寒天多糖分子の切断を何らかの形で妨げていると予測できた。この寒天ゲルの硬さは、添加量によって調節することができることも判明した。

		クエン酸濃度		
添加物		3 mM	1 mM	0.5 mM
pH 3.0	0 μg/ml	ゲル化しない	白濁した	白濁した
	50 μg/ml		ゆるく固まった	ゆるく固まった
	100 μg/ml			
pH 4.0	0 μg/ml	白濁した	ゆるく固まった	ゆるく固まった
	50 μg/ml		ゲル化した	ゲル化した
	100 μg/ml	ゲル化した		

図12. クエン酸存在下の寒天固化への影響

6.4. 展望

今回、エノキタケのバイオリファイナリーの一環で、接着タンパク質エキスの製造に成功し、その新たな機能性を見出すことを確認した。このエキスの機能性として、紛体への接着や乳化性、起泡性など多様な機能を見出している。この多様な機能はタンパク質単独だけでなく、エキス中の他の成分との相乗効果によって、機能向上されていると予測している。現在、更なる機能性についても検討を開始している。このような多機能なエキスは、2015年2月より共同研究先の有限会社一栄(長野市)が試験製造を開始する²⁵⁾。また、このエキスを利用した商品開発も進んでおり、商品化のビジネスモデル案は、商学部2回生のテクコレスという講義の一環で、イノベーション対話プログラムの中で提唱された。そのエキスを

添加した商品は、3月以降に蕎麦、パン、生和菓子などの販売が開始される予定である。

このエキス中の接着機能を有するタンパク質は現在構造解析中で、構造が明らかになれば新たな機能を見い出せると予測している。

7. 腸管IgA産生を増強する廃棄農産物由来成分の探索

山崎(屋敷)思乃^{*9}、片倉啓雄

7.1. 緒言

体内にウイルスや細菌などの病原体が侵入すると、これらを排除するためにB細胞から抗体が産生される。B細胞の細胞表面にははじめIgM抗体が出ており、抗原に結合すると分裂・増殖を経て、IgM抗体を細胞外に分泌するようになる。その後、サイトカイン等の刺激により、抗原との結合能力の高いIgGやIgAなどのクラスの異なる抗体を産生するようになる。中でも、IgAは病原体の感染部位となりやすい粘膜上に分泌され、病原体の排除の中核を担っている。したがって、IgMおよびIgAを多く誘導することができれば、病原体感染初期の生体防御および感染症の予防・治療に有利となる。

これまでに乳酸菌やビフィズス菌などによるIgA産生増強効果は数多く報告されているが^{26,27)}、農産物をはじめとした食品成分についての報告はあまりない。また、IgM抗体の重要性が認識されて間もないことから、IgM抗体産生に対する作用に注目した報告は少ない。

そこで本研究では、廃棄農産物由来成分にIgMおよびIgA産生増強効果を見出すことで、廃棄農産物に新たな高付加価値を付与することを目指す。本年度は、まず、食餌成分が直接的に作用する腸管に注目し、腸管免疫において主要なリンパ組織であるパイエル板の細胞を用いて抗体産生を細胞レベルで評価できる*in vitro*評価系を構築した。さらに、本評価系を用いて、廃棄農産物からエタノール抽出法および熱水抽出法により調製したエキスについて、IgMおよびIgA産生誘導効果を評価した。

7.2. 実験

(1) 廃棄農産物からのエキス抽出

廃棄農産物からのエキスの抽出法を図13に示す。廃棄農産物サンプルを60℃で乾燥後、粉碎し、粒径225-335μmの乾燥試料を得た。熱エタノール抽出については、乾燥試料20gを100mlのエタノールで60℃にて20時間ソックスレー抽出を行った。得られた抽出物を減圧乾燥し、DMSOにて10mg/mlに溶解したものを評価サンプルとして用いた。熱水抽出については、乾燥試料5gに

イオン交換水100mlを加え、pH2およびpH10に調整するものとpH調整をしないものを用意し、それぞれ100℃にて90分間加熱抽出した。その後、吸引ろ過により残渣を除いた可溶性画分を評価サンプルとした。熱水抽出エキスの濃度は、評価サンプルを乾燥後、重量を測定することで算出した。

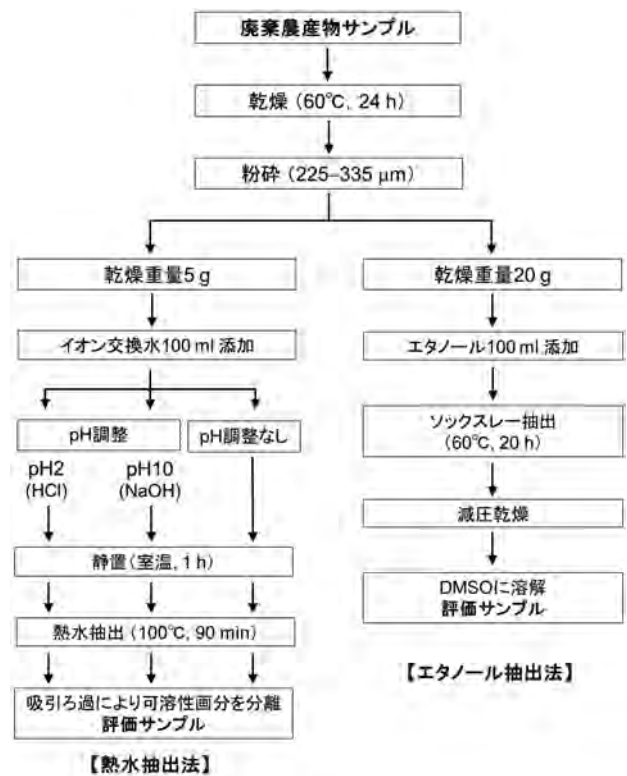


図13. 廃棄農産物からのエキス抽出法

(2) *In vitro*における抗体産生評価系

パイエル板細胞は、BALB/cマウス(8-10週齢、雌性)より調製した。マウスを安楽死させた後、小腸を取り出し、パイエル板を採取した。パイエル板細胞は、パイエル板を細断した後、コラゲナーゼ処理することで単離した。培養用培地として、10%ウシ胎児血清、100U/mlのペニシリン、100μg/mlストレプトマイシンおよび55μMの2-メルカプトエタノールを含むRPMI培地を用いた。パイエル板細胞に所定濃度で評価サンプルを添加した後、96穴プレートに 1.0×10^5 cells/wellとなるように播種し、37℃、5%CO₂存在下で4日間培養した。培養上清中のIgMおよびIgA濃度は、ELISA法により測定した。

7.3. 結果および考察

表4に示した12種の廃棄農産物からエタノール抽出法(各1種)および熱水抽出法(各3種)により全48種のエキスを調製した。熱水抽出については、抽出後の可溶性画分を乾燥させて所定濃度に再溶解する方法では、多くの不溶化物が析出し、有効成分のロスが懸念さ

*9 化学生命工学部助教 博士(工学)

れたため、抽出後の可溶性画分をそのまま評価サンプルとして使用することとした。

抗体産生評価系については、グラム陽性菌の細胞壁成分の認識に関わるToll-like receptor (TLR) 2の合成リガンドであるPam3CSK4がパリエル板細胞からのIgMおよびIgA産生を再現よく誘導したことから、毎回の培養においてポジティブコントロールとして使用した。廃棄農産物から調製した全48種の評価サンプルをパリエル板細胞にそれぞれ添加し、培養後のIgMおよびIgA濃度から各評価サンプルの抗体産生誘導能を評価した。その結果、熱水抽出法により調製した数種のエキスに顕著なIgM産生誘導効果を見出した。しかしながら、IgA産生の誘導作用は見出せなかった。

表4. エキス抽出に使用した廃棄農産物サンプル

エキス抽出に使用した廃棄農産物とその部位	
清見オレンジ (外果皮)	生サツマイモの外皮
清見オレンジ (内果皮)	焼サツマイモの外皮
ボンカンの外果皮	生味噌
大豆の外皮	こげ味噌
渋皮栗の渋皮	梅の種の殻
栗のいが	梅酒に用いた梅の果肉

7.4. 結言

12種の廃棄農産物からエキスを調製し、パリエル板細胞を用いた抗体産生誘導系にてIgMおよびIgA産生誘導効果を検討したところ、数種の熱水抽出エキスにIgM産生誘導効果を認めた。今後、本エキスの分画を行い、IgM産生誘導効果を示す成分を同定するとともに、標的細胞の解析など細胞レベルでの作用機序の解明を行う。また、マウスを用いた*in vivo*実験により、個体レベルでのIgM産生誘導効果についても検証する。

農産物に免疫調節成分を見出すことができれば「食」を介した免疫系の制御の可能性が広がる。今後、評価対象となる廃棄農産物の種類を増やし、さらなる有効成分の探索も進めたい。

8. バイオマス炭化物の水蒸気吸着特性

林順一*2

8.1. 緒言

バイオマスの転換プロセスのひとつに炭化がある。炭化によって得られた炭化物は燃料（エネルギー）としての利用、材料（マテリアル）としての利用が可能である。炭化物の利用法のひとつに調湿剤がある。これは、炭化物の湿度が高いときには水蒸気を吸着し、湿度が低いときには水蒸気を脱着する機能に基づく。

そこで、バイオマス炭化物に対する水蒸気吸着特性（吸着量、吸着速度）を検討し、バイオマス炭化物の物性が吸着特性に及ぼす影響について検討した。

8.2. 実験

(1) 原料

実験に用いたバイオマスはヤシガラ、竹、バナナの皮、ミカンの皮、サツマイモの皮、焼酎粕、茶殻を原料に用いた。元素分析値を表5にまとめた。

表5. 原料の元素分析値

サンプル	灰分 [wt% (d.b.)]	元素分析値[wt% (d.b.)]			
		C	H	N	O (diff)
ヤシガラ	1.09	51.08	6.13	0.25	41.45
竹	0.46	48.91	6.56	0.39	43.69
バナナの皮	10.05	43.29	5.53	1.49	39.65
ミカンの皮	1.95	44.69	5.44	1.18	46.74
サツマイモの皮	4.10	42.36	5.30	0.22	48.02
焼酎粕	3.78	46.39	7.28	3.73	38.82
茶殻	5.03	48.62	6.45	5.65	34.25

(2) 炭化

各バイオマスを110℃真空乾燥後、粉碎器によって粒径0.50mm以下に粉碎した。粉碎したバイオマスをセラミック製の容器に載せ、窒素気流中で昇温速度10℃/minで所定の炭化温度（500～1000℃）まで昇温し、その温度で1時間保持して炭化を行った。

(3) 炭化物の物性

得られた炭化物に対する25℃における二酸化炭素吸着等温線を定容系回分式吸着量測定装置(BELSORP28, マクロトラックベル製)で測定し、Marshの方法²⁸⁾によって比表面積を求めた。

(4) 水蒸気吸着特性

炭化物に対する25℃水蒸気の吸着等温線を定容系吸着量測定装置(BELSORP18, マクロトラックベル製)を用いて測定した。得られた吸着・脱着等温線から相対圧（相対湿度）0.90と0.55における吸着量（ $W_{0.90}$, $W_{0.55}$ ）を求め、その差（ $W_{0.90} - W_{0.55}$ ）によって調湿能を評価した。

また、最初の吸着平衡に達するまでの吸着量の経時変化を求め、平衡吸着量の半分の吸着量に達するまでに要する時間（吸着時定数）を求めた。吸着時定数の値が小さいほど吸着速度が速いということになる。

8.3. 結果と考察

(1) 水蒸気吸着等温線

図14に各バイオマス炭化物（炭化温度800℃）に対

する水蒸気吸着等温線を示した。バナナの皮、サツマイモ、焼酎粕、茶殻の水蒸気吸着等温線は高湿度域（相対圧 0.8 以上）で吸着量が大きく増加していることがわかる。これ以外のヤシガラ、竹、ミカンの皮の場合、高湿度域の吸着量の増加はほとんど見られない。このように、バイオマス炭化物の種類によって水蒸気吸着量が大きく異なることがわかった。

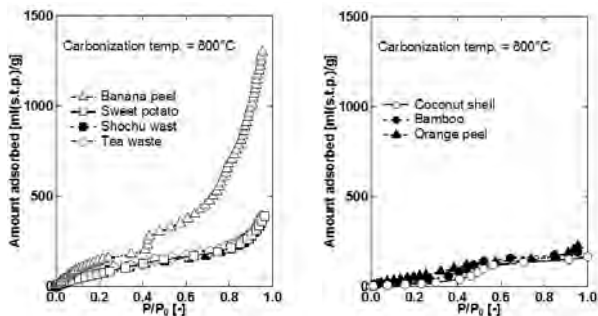


図14. 各種炭化物に対する水蒸気吸着等温線

(2) 炭化物の物性

バイオマス炭化物の種類によって水蒸気吸着量が大きく異なる要因について検討した。

一般に、比表面積が大きいほど吸着量は増加する。そこで、図 15 に炭化温度における各バイオマス炭化物の比表面積について示した。

バナナの皮以外の炭化物は、炭化温度の上昇とともに比表面積が緩やかに増加した後、減少する傾向にある。比表面積の増加は揮発分の生成によるものであり、減少は熱収縮によって細孔入口付近が閉塞されたためだと考えられる。

一方、バナナの皮の場合、900℃以下では比表面積が非常に小さいが、1000℃になると比表面積が大きく増加した。表5に示すように、バナナの皮は他のバイオマスと比べて灰分が多い。このため、900℃以下では灰分が細孔を閉塞して比表面積が非常に小さいが、1000℃になると灰分の揮発により、塞がれていた細孔入口が解放され、比表面積が増加したと考えられる。

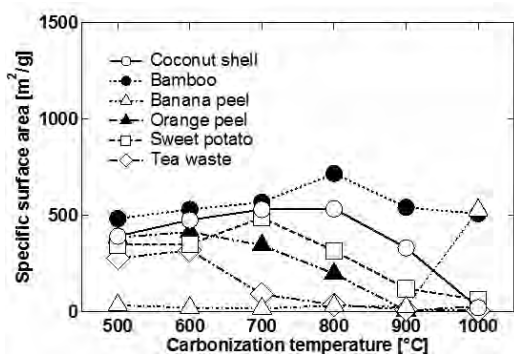


図15. 炭化温度がバイオマス炭化物の比表面積に及ぼす影響

炭化温度 800℃における各炭化物の比表面積を見るとバナナの皮炭化物が一番小さい。しかし、図 13 に示すように、水蒸気吸着量は非常に大きい。このことから、バナナの皮炭化物に対する水蒸気の吸着は細孔以外でも起こっていると考えられる。

高湿度域で吸着量が増加しているバナナの皮、サツマイモの皮、焼酎粕、茶殻は表5に示すように、その他のバイオマスと比較して灰分量が多いことがわかる。このことから、吸着量の増加の要因として炭化物中の灰分が考えられる。

吸着量の増加が大きかったバナナの皮炭化物について X線回折分析を行うと、炭化物に塩化カリウムが含まれることがわかった。

(3) 調湿能

各バイオマス炭化物の調湿能に及ぼす炭化温度の影響を図 16 に示した。ヤシガラ、竹の炭化物は炭化温度によらずほぼ一定の調湿能を示した。サツマイモの皮炭化物は炭化温度の上昇に伴い、調湿能はやや低下する傾向が見られた。焼酎粕炭化物は炭化温度 800℃付近で調湿能が最大となった。茶殻炭化物は炭化温度 700℃以上で大きく調湿能が向上した。バナナの皮炭化物が他の炭化物と比較して非常に優れた調湿能を有しているが、炭化温度 900℃以上で調湿能が大きく低下していることがわかる。これは、吸着量の増加に大きく影響する塩化カリウム（融点：776℃）が、800℃を越えると気化して炭化物中から消失するためだと考えられる。

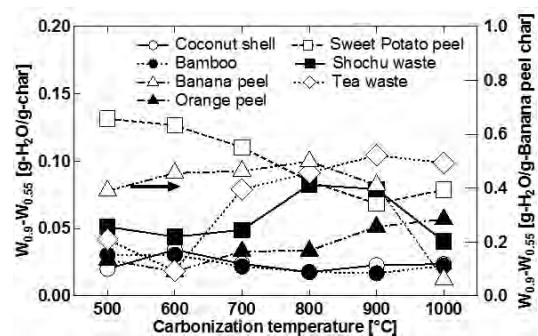


図16. 炭化温度が調湿能に及ぼす影響

(4) 水蒸気吸着時定数

次に、水蒸気吸着速度について検討した。図 17 にその結果をまとめた。炭化温度 600~800℃のバナナの皮炭化物は、他のバイオマスの炭化物よりも吸着時定数が少し大きな値となっている。しかし、その差は非常に小さいため、湿度変化に対する応答性はあまり違いがないと考えられる。

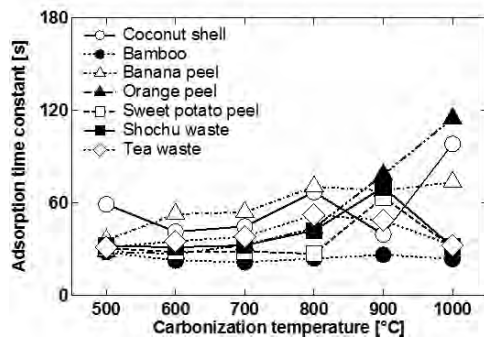


図17. バナナの皮炭化物の調湿能

8.4. 結言

バイオマス炭化物に対する水蒸気吸着等温線は炭化物中の灰分に大きく影響されることがわかった。特に、バナナの皮炭化物は、多量に含まれる塩化カリウムの効果によって高相対圧領域での大きな水蒸気吸着量を示した。このため、優れた調湿能を有することが明らかとなった。

現在は、実験室規模の炭化物量で水蒸気の吸着特性から調湿能を評価している。今後、バナナの皮などの廃棄物系バイオマスを大量に排出する企業、炭化物を大量に製造できる企業、住宅関連の企業と共同して実際規模での調湿能の評価、問題点などについて検討する。

9. 天然素材を使用した染毛剤の実現可能性の検討

池内裕美*10

9.1. 研究の背景と近年のヘアカラー市場の動向

本研究は、長岡が開発した「天然酸化酵素およびポリフェノールを用いた染毛剤」が、実際にどの程度商品化の可能性があるのかを検討することを主目的とする。具体的には、バナナやサツマイモの皮に含まれるポリフェノールは、酵素と反応すると黒い斑点ができるが、この仕組みを応用したヘアカラー（白髪染め）商品、すなわち天然素材を使用した染毛剤の市場可能性について探索する。

総合企画センター大阪（2013）によると、ヘアカラーの2012年の市場規模は約791億円であり、白髪用が578億円（73.1%）、黒髪用が213億円（26.9%）となっている。ホーユー、シュワルツコフヘンケル、ダリヤ、P&Gの大手4社でシェアの約66%を占めているため（順に33.6%、12.3%、10.4%、9.9%）、寡占状態に陥っている市場といえる。商品別にみると、白髪用は「ビゲン」（ホーユー）と「ウェラ」（P&G）の2大ブランドが市場をけん引しているが、そもそもブランド間の差別化が困難な市場（コモディティ化市場）であるため、多くの商品は価格競争に陥り、売上が減少している。

なお、本研究では天然素材を適用するにあたり染毛剤を前提としているが、白髪染めは大きく分けると染毛剤と染毛料がある。染毛剤は医薬部外品に分類され、ブリーチタイプやヘアダイなどのヘアカラーを指す。髪の毛に定着するメラニン色素を分解し、髪の毛の内部に染料を浸透させるため染毛力は強いが、頭皮や髪の毛への負担が比較的大きい。染毛料は化粧品に分類され、ヘアマニキュアやヘアトリートメントなどのヘアカラーを指す。髪の毛の表面に付着するだけなので刺激が少なく安全性は高いが、持続期間が染毛剤に比べて短い²⁹⁾。

このように染毛剤と染毛料は、それぞれに長所短所があるが、近年、染毛剤の欠点をカバーするものとして、ヘナを使用した商品が数多く登場し、注目を浴びている。ヘナとは西南アジアから北アフリカにかけて自生しているハーブの一種であり、古代から肌や髪、爪などの染料として利用されている。また、ヘナとは別に天然素材から白髪染め染毛料を開発した例もある。花王株式会社と月桂冠株式会社は、酒を絞って出た酒粕に黒い斑点が生じる「黒粕」現象から麹菌を用いることで「メラニン前駆体」に変換し、白髪をメラニン色素で染める新たな染毛技術の共同開発に成功した³⁰⁾。そして2009年10月、男性用の染毛料「サクセス ステップカラー」が商品化され、販売開始2週目で国内の男性用白髪染めシェア10%（3位）を記録するという快挙を果たしている。

本研究でも、コモディティ化からの脱却の一手段として“天然素材”という付加価値に注目するが、ここでは冒頭でも記したようにバナナやサツマイモの皮を素材として取り上げる。そして、特に白髪染めの主たる購買層である30代以上の男女を対象に、白髪染めの使用実態および天然素材成分を用いた染毛剤に対する消費者のイメージ調査を実施する。本来ならば廃棄されるバイオマスが有効活用され、商品化の可能性が見出されるならば、学術のみならず社会的にも非常に意義あることといえる。

9.2. スクリーニング調査（白髪染めの使用実態）

【方法】

調査対象者および調査方法：Ipsos株式会社のインターネットパネルデータベースから、関東（東京・神奈川・千葉・埼玉）および関西（大阪・京都・兵庫・滋賀・和歌山・奈良）に在住の30歳以上の男女1275名を無作為抽出し、web調査を実施した。回答者本人または同居者が化粧品・薬品関連の職業に就いている者、「白髪がない」と回答した者、および無効回答を除いた有効回答数は1129名となり（有効回収率88.5%）、性別構成は、男性498名（44.1%）、女性631名（55.9%）、平均年齢は42.80歳（SD=10.92、年齢幅30~69）であった。また調査時期は2013年12月であった。

*10 社会学部教授 博士（社会学）

調査目的：白髪染め使用者の使用実態を知ることと共に、調査対象者を次の4条件に分類することを目的とした。条件A（市販の染毛剤使用者）、条件B（市販の染毛料使用者）、条件C（美容院で白髪染めをしている者）、条件D（白髪はあるが、白髪染めをしていない者）。

調査項目：（本論で取り上げる主な項目のみ抜粋）

（1）白髪染めをしているか、（2）主たる白髪染めの方法（染毛剤、染毛料、美容院）、（3）なぜ主にその方法を用いているのか（自由記述）、（4）染毛剤と染毛料の違いは知っているか、（5）天然素材を使用した染毛剤を使ってみたいか

【結果】

(1) 白髪染めをしているか否か

「白髪がある」と答えた 1129 名のうち白髪染めをしている人は 559 名（49.5%）であり、男女別にみると男性は 131 名（26.3%）、女性 428 名（67.8%）であった（ $\chi^2_{(1)} = 191.98, p < .001$ ）。また年代別にみると、男性は 30 代 14.7%、40 代 31.0%、50 代 34.9%、60 代 23.1% というように 50 代までなら増加するが、60 代になると割合が減少していた。一方、女性は 30 代 36.4%、40 代 51.3%、50 代 64.7%、60 代 85.0% というように、年を重ねるごとに線形増加し、減少する年代は見られなかった。また、全ての年齢層において性差が認められ、女性の方が有意に白髪染めをしていることが見出された（30 代から順に $\chi^2_{(1)} = 14.37, p < .001, \chi^2_{(1)} = 34.61, p < .001, \chi^2_{(1)} = 57.94, p < .001, \chi^2_{(1)} = 191.98, p < .001$ ）。

(2) 主たる白髪染めの方法

白髪染めをしている 559 名のうち、主として市販の染毛剤を使用している人は 265 名（47.4%）、主として市販の染毛料を使用している人は 108 名（19.3%）、美容院で行っている人は 186 名（33.3%）であった。男女別にみると、白髪染めをしている男性 131 名のうち染毛剤使用者は 79 名（60.3%）、染毛料使用者は 28 名（21.4%）、美容院利用者は 24 名（18.3%）であった。また、女性 428 名においては、順に 186 名（43.5%）、80 名（18.7%）、162 名（37.9%）となり、男性と女性で美容院の利用率に顕著な差がみられたが、男女ともに主要な白髪染めの方法は染毛剤によるものであった。

(3) 主たる白髪染めの使用理由

上記の白髪染め方法の使用理由について、最初に挙げられた回答を研究協力者 2 名が分類した。その結果、染毛剤の使用理由は 14 個、染毛料を使用する理由は 11 個、美容院で染める理由は 7 個にカテゴリー化された。上位 3 つの使用理由を記すと、まず市販の染毛剤においては、「染まりがいい」（95 名、35.8%）が最も多く、次いで「価格」（58 名、21.9%）、「手軽」（48 名、18.1%）となった。染毛料については、「刺激、痛みが弱い」（46 名、

42.6%）、「手軽」（21 名、19.4%）、「価格」（16 名、14.8%）の順となった。また、美容院においては、「染まりがいい」（70 名、37.6%）が最も多く、以下「手間がいらぬ」（48 名、25.8%）、「自分ではうまくできないから」（35 名、18.8%）が続いた。

(4) 染毛剤と染毛料の違いの認知

白髪染めをしている 559 名のうち、染毛剤と染毛料について「違いがあること自体、まったく知らなかった」人は 210 名（37.6%）、「違いがあるのは知っていたが、どのように違うかまではわからなかった」人は 179 名（32.2%）であった。すなわち約 7 割の人は、染毛剤と染毛料の違いを知らなかった。

(5) 天然素材を使用した染毛剤の使用意向

白髪染めをしている 559 名のうち、（バナナやサツマイモの皮などの）天然素材を使用した市販の白髪染めについて、その使用意向を尋ねた。その結果、「仕上がりが具合（染まりの良さ、色、持続性など）によっては使いたい」と答えた人は 341 名（61.0%）であった。その他、「価格によっては…」 「手軽さによっては…」 「髪へのダメージが少なければ…」 と答えた人も順に 321 名（57.4%） 312 名（55.8%）、296 名（53.0%）であり、天然素材による染毛剤は、「仕上がりが具合」、「価格」、「手軽さ」、「髪への低ダメージ」等が重要な訴求点になることが示唆された（図 18 参照）。

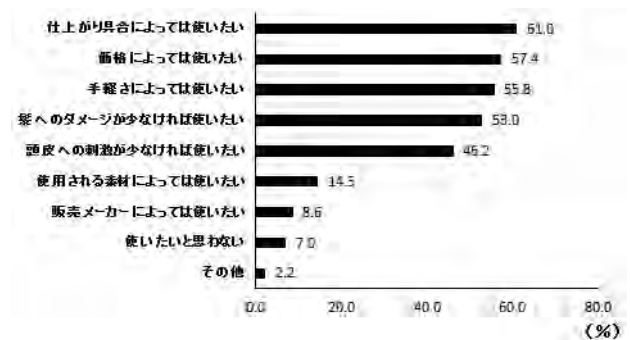


図18. 天然素材の染毛剤への使用意向の割合（白髪染めしている人）

【考察】

白髪染めには 3 つの異なるニーズを持つセグメントが存在し、約 7 割の人は染毛剤と染毛料の違いを知らぬまま、それぞれのニーズに応じた染色方法を用いていることが見出された。すなわち「染まりの良さ、手軽さ、低価格」を重視する人は染毛剤を、「髪や頭皮への安全性、手軽さ、低価格」を重視する人は染毛料を、「（価格よりも）仕上がりの良さ、手間のかからなさ」を重視する人は美容院を主に利用することが示唆された。また、白髪染め使用者の半数以上は、仕上がりが具合や手軽さによっては天然素材を使用した染毛剤を使ってみたいと答えて

いることから、商品の完成度によっては十分に新規参入が可能といえる。

9.3. 本調査（染毛剤使用者の購買・使用実態と天然素材を使用した染毛剤のイメージ調査）

【方法】

調査対象者および調査方法：上記スクリーニング調査の対象となった1129名のうち、条件A（市販の染毛剤使用者）に該当する265名を対象とした。性別構成は、男性79名（29.8%）、女性186名（70.2%）、平均年齢は52.28歳（SD=9.70、年齢幅30～69）であった。

表6. 本調査の対象者

	スクリーニング調査対象	回収数	有効回収数 (白髪がないと回答した者を除いた数)	本調査対象者 (スクリーニング調査で条件Aに該当した者の数)
全体	1275人	1248人	1129人	265人
男性			498人	79人
女性			631人	186人

調査項目：（本論で取り上げる主な項目のみ抜粋）

(1)購買・使用実態（①染毛頻度、②愛用メーカー／ブランド名、③愛用理由、④リピート購入の有無、⑤購入時に重視する点）、(2)購入の際の情報源、(3)購入時に最も魅かれる言葉、(4)天然素材を使用した染毛剤へのイメージ

【結果】

(1) 購買・使用実態

①**染毛頻度：**染める頻度は、連続性のある7カテゴリの中で「1ヵ月に1回程度」が最も多く116名（43.8%）、次いで「2～3ヵ月に1回程度」97名（36.6%）、「1ヵ月に2～3回程度」38名（14.3%）であった。また男女別に検討したところ、有意差が見られたので（ $\chi^2_{(6)} = 18.48, p < .01$ ）、残差分析を行った。その結果、女性は男性に比べ「1ヵ月に2～3回程度」の頻度で染める人の割合が、有意に高いことが認められた（男性5名（6.3%）、女性33名（17.7%）、 $p < .05$ ）。

②**愛用メーカー／ブランド：**研究協力者2名が自由記述回答を分類した結果、メーカーでは「ホーユー」が男女ともに2位の「ダリヤ」を大きく離してトップとなった（男性：56名（70.9%）、女性82名（44.1%））。またブランドの1位は、女性ではホーユーの「ビゲン」（57名、30.6%）、男性では「メンズビゲン」となった（56名、39.2%）。

③**愛用理由：**上記のブランドを愛用している理由については、自由記述回答を研究協力者2名が分類した結果、11にカテゴリ化された。内訳をみると、男女ともに1位は「手軽」（男性：26名（32.9%）、女性48名（25.8%））、

2位は「価格」（男性：23名（29.1%）、女性38名（20.4%））となった。また、女性は「染まりがいいから」（27名、14.5%）、「嫌なにおいがしないから」という理由も多かった（18名、9.7%）。

④**リピート購入の有無：**愛用している染毛剤をリピート購入している人の割合は、男性74名（93.7%）、女性170名（91.4%）であり、男女とも9割を超えていた。染毛剤の購入者はブランド・ロイヤルティが極めて高いといえる。

⑤**購入時に重視する点：**白髪染め購入時に重視する点については、男女ともに「価格」（男性64名（81.0%）、女性149名（80.1%））、「手軽さ」（男性52名（65.8%）、女性133名（71.5%））と答えた人が多かった。しかし、3番目に多かった回答は男女で異なり、男性は「期待される効果」（33名（41.8%））が、女性は「色見本」（102名（54.8%））が続いた（図19）。

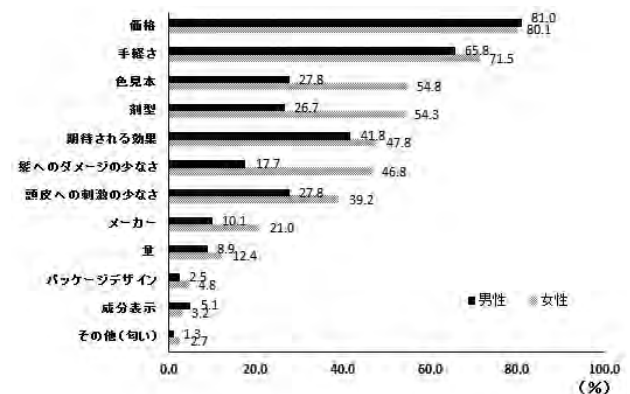


図19. 白髪染め購入時に重視する点の割合（複数回答）

(2) 購入の際の情報源

白髪染め染毛剤の購入時に参考にする情報源としては、「店頭広告」が143名（54.0%）と最も多く、「テレビCM」が121名（45.7%）と続いた。半数以上の人が店頭広告を重視しているのがわかる（図20）。

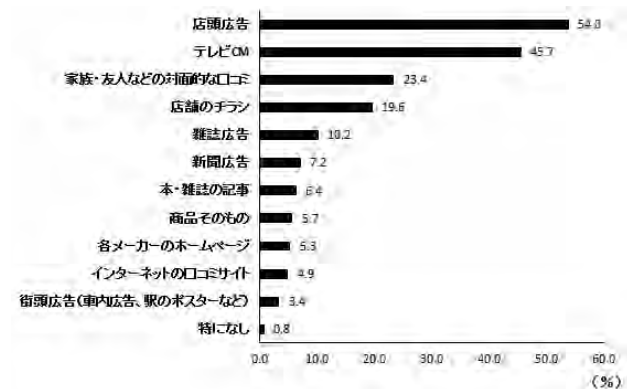


図20. 白髪染め購入時に参考にする情報源の割合（複数回答）

表7. 「天然素材を使用した染毛剤のイメージ項目」の平均値(性別)

項目	全体 平均値	SD	男性 平均値	SD	女性 平均値	SD	F値
面倒くさそう⇔楽しそう	2.98	.76	2.92	.71	3.01	.78	.632
高そう⇔安そう	2.22	.77	2.25	.76	2.20	.77	.278
時間がかかりそう⇔時間がかからなそう	2.26	.81	2.28	.80	2.25	.82	.055
髪にわるそう⇔髪にやさしそう	4.09	.88	4.03	.92	4.12	.87	.684
効果がなさそう⇔効果がありそう	2.96	.71	2.95	.60	2.96	.76	.018
買いたくない⇔買いたい	3.33	.71	3.28	.60	3.35	.75	.642
不安⇔安心	3.68	.94	3.62	.85	3.70	.98	.441
匂いが気になる⇔匂いが気にならなそう	3.28	.94	3.29	.80	3.27	.99	.031
興味がない⇔興味がある	3.62	.95	3.39	.87	3.72	.97	6.523*
染まりにくそう⇔染まりやすそう	2.61	.81	2.61	.78	2.61	.83	.002
色が落ちやすそう⇔色が落ちにくそう	2.61	.75	2.58	.73	2.62	.76	.128

注1) 値が大きいほどポジティブな回答(右)、小さいほどネガティブな回答(左)
注2) * $p < .05$

(3) 購入時に最も魅かれる言葉

白髪染め購入時に最も惹かれる言葉を尋ねたところ、「効果が長持ち」が54名(20.4%)で最も多く、以下は「しっかり染まる」40名(15.1%)、「手軽」と「きれいに染まる」が同数で26名(9.8%)と続いた。図21を見ると、染毛剤使用者は白髪染め購入時において、主に製品の効果についてのフレーズに惹かれているのがわかる。その一方で、「無添加」や「天然素材」といった安全性を訴求する言葉に最も惹かれると回答した人は、順に1.5%、0.4%にすぎなかった。

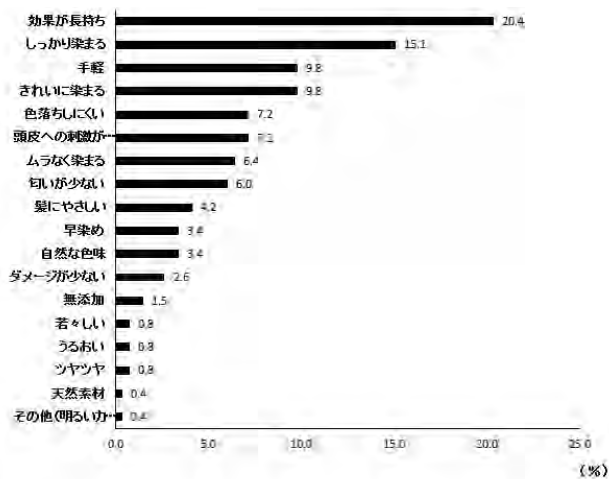


図21. 白髪染め購入時に最も惹かれる言葉の割合

(4) 天然素材を使用した染毛剤へのイメージ

11項目からなる「天然素材を使用した染毛剤のイメージ項目」の平均値を算出したところ「髪にわるそう⇔髪にやさしそう」が最も高く、以下「不安⇔安心」、「興味がない⇔興味がある」と続いた(表7)。一方、得点が低かったのは「高そう⇔安そう」であり、大半が高いといったイメージを抱いていることが示唆された。その

他、「面倒くさそう⇔楽しそう」、「時間がかかりそう⇔時間がかからなそう」、「効果がなさそう⇔効果がありそう」、「染まりにくそう⇔染まりやすそう」、「色が落ちやすそう⇔色が落ちにくそう」の6項目の平均値が3.0を下回っていた。

また、性別で平均値を比較したところ、ほぼ全ての項目に有意さは認められず、天然素材を使用した染毛剤は、男女を問わず髪へのダメージは少ないが値段が高く、染まりやすさや持続性などの効果においては、ネガティブなイメージが抱かれているといえる。なお、唯一性差が見られた項目は「興味がない⇔興味がある」であり、女性の方が天然素材を使用した染毛剤においては、有意に興味を持っていることが見出された(表7)。

【考察】

結果を要約すると、まず染毛剤使用者の約9割がリピート購入であり、大半が「価格」と「手軽さ」を重視していた。また、最も惹かれる言葉は「効果が長持ち」であり、半数以上が「店頭広告」を参考にして購入していた。さらに「天然素材」に対しては、髪にやさしく安心できるというイメージがある一方で、効果面においてはネガティブな印象が強く、最も重視する人は1%にも満たなかった。

以上の結果より、染毛剤はブランド・ロイヤルティが非常に高く、価格と機能を重視して購入されているため、新規参入のハードルがかなり高いといえる。特に「天然素材」を主たるコンセプトにした染毛剤は、現在の染毛剤使用者のニーズに合っていないため、染毛剤使用者をターゲットとした市場開拓の可能性は非常に厳しいと言わざるを得ない。しかし、価格を重視するという事は、見せかけのロイヤルティである可能性もある。また、購入者の多くは店頭広告もかなり重視していることから、

POP広告やアテンションシールの添付、デジタル・サイネージなど、店頭での売り方を工夫すれば、スイッチングを誘うことも不可能ではないといえる。ネガティブ面を逆手にとって、両面呈示的な表現を用いた訴求も有効な手段と考えられる。

9.4. 本研究の総括

天然素材成分を用いた染毛剤に対する消費者のイメージは、染毛剤に求めるニーズに合致しておらず、現段階では市場開拓の可能性は大変厳しいといえる。さらに染毛剤はブランド・ロイヤルティが非常に高いことも示唆されたので、既存ブランドからスイッチングを誘うのもかなり難しいであろう。よってマーケティング的インプリテーションを示すなら、既存ブランドからのスイッチングを狙うのではなく、将来の主たる購買層となる30代を白髪染めの開始時期から囲い込み、長期的スパンでブランド・ロイヤルティの形成を目指すのも一つの方法と思われる。

また、女性の中には天然素材に「興味がある」という人も多く、その最大の長所ともいえる「髪にやさしい」といった点を、髪のダメージを気にするターゲット層に重点的に訴求すれば、ある程度の需要は見込まれるかもしれない。その際、効果や機能を重視する染毛剤使用者よりも、髪への刺激や痛みの少なさを求める染毛料使用者をメインターゲットに設定する方が、可能性としては高いといえよう。染毛剤と染毛料は、根本的に別の商品類型に属し、染毛の仕組み自体も異なる。しかし本調査の結果を見る限り、大半の消費者は両者の違いを明確に把握しておらず、重要な考慮ポイントではないことが示唆されている。したがって染毛剤であっても、当該商品がよりニーズに適うものならば、染毛料使用者からのトライアル購買の可能性は少なからず期待できよう。しかし染毛料使用者においても、商品の選択に際し「手軽さ」と「価格」といった属性を重視することが示唆されている。トライアルからリピートへとつなげるには、「ダメージが少ない」といった使用後の効果に加え、購入時と使用時に実感できるこれら基本的な属性においても、ある一定基準を満たしておく必要がある。

今後は、まず染毛料使用者を対象とした調査を実施し、本研究で新たに得られた仮説の検証を行う。それと並行して、購入時に最も重視する情報源として「店頭広告」が挙げられたことから、より効果的な店頭での販売促進手法を探求したい。具体的には、誘目性の高いパッケージデザインの検討、POP広告や色見本、香りサンプルの設置等による誘導効果の検討を、アイトラッカーやセントPOPを用いて実験室実験（模擬店舗）を実施する。天然素材による染毛剤が新規参入し、市場で成功するには、

潜在顧客や将来の主要顧客をいかにしてトライアル購買へと導くかが、一つの重要なカギになるといえよう。

10. 農商工連携による六次産業形成のための産学 コーディネート

大西正曹*¹¹

10.1. 緒言

一次生産物の加工による価値の付加には限界があり、まとまった利益を確保することが難しい。本プロジェクトの目的は、農商工の連携による六次産業形成のための文理融合研究拠点を形成し、地域の一次生産物（規格外農産物や加工残渣）から、医薬品、化粧品、食品等に使用できる有用成分を抽出・精製して商品化すると共に、残渣からエタノールと機能性活性炭を生産することにより、バイオリファイナリー的な総合利用を実現することである。

10.2. 農業法人株式会社きてら

和歌山県田辺市上秋津は、一年を通して温州ミカンを中心とした柑橘が収穫できる産地であり、産地特有の廃棄農産物の問題を抱えている。農業法人株式会社きてら（資本金28百万円、<http://kiteraga.com>）は、地域の活性化を目的として地域住民が出資して平成11年に設立され、平成18年に株式会社化された。農商工連携で農業の6次産業化を目指し、規格外の柑橘果実を絞りジュース（図22, 23）を販売している。しかし、ジュース製造に伴う残渣（図24）は、年間70トン以上にもなり、一部はジャムなどにして販売しているが、まだまだ活用できず廃棄農産物となっているのが現状であった。



図22. オリジナル商品



図24. 残渣



図23. 搾汁工程

*11 社会学部名誉教授、社会連携部 産学官連携コーディネーター

10.3. マッチング活動の経緯

2013年12月にプロジェクトメンバー3名ときてらを訪問し、実状を調査するとともに、柑橘残渣の分析と活用法についての指導の依頼を受けた。その後、山本が柑橘類からのリモネンの抽出について検討するとともに、各メンバーがそれぞれ生理活性の分析を行った。2015年1月に再度、山本ときてらを訪問し、分析結果を報告するとともに、以下の助言を行った。即ち、各種柑橘類の残渣を遠心分離し、その上清については、リキュール等の他の飲料の添加物としての用途を開発し、固形分については、香油成分などの高機能成分を抽出する開発戦略を助言した(図25)。今後もきてらから廃棄物試料の提供を受けて有用成分を探索するとともに、密接に情報交換を行って製品化に向けた協議を行う予定である。なお、本プロジェクトの取り組みは、2013年11月11日の関西テレビの報道番組「ニュースアンカー」において特集として取り上げられた。

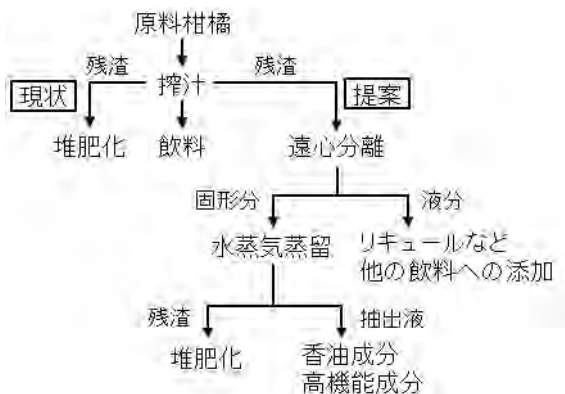


図25. 柑橘搾汁後の残渣の有効利用

謝辞

本研究の一部は、「文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業(平成25年度~平成29年度)」によって実施されたものである。本研究を実施するにあたり、NOB及びシークァサー粉末を提供いただいた株式会社サウスプロダクト、および共同研究者である独立行政法人医薬基盤研究所ワクチンマテリアルプロジェクト・プロジェクトリーダー 國澤純博士に厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) H. Yamamoto, *et al.*, Kagaku Kogaku Ronbunshu, 34, 331 (2008).
- 2) C. M. Hansen, *et al.*, Carbon, 42, 1591 (2004).
- 3) C. M. Hansen, Hansen Solubility Parameters, A User's Handbook (1999).
- 4) M. N. Gould, *et al.*, Cancer Res., 54, 3540-3543 (1994).
- 5) L. W. Wattenberg, *et al.*, Carcinogenesis, 12, 115-117 (1991).

- 6) M. H. Cohen, *et al.*, Oncologist, 8, 303-306 (2003).
- 7) A. T. Shaw, *et al.*, Nat. Rev. Drug Discov., 10, 897-898 (2011).
- 8) C. J. Langer, *et al.*, J. Clin. Oncol., 13, 1860-1870 (1995).
- 9) J. P. Neijt, *et al.*, J. Clin. Oncol., 18, 3084-3092 (2000).
- 10) S. Uesato, *et al.*, Planta Med., 80, 452-457 (2014).
- 11) B. Zhao, *et al.*, Genes & Dev., 21, 2747-2761 (2007).
- 12) 嶋田努, 楊金緯, 小池佑果, 特許公告番号WO2013100111 A1.
- 13) T. Yamakuni, *et al.*, J. Pharmaceu. Soc. Japan, 130, 517-520 (2010).
- 14) Y. Kawaratani, *et al.*, Environ. Toxicol. Pharmacol., 39, 292-299 (2015).
- 15) N. Horike, A. Kumagai, Y. Shimono, T. Onishi, Y. Itoh, T. Sasaki, K. Kitagawa, O. Hatano, H. Takagi, T. Susumu, H. Teraoka, K. Kusano, Y. Nagaoka, H. Kawahara, H. Takemori, Pigment Cell Melanoma Res., 23(6), 809-819 (2010).
- 16) A. Kumagai, N. Horike, Y. Satoh, T. Uebi, T. Sasaki, Y. Itoh, Y. Hirata, K. Uchio-Yamada, K. Kitagawa, S. Uesato, H. Kawahara, H. Takemori, Y. Nagaoka, PLoS One, 6(10), e26148 (2011).
- 17) I. Horibe, Y. Satoh, Y. Shiota, A. Kumagai, N. Horike, H. Takemori, S. Uesato, S. Sugie, K. Obata, H. Kawahara, Y. Nagaoka, J. Nat. Med., 67(4), 705-710 (2013).
- 18) A. Kumagai, N. Horike, Y. Satoh, T. Uebi, T. Sasaki, Y. Itoh, Y. Hirata, K. Uchio-Yamada, K. Kitagawa, S. Uesato, H. Kawahara, H. Takemori, Y. Nagaoka, A potent inhibitor of SIK2,3,3',7-trihydroxy-4'-methoxyflavon (4'-O-methylfisetin), promotes melanogenesis in B16F10 melanoma cells, PLoS One, 6, e26148 (2011).
- 19) A. Kumagai, A. Fujita, T. Yokoyama, Y. Nonobe, Y. Hasaba, T. Sasaki, Y. Itoh, M. Koura, O. Suzuki, S. Adachi, H. Ryo, A. Kohara, L. P. Tripathi, M. Sanosaka, T. Fukushima, H. Takahashi, K. Kitagawa, Y. Nagaoka, H. Kawahara, K. Mizuguchi, T. Nomura, J. Matsuda, T. Tabata, H. Takemori, Altered Actions of Memantine and NMDA-Induced Currents in a New Grid2-Deleted Mouse Line, Genes, 5, 1095-1114 (2014).
- 20) T. Ikekawa, *et al.*, Cancer Res., 29, 734-735 (1969).
- 21) 宮澤紀子 他, *et al.*, 日本きのこ学会誌, 21, 30-35 (2013).
- 22) 河原秀久, 長岡康夫, 竹森洋, *et al.*, 特許第498754号.
- 23) 河原秀久, 長岡康夫, 竹森洋, *et al.*, 特開2013-103926.
- 24) J. G. H. Wessels, Annu. Rev. Phytopathol., 32, 413-437 (1994).
- 25) 日本経済新聞, 2015年1月19日付朝刊.

- 26) T. Kawashima, K. Hayashi, A. Kosaka, M. Kawashima, T. Igarashi, H. Tsutsui, N. M.Tsuji, I. Nishimura, T. Hayashi, A. Obata, *Int. Immunopharmacol.*, 11, 2017-2024 (2011).
- 27) Y. Kikuchi, A. Kunitoh-Asari, K. Hayakawa, S. Imai, K. Kasuya, K. Abe, Y. Adachi, S. Fukudome, Y. Takahashi, S. Hachimura, *PLOS One*, 9, e86416 (2014).
- 28) H. Marsh, *Carbon*, 25(1), 49-58 (1987).
- 29) 鎌田正純, 宋貞禮, 尹健赫, 内堀毅, 植物色素を用いた染毛技術と毛髪の損傷度, *山野研究紀要*, 12, 1-12 (2004).
- 30) 中村幸宏, 山中寛之, 秦洋二, 江波戸厚子, 小池謙造, 麹菌チロシナーゼで製造したメラニン前駆体による新規染毛料の開発, *生物工程誌*, 50, 552-556 (2012).
- 31) 2014年頭髪化粧品の世界市場分析調査: 成熟市場でなお躍進する企業の成長ポイントとは?, *総合企画センター大阪* (2014).

平成27年度 技苑「プロジェクト研究報告概要」

戦略的研究基盤形成支援事業プロジェクト

地域資源の高度利用を図るバイオリファインリーの基盤形成とその実用化

研究代表者：片倉 啓雄

研究担当者：河原 秀久・山本 秀樹・長岡 康夫・上里 新一・
大西 正曹・林 順一・池内 裕美・住吉 孝明・
山崎 (屋敷) 思乃

学外研究分担者：橋田 浩二

1. プロジェクトの目的と成果の概要

片倉啓雄*1

1.1. プロジェクトの目的

本プロジェクトは、理系・文系教職員の得意技持ち寄り型のオープンイノベーションによって、地域の一次生産物（規格外農産物や加工残渣）から複数の高付加価値物を抽出して製品化する。さらに、残渣からエタノールと機能性活性炭を生産することにより、バイオリファインリー的な総合利用を実現することを目的としている。

1.2. 確立した技術・試験方法と学術的な研究成果の概要

山本は、ハンセンの溶解度パラメーター(HSP)を用いた抽出技術の応用展開を検討し、和歌山の農業法人株式会社きてらから提供された柑橘類の種皮からのd-limoneneの抽出を検討し、最適溶媒を設計した。

長岡らは、これまでに地衣類の一種であるトキワムシゴケが産生するbaeomycesic acidの加水分解物にメラニン産生抑制活性があることを明らかにしている。その機構を検討したところ、チロシナーゼ産生が抑制されていることがわかった。また、2位または3位のメチル基置換体に強い活性があることを明らかにし、今後、美白化粧品素材としての応用が期待される。

河原は、コーヒー粕の熱水抽出液中に複数の分子量500以下の過冷却促進物質を認め、そのうち一つはカフェインであることを明らかにした。レタス栽培時にコーヒー粕エキスを添加すると、過冷却状態での保存が可能になることを示した。

住吉は、高麗人参エキスの温水抽出後のカスに含まれる脂溶性の有用成分について検討し、ヘキサン抽出物に抗がん活性を見出した。他にも生理活性を有する脂溶性成分が期待できる。

山崎らは、マクロファージ様細胞RAW264を用いたIL-6産生抑制活性を指標に、農産物エキスの抗炎症作用の評価系を確立した。これまでに検討した柑橘類、サツマイモ、大豆の外皮には活性は認められなかったが、「機能性表示食品」制度における科学的根拠となる評価系を確立することができた。

林は、昨年度までにバナナの皮の炭化物に高い調湿能があることを見出している。本年度はさらに、この炭化物にカドミウム吸着能があることを見出し、それがバナナの皮の高いカリウム含量に関係していることを明らかにした。

片倉は、サツマイモ端材からの固体連続並行複発酵によるエタノール生産について検討し、アミラーゼに加えてセルラーゼとグルカナーゼ製剤を追加することにより、24時間で90%の収率でエタノールを得ることができた。

池内は、化粧水の使用感と嗜好に及ぼすグレープフルーツとバニラの香りの影響について検討し、嗅覚が触覚に影響することを確認した。また、事前に与える社会的証明の情報の影響についても検討したところ、商品の販売時や試用時に社会的証明を示すキャッチコピーを添えれば好意度が高まる可能性が示唆された。

1.3. 商品化・製品化に関する成果と調査結果の概要

山本と大西は、和歌山県特産の梅の製造過程から廃棄される梅エキス(塩分20wt%)に蜜柑エキスを混合し、冷風乾燥することによって、風味豊かな蜜柑塩を試作した。試作品は非常に好評で、和歌山県と田辺市の後援を受け、農業法人きてらが実生産を検討中である。また、池内の研究を活かしたパッケージデザインとディスプレイについても検討を行う予定である。山椒や蜜柑の葉を凍結乾燥することにより素材の色が鮮やかで風味の残る粉末も試作し、今後、製品化を検討する。

*1 化学生命工学部教授 博士(農学)

2. Hansen溶解度パラメータ (HSP値) を用いた天然物からの機能性物質の抽出分離

山本秀樹*2、大西正曹*3

2.1. 緒言

近年、食に対する消費者の健康・安全志向により、植物由来の機能性物質(Polyphenol, Flavonoid, Vitaminなど)の生体調整機能の需要が高まっている。野菜や果物から機能性物質を抽出する試みも行われているが、天然物には多くの有用成分が含まれているため、目的物質の抽出操作は複雑となり、高純度なサプリメント製造にはコスト高になることが多く問題である¹⁾。このようなことから、天然物中の目的物質を高効率、低コストで抽出する技術開発が望まれている。これまでの研究では、天然物から付加価値の高い物質の効率的な抽出のために、Hansen溶解度パラメータを用いた溶媒選択を提案し、食品廃棄物から有価成分の抽出の一例として、柑橘類(温州ミカン、デコポン、ポンカン、清見みかん)からのd-limoneneの分離方法の検討を行った^{4,5)}。

本研究では、Hansen溶解度パラメータ(以下HSP値)³⁾を用いて、天然由来の機能性物質の抽出分離する場合の溶媒選択方法、混合溶媒の最混合比の決定方法および抽出傾向の予測について検討したので報告する。さらに、本プロジェクトの最終目的でもある、農業における地域連携(和歌山県)から生まれた新しい機能性食品についても報告する。

2.2. 理論

2.2.1. Solubility Parameter (SP値)

溶解度パラメータ δ [(J/cm³)^{1/2}]は、Hildebrandによって定義された物質の凝集エネルギー密度を表す物性値である。二種類の液体の混合に要するエネルギー ΔE_M は、「成分1および成分2がそれぞれ純物質として存在する場合の凝集エネルギーと、成分1および成分2との混合物である場合の凝集エネルギーとの差」であり、式(1)で表される。

$$\Delta E_M = \frac{n_1 V_1 \cdot n_2 V_2}{n_1 V_1 + n_2 V_2} \left\{ \left(\frac{\Delta E_1^V}{V} \right)^{1/2} - \left(\frac{\Delta E_2^V}{V} \right)^{1/2} \right\}^2 \quad (1)$$

ここで、 n はモル数 [mol]、 V はモル体積 [cm³/mol]、 ΔE_V はモル蒸発エネルギー [kcal/mol] であり、下付き添え字1および2は成分1および成分2を示す。 $(\Delta E^V/V)^{1/2}$ は溶液中での分子間力、すなわち溶解力のパラメータとして適切な値である。Hildebrandはこの項を溶解性のパラメータ δ と定義した。 δ_1 と δ_2 の値が類似

している場合、混合に要するエネルギーが小さくなることから溶解性が高いと判断できる。

2.2.2. Hansen Solubility Parameter (HSP値)

C. M. Hansenは、分子間に働く相互作用は主にLondon分散力、双極子間力、および水素結合力の3つであると考え、Hildebrandの凝集エネルギーを3成分に分割して表したHSPを提案した³⁾。

$$t = \left(d^2 + p^2 + h^2 \right)^{1/2} \quad (2)$$

ここで、 δ は溶解度パラメータ [(J/cm³)^{1/2}]、下付き添え字 d 、 p および h は分散相互作用、双極子相互作用および水素結合相互作用を表している。下付き添え字 t はHildebrandの溶解度パラメータを表し、 d 、 p および h の合計である。

Hansenは、物質間の溶解性はHSPの差 R_a [(J/cm³)^{1/2}]で評価できるとし、式(3)の R_a による評価を提案した。 R_a はHSP値の3Dグラフ中での2点間の距離を示している。

$$R_a = \left(4 \cdot (d_1 - d_2)^2 + (p_1 - p_2)^2 + (h_1 - h_2)^2 \right)^{1/2} \quad (3)$$

下付き添え字1および2は成分1および成分2である。 R_a は3Dプロットにおける2物質間の距離を示し、 R_a が小さいほど溶解性が良好であると導いている。

本研究で用いた溶媒およびd-limoneneのHSP値は、計算プログラムであるHansen Solubility Parameter in Practice (HSPiP version 4.0.08)に記載されている値を用いた。

2.2.3. Hansen Solubility Sphere法

HSPを実験により求める方法のひとつである。目的物質に対しての親和性を評価し、各溶媒のHSPを3次元座標にプロットする。目的物質に対して良溶媒ならば球の内側、貧溶媒ならば外側になるような最小の球を作成し、その球の中心が目的物質のHSPと計算する方法である。2つ以上の物質のHSPをプロットしたとき、物質と中心との距離 R_a が小さいほど親和性が大きいことを示す。

2.3. 実験方法

2.3.1. d-Limoneneの抽出および定量実験

乾燥させて粉末状にした温州蜜柑(農業法人株式会社きてら)の種皮を用いてd-limoneneの抽出実験を行った。蜜柑5.0 gおよび溶媒40 cm³をエルレンマイヤーフラスコに入れ、振盪抽出を行った。振盪温度298 K、振盪時間330 min、振盪速度130 rpmとした。振盪抽出後、得られた抽出液を吸引濾過し濾液を採取した。定量分析には、ガスクロマトグラフ(GC-2014, 株式会社島津製作所)を用いた。無極性のカラムを用いて温度を初期温度343 Kで5分間保持し、473 Kまで10 K/minで上昇させ10分間保持した。キャリアガスにはHeガスを用い、注入

*2 環境都市工学部教授 博士(工学)

*3 社会学部名誉教授、社会連携部産学官連携コーディネーター

量 0.1 μL、流量 3.97 mL/min、圧力 24.5 kPa、スプリット比 1 : 20 の条件の下、スプリット注入法で行った。

2.3.2. 4種類の蜜柑種皮によるd-limoneneの抽出

2.3.1の実験結果より、d-limoneneの抽出に最適だった溶媒を用いて2.3.1と同様にして様々な蜜柑の種皮を用いて抽出実験を行った。

2.3.3. d-Limoneneの抽出および蜜柑塩の生成

2.3.1と同様に温州蜜柑の種皮からd-limoneneを抽出し、抽出液と梅由来のクエン酸を約 20 wt%含む水溶液とを体積比が 1 : 1 となるように混合した。混合溶液をナス型フラスコに入れ、約 4 時間凍結乾燥を行った。

2.4. 実験結果および考察

2.4.1. d-Limoneneの抽出および予測結果との比較

純溶媒 10 種および混合溶液(cyclohexane : ethanol = 80 : 20 (v : v)) を用いて乾燥させ、粉末状にした温州蜜柑の種子および皮試料からd-limoneneを抽出した。混合溶媒は、計算によってd-limoneneとの R_a が最小となる組成比を求めた。結果をTable1に示す。

Table 1. Hansen solubility parameter of solvents and extraction ratio of d-limonene

Substance	δ_d [(J/cm ³) ^{1/2}]	δ_p [(J/cm ³) ^{1/2}]	δ_h [(J/cm ³) ^{1/2}]	δ_t [(J/cm ³) ^{1/2}]	R_a [(J/cm ³) ^{1/2}]	Extraction rate of d-limonene [×10 ⁻⁵ mol/g-seed coat]
d-Limonene	17.2	1.8	4.3	17.8	—	—
Mix solvent	16.6	1.8	4.2	17.2	1.2	0.968
Cyclohexane	16.8	0.0	0.2	16.8	4.5	0.948
Ethyl Acetate	15.8	5.3	7.2	18.2	5.3	0.687
Dichloromethane	17.0	7.3	7.1	19.8	6.2	0.846
Methyl Acetate	15.5	7.2	7.6	18.7	7.2	0.679
Acetone	15.5	10.4	7.0	19.9	9.6	0.845
2-Butanol	15.8	5.7	14.5	22.2	11.3	0.602
2-Propanol	15.8	6.1	16.4	23.6	13.1	0.677
1-Propanol	16.0	6.8	17.4	24.6	14.2	0.633
Ethanol	15.8	8.8	19.4	26.5	16.9	0.684
Water	15.5	16.0	42.3	47.8	40.7	0.062

混合溶媒のd-limoneneの抽出量が最も多く、純溶媒ではcyclohexaneによる抽出量が最も多かった。また、d-limoneneと溶媒との R_a を算出し、d-limoneneと各溶媒との抽出量の関係から描いたHansen solubility sphereをFig.1に、抽出量との相関を行った結果をFig.2に示す。Fig.1について R_a が10以上の溶媒を貧溶媒として球を作成した。d-Limoneneの抽出量が多い溶媒はd-limoneneのHSPと近い傾向が確認できた。d-Limoneneと溶媒との R_a とd-limoneneの抽出量には相関係数が0.932と高い相関関係が確認できた。これらの結果から、d-limoneneとの R_a が小さい溶媒を選択することにより、実験を行わずともd-limoneneをより多く抽出することが可能な溶媒を選択することができると考えられる。また、d-limonene以外の天然物からの機能性物質の抽出にも応用できると考えられる。

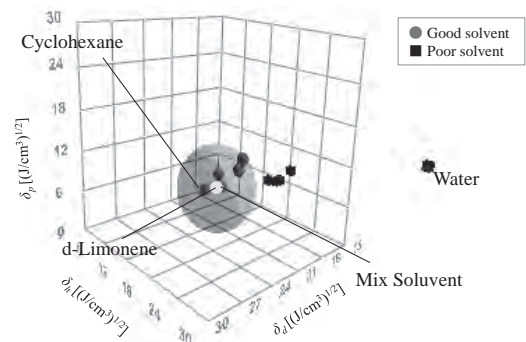


Fig. 1. Hansen solubility sphere method

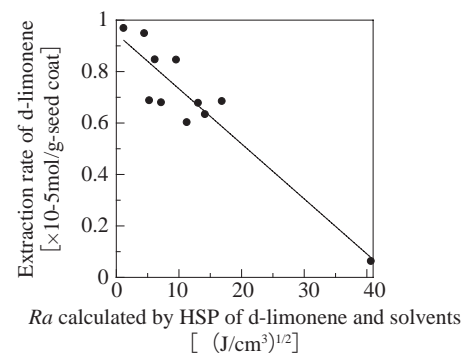


Fig. 2. Relationship between R_a and extraction rate of d-limonene

2.4.2. 4種の蜜柑種皮によるd-limonene抽出結果

最も抽出量の多い混合溶媒を用いた4種類の蜜柑種皮からのd-limoneneの抽出量をTable2に示す。使用した蜜柑種皮の品種は温州蜜柑、ボンカン、デコボンおよび清見である。d-Limoneneの抽出量はボンカンが最も多く、温州蜜柑が最も少なかった。今回使用した蜜柑試料は天然物であるため、蜜柑に対するd-limoneneの含有量はそれぞれの生育状況や鮮度などによる影響が大きく、製品一般に関して一概には言い切れないと考える。

Table 2. Amount of extracted d-limonene of various oranges

Orange	Amount of extracted d-limonene [×10 ⁻⁵ mol/g-seed coat]			
	温州蜜柑	ボンカン	デコボン	清見
Mixed solvent	0.968	3.69	2.60	1.35

2.4.3. d-Limoneneの抽出および蜜柑塩の生成

蜜柑には、他にも多くの栄養成分が含まれており食品として有用であるが、それらの栄養成分を単独で製品化してもコストが合わないことが問題となっている。そこで、本研究プロジェクトでは、和歌山県田辺市の農業法人「キテラ」と連携して、和歌山県特産の梅の製造過程から廃棄される梅エキスをを用いた機能性食品を提案した。本研究では、梅のつけ汁(塩分 20 wt%)と蜜柑エキスを混合して、特殊な冷風乾燥を行うことで淡黄色の蜜柑の風味豊かな塩を生成することが明らかになった。

Fig.3 は生成した蜜柑塩である。抽出液と梅由来のクエン酸を含む水溶液の混合物約 10 cm³ から約 1.1 g の蜜柑塩が得られた。一般的に、塩を生成するために加熱すると、変色し風味は損なわれるが、特殊な冷風乾燥処理を行うことで素材の風味や色を保つことができた。

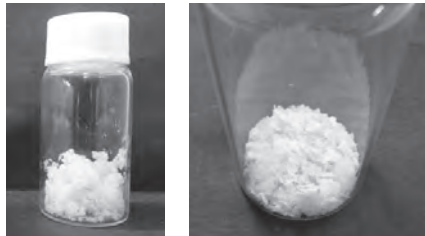


Fig. 3. 梅と蜜柑エキスから製造した梅蜜柑塩

2.4.4. 応用例

提案する方法を用いることで、素材の色や風味を残す食品を製造することができる。蜜柑塩以外にも山椒や蜜柑の葉を凍結乾燥することにより素材の色が鮮やかで風味の残る粉末を生成した。Fig.4 およびFig.5 はその写真である。これらの食品は、機能性成分のHSP値抽出溶媒のHSP値および R_0 を用いて目的に合った製造が低コスト、高効率で実施をできること示唆しており、今後の機能性食品開発に重要な技術であると考えられる。



Fig. 4. 山椒粉末



Fig. 5. 蜜柑葉の粉末

2.5. 結言

d-Limoneneの抽出には混合溶媒 (cyclohexane 80 vol%, ethanol 20 vol%) およびcyclohexaneが適していた。天然物に含まれる機能性物質を抽出する場合、Hansen溶解度パラメータ (HSP値) を用いることで、溶媒選択および最適混合比の算出が可能であると考えられる。また、HSP値により選択した溶媒を用いることで、機能性成分が豊富に含まれた蜜柑塩の生成に成功した。

HSP値を利用した抽出方法は応用範囲が広いと、蜜柑塩を始め様々な天然物の製品化に適用できると考える。

3. メラニン産生抑制物質の探索

長岡康夫*4、上里新一*5、橘田浩二*6

3.1. メラニン産生抑制機構について

メラニン色素は、主に皮膚や毛髪に存在し、紫外線から生体を守る防御物質として重要な働きがある。一方、メラニン色素は、その種類、量、分布などにより容姿の印象を大きく左右することから、その制御物質が化粧品 (医薬部外品) の成分として注目されており、より高性能で安全性の高い新規物質の開発が求められている。そこで、我々は比較的安全性が高いと期待される食品関連天然物からのメラニン産生制御物質の探索とその活性メカニズムの研究を計画する。我々は、既に4'位にメトキシ基を有するフラボン類にメラニン産生促進作用があることを見出している^{6,7)}。そして、この効果が細胞内リン酸化酵素の一つであるSIK2を阻害することによる一連のシグナル伝達経路の活性化によるメラニン産生鍵酵素チロシナーゼの産生増加に起因することを明らかにしている。SIK2とメラニン産生との関連性については、竹森らにより新規メラニン産生制御機構として解明されており⁸⁾、この系に働く化合物として注目される。一方、メラニン産生を抑制する物質は、美白化粧品の素材として有用であり、我々も細胞レベルでのメラニン産生抑制試験を基に、幾つかの活性化合物を同定している。本稿では、我々の探索研究により見出されたメラニン産生抑制化合物について紹介すると共に、それらの活性発現機構について解説する。

3.2. サリチル酸誘導体のメラニン産生抑制作用

我々は、マウス由来のB16メラノーマ細胞を用いて、細胞内メラニン産生に影響を及ぼす物質の探索を行った⁹⁾。その結果、地衣類の一種であるトキワムシゴケ (*Thamnolia subuliformis*)の産生する2量体デブシド、baeomycesic acidの加水分解産物である化合物1にメラニン産生抑制活性を有することを明らかにした (Fig. 6)。即ち、PKAを介した生体内メラニン産生機構の促進剤であるfolskorinを投与した細胞に1を投与すると、濃度依存的に細胞内メラニン量が減少することが示された (Fig. 7)。1は、メラニン生合成の鍵酵素であるチロシナーゼに対して阻害活性を有しないが、1で処理した細胞溶解液にチロシナーゼ活性が認められなかったことから、チロシナーゼ産生を抑制していると予測された。そこでwestern blot解析により、チロシナーゼおよびチロシナーゼ様タンパク質TRP-1、TRP-2の分析をした

*4 化学生命工学部教授 薬学博士

*5 先端科学技術推進機構研究員 薬学博士

*6 地方独立行政法人 大阪府立環境農林水産総合研究所 主任研究員

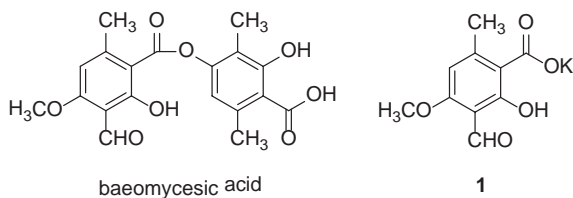


Fig. 6. Baeomycesic acidと化合物1の構造

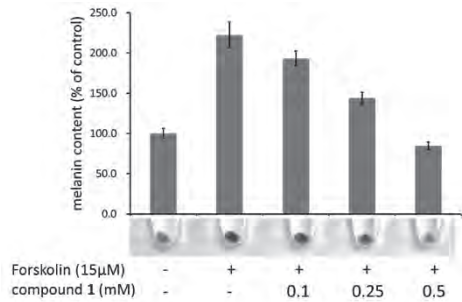
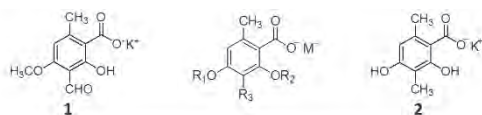


Fig. 7. 化合物1のメラニン産生抑制活性

ところ、対照の細胞に比べてこれらの酵素量が減少していることがわかった。さらに、この減少がこれらの酵素の遺伝子発現プロモーターとなるMITFの発現低下によるものであることを明らかにした。

我々は、1の構造活性相関を明らかにするために、1の2、3、4位の置換基を変換した誘導体を合成し、それらの活性を検証した (Table3)。その結果、baeomycesic acidを構成するサリチル酸誘導体1と2に最も強い活性があることが明らかになった。

Table 3. 誘導体のメラニン産生抑制活性



化合物	R ₁	R ₂	R ₃	M ⁺	メラニン産生抑制率 (%)
1 (0.5mM)	CH ₃	H	CHO	K ⁺	100<
1 (0.25mM)					64.0±5.9
1 (0.1mM)					24.0±7.8
2 (0.1mM)	H	H	CH ₃	K ⁺	100<
4 (0.1mM)	CH ₂ CH ₃	H	CHO	K ⁺	79.6±1.0
5 (0.1mM)	CH(CH ₃) ₂	H	CHO	K ⁺	89.8±9.1
6 (0.05mM)	(CH ₂) ₅ CH ₃	H	CHO	K ⁺	0
7 (0.5mM)	CH ₃	CH ₃	CHO	K ⁺	33.8±6.9
8 (0.5mM)	CH ₃	H	H	K ⁺	64.9±1.4
9 (0.5mM)	CH ₃	H	CH ₃	K ⁺	68.9±14.9
10 (0.5mM)	CH ₃	H	COOK	K ⁺	0
11 (0.5mM)	CH ₃	H	CHO	Na ⁺	100<
4MSK (2.0mM)					100<
1 (1.0mM)					36.8±18.5

3.3. 結論

以上、我々はbaeomycesic acidの加水分解生成体でもあるサリチル酸誘導体1に細胞内メラニン産生抑制活性があることを明らかにした。この活性の作用機構を細胞内シグナル伝達のレベルで明らかにすると共に、1の構

造活性相関も明らかにした。1およびその誘導体2は、今後、美白化粧品素材としての応用が期待される。

4. コーヒー粕から分離した過冷却促進物質の分離同定とその機能性評価

河原秀久*7

4.1. 日本農産物の輸出について

平成25年12月に和食がユネスコ世界無形文化遺産に登録され、海外においては健康志向も高まり、和食ブームになっている。2013年のJETRO調査によって、海外消費者の最も好きな外国料理の1位が「日本」で、第2位が「イタリア」であった。また、2015年度のミラノ万博は食をテーマにした万博であったので、日本館への来場者が最も多く、大人気であったと報道されている。しかしながら、海外で求められている日本食にも関わらず、2012年度の日本の農林水産物、食品の輸出額は約4,500億円である。一方、第2位のイタリアの輸出総額は3兆5千億円ほどであり、日本が如何に輸出していないかが問題となっている。特に、TPP合意によって日本の農産物(生鮮野菜や果実)など高品質なものを輸出しなければ、日本の農林水産物が衰退してしまうと予測されている。現在、政府は2020年までにこの輸出総額を1兆円にすることを目標としている。现阶段での輸出額は設定された年度目標値よりも早く達成されており、約7,500億円にまで増加している。しかし、この輸出相手国はほとんどが東アジア、東南アジア地域であり、比較的近郊の諸国のため船便においても長期保存が必要でないのが現状である。さらに、農林水産物の輸出を増加させるためには、欧州や北米地域への輸出増加が必要であり、そのためには安価な安定した保存技術が求められている。

4.2. 生物由来過冷却促進物質について

氷結晶制御物質は、氷結晶の核形成および成長に関連した物質の総称である。Fig.8に示したように、この物質は氷の核形成を促進する氷核タンパク質、核形成を抑制する過冷却促進物質(抗氷核活性物質)、形成した氷結晶の成長を抑制する不凍タンパク質、長期間の冷凍時に起きる氷の昇華を抑制する昇華抑制物質である。このうち、針葉樹などの凍結耐性に寄与している過冷却促進物質について研究を進めた。Fig.8に示した氷核形成を阻害する物質は、過冷却促進物質と呼ばれている。この物質は不均一核形成のみを阻害、つまり異物を水溶液中では異物とみなさない化合物である。一般的に、Fig.9に示したように、試験管内の水溶液は一定の温度の冷媒

*7 化学生命工学部教授 学術博士

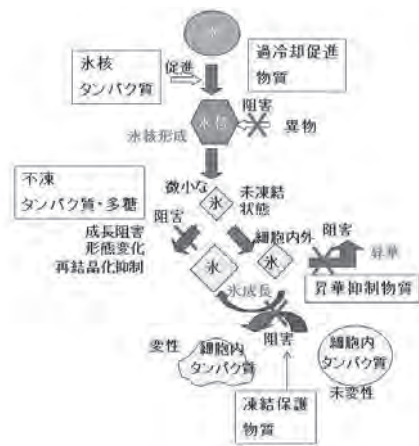


Fig. 8. 氷結晶制御物質の概要図

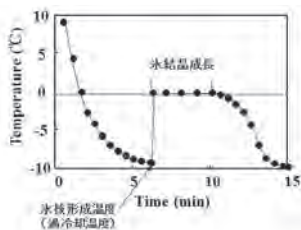


Fig. 9. 水の凍結時の過冷却曲線

中に置いた場合、水溶液温度は徐々に低下し、一旦過冷却状態となる。氷核が発生した時点（過冷却温度、または核形成温度）で、水溶液の温度は0℃まで上昇し、その温度で水溶液中の氷結晶が成長する。この核の発生は、異物を添加すれば高くなり、一般にヨウ化銀懸濁液を核とする。このヨウ化銀懸濁液に様々な抽出エキスなどをスクリーニングした結果、我々の研究室で過冷却促進物質は、細菌由来の抗氷核タンパク質¹⁰⁾、細菌由来の抗氷核多糖¹¹⁾ などとして発見している。さらに植物由来として、ヒノキの香り成分であるヒノキチオール¹²⁾ やカレーの香辛料に使われるクローブ中のオイゲノール¹³⁾ なども同活性を示すことがわかっている。我々の報告を参考にして北海道大学の古川らは、針葉樹の木部中に存在するフラボノール糖配糖体類が同活性を示すことを発見した¹⁴⁾。さらに、樹木中のタンニン重合体も同様の活性があることも明らかにしている¹⁵⁾。針葉樹は極環の寒冷地域でも凍結せずに、青々とそびえたっている。このような過冷却促進物質の蓄積はこの凍結耐性機構の重要な役目を果たしている可能性もある。

この過冷却促進物質の機能をうまく利用すれば、詩陽樹のように収穫された生鮮野菜が0℃以下、未凍結で保存できる可能性があるかと判断した。

4.3. コーヒー粕由来過冷却促進物質の分離と同定

これまでに研究してきた過冷却促進物質では、価格の問題、安全性の問題などから工業的生産は難しかった。針葉樹由来のポリフェノール配糖体のうち、最も活性が

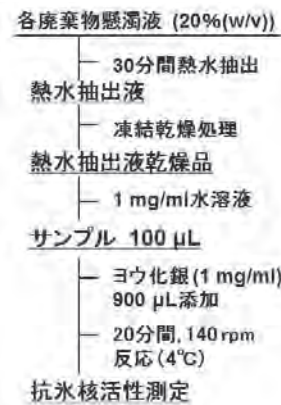


Fig. 10. 過冷却促進物質の検索スキーム

高いのはケンフェロール-7-グルコシドであるが¹⁴⁾、合成による試薬であるので高価で実用化は難しい。

そこで、食品加工廃棄物に着目し、種々の食品加工廃棄物を100℃、30分間熱水抽出し、低分子量画分のみを分離して、過冷却促進活性を測定した(Fig.10)。この際の過冷却促進活性は、氷核としてヨウ化銀1 mg/mlを用いた。微水滴凍結法を用いて、氷核形成温度（過冷却温度）を測定した結果はTable4に示した。

Table 4. 過冷却促進物質の検索

食品廃棄物	抗氷核活性値 (°C)
コーヒー粕	1.5
あん粕	1.2
そば粕	0.8
ワイン粕	0.5
カカオハカス	0.5

*サンプル温度 1 mg/ml

Table4のデータは、活性が確認できたもののみである。最も活性が高かったのはコーヒー粕エキスであった。また、ここには示していないが、市販されている日本酒からアルコールを除去し、得られたエキスを分画したサンプルにも同様の活性があることを確認している¹⁶⁾。

次に、Table4のうち、活性の高いコーヒー粕エキス¹⁷⁾ および餡粕エキス¹⁸⁾、日本酒エキスについて濃度の影響を検討した。なお、この濃度の影響について検討したエキスは、分子量分画、溶媒分画、吸着クロマトによる分画などある程度活性のある物質を分離したエキスでの結果である。

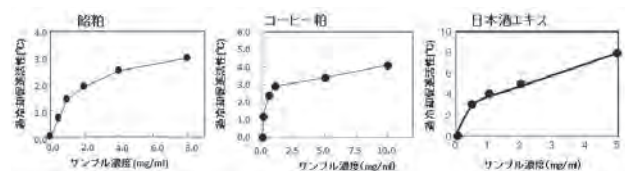


Fig. 11. 各種エキスの濃度の影響

その結果、Fig.11 に示したように、各サンプルにおいて、濃度に比例して過冷却促進活性が増大した。そのうち、日本酒エキスは最終濃度 0.5 mg/ml で、8℃ の過冷却温度の低下を示した。

これらの各種エキス中の過冷却促進活性を示す物質は異なった化合物であり、各エキス中の活性物質は複数含まれている。しかしながら、各々の化合物を単離した場合、活性値は低下してしまう。

そこで、最も活性の高かったコーヒー粕エキスの成分について、分子量分画およびゲルろ過クロマトグラフィーなどの分離によって、活性物質の一つはコーヒーに含まれているカフェインであることが判明した。カフェインはヨウ化銀の核形成に対して、最終濃度 0.1 mg/ml で約 2℃ の活性を示した。コーヒー粕エキスは同濃度では 3℃ である。しかしながら、その他 3 成分の同定を現在進めているが、既知物質ではない可能性を示している。

4.4. コーヒー粕由来過冷却促進物質の機能性

この物質の機能評価の一つとして、生鮮野菜への評価を行った。Green Farm TRI-TOWER (株)ユーイング社製)を用いて、レタス栽培への効果について検討を行った。コーヒー粕エキス 1.0 mg/ml を 0.05 % 溶液にして、レタス栽培時の後半部分で吸収させた。収穫後のレタスは、-1℃ で、1 週間保存後の状態を観察し (Fig.12)、さらに植物細胞の凍結耐性を評価する電解質漏出量の測定を行った。その結果、未処理のレタスは凍結損傷が起き、へなっとしてしまっているが、処理したレタスは新鮮な状態に近かった。1 週間後のレタスを評価した時、未処理は一部凍結した状態になっていた。この結果から、生鮮野菜の過冷却保存に、コーヒー粕エキスが有効であることが判明した。

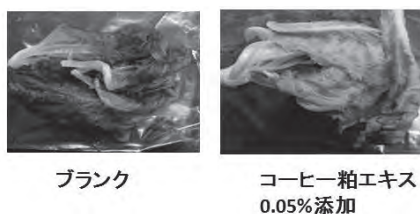


Fig. 12. 過冷却保存したレタス

4.5. 展望

コーヒー粕エキスを初めとする過冷却促進物質のほとんどは、分子量 500 以下の化合物である。圃場において葉面散布によって、葉面より植物に入る大きさである。今後、様々な圃場での試験を行うことによって、過冷却保存できる生鮮野菜を収穫できれば、日本農産物の輸出のための新たなサプライチェーンを確立できると期待できる。

5. 高麗人参エキス抽出カスからの有用成分の探索

住吉孝明*⁸

5.1. 緒言

高麗人参はウコギ科の多年草で、古来より利用されてきた薬用植物である。現在も高麗人参の有用成分を抽出したエキスが販売されている。エキスを温水抽出した後の高麗人参カスは廃棄されるが、水で抽出されにくい脂溶性成分が残存していれば、廃棄物の有効活用に繋がると考え、高麗人参廃棄物 (人参カス、葉、茎) からの有用成分の探索研究に着手した。

5.2. 実験

5.2.1. 高麗人参廃棄物からのエキス抽出

高麗人参の葉、茎、人参カスを天日で 2 日乾燥後、粉碎して乾燥試料を得た。人参カス 78 g をヘキサン 500 mL で 6 日間抽出後、減圧濃縮し、1.18 g の抽出物を得た。葉乾燥物 30.6 g をメタノール 300 mL で 2 日間抽出後、吸引ろ過した。濾液に水を加え、80%メタノールに調整した後にヘキサン 400 mL で 7 回抽出した。メタノール層をクロロホルム 300 mL で抽出した。それぞれを減圧濃縮し、クロロホルム抽出物 1.64 g、ヘキサン抽出物 0.66 g、メタノール抽出物 4.28 g を得た。同様の操作を行って、茎乾燥物からクロロホルム抽出物 0.37 g、ヘキサン抽出物 0.47 g、メタノール抽出物 13.66 g を得た。

5.2.2. 抗がん活性評価

ヒト結腸がん細胞株 HCT116 を用いて、得られた各抽出物の抗がん活性を測定した (Fig.13)。その結果、人参カスヘキサン抽出物が 100 μg/mL で細胞の増殖を抑制した (Fig.14)。その他の抽出物には抗がん活性が認められなかった。

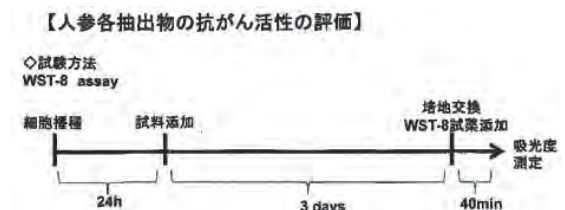


Fig. 13. 抗がん活性測定方法

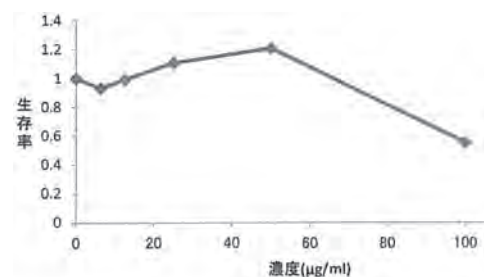


Fig. 14. 人参カスヘキサン抽出物の抗がん活性

*⁸ 化学生命工学部准教授 博士 (薬学)

5.3. 考察

温水抽出後の人参カスに残存していると考えられる脂溶性成分を、ヘキサンを用いて抽出したエキスは抗がん活性を示した。すなわち、高麗人参の温水抽出ですべての生理活性成分を抽出はできないと考えられることから、今後、人参カスの残存有用成分を活用した食品等への応用が期待できる。

6. 抗炎症作用をもつ廃棄農産物由来成分の探索

山崎（屋敷）思乃^{*9}、片倉啓雄

6.1. 緒言

「機能性表示食品」制度の開始に見るように、近年、消費者の健康志向はますます高まっている。本プロジェクトの目的である廃棄農産物への高付加価値の付与は、農産物エキスがもつ生理活性を複数の評価系で評価し、一つでも多くの機能性を見出すことで、より効果的に達成できる。昨年度は、食餌成分が直接的に作用する腸管の免疫系の活性化に注目し、腸管リンパ組織のパイエル板細胞を用いて農産物エキスのIgA抗体産生増強作用を評価した。本年度は、これらの農産物エキスに抗炎症作用を見出すことを目的とし、*in vitro*評価系の確立とエキスの評価を行うこととした。

炎症は生体防御反応の一つであるが、過剰な炎症は生体組織の損傷や機能の低下をもたらす上、近年では、慢性的な炎症が生活習慣病の発病や進行に関わるとして注目されている¹⁹⁾。炎症時には、tumor necrosis factor (TNF)- α 、IL-6 およびプロスタグランジンE2などの炎症性メディエーターが誘導され、これらは細胞レベルでは、マクロファージにより産生されることが報告されている^{20,21)}。そこで本研究では、マクロファージ様細胞 RAW 264 を大腸菌由来リポ多糖 (lipopolysaccharide ; LPS) で刺激することで誘導されるIL-6を指標とし、農産物エキスによるIL-6産生抑制作用を評価した。

6.2. 実験

6.2.1. 廃棄農産物からのエキス抽出

廃棄農産物サンプルを60℃で乾燥後、粉碎し、粒径225-335 μm の乾燥試料を得た。熱エタノール抽出については、乾燥試料20 gを100 mlのエタノールで60℃にて20時間ソックスレー抽出を行った。得られた抽出物を減圧乾燥し、DMSOにて10 mg/mlに溶解したものを評価サンプルとして用いた。熱水抽出については、乾燥試料5 gにイオン交換水100 mlを加え、pH2およびpH10に調整するものとpH調整をしないものを用意し、それぞれ100℃にて90分間加熱抽出した。その後、吸引

ろ過により残渣を除いた可溶性画分を評価サンプルとした。熱水抽出エキスの濃度は、評価サンプルを乾燥後、重量を測定することで算出した。

6.2.2. *In vitro*における抗炎症作用の評価

RAW 264 は10%ウシ胎児血清、100 U/mlのペニシリンおよび100 $\mu\text{g/ml}$ ストレプトマイシンを含むDMEM培地中にて維持した。

抗炎症作用の評価では、RAW 264 を96穴プレートに 1.0×10^5 cells/wellとなるように播種し、37℃、5%CO₂存在下で3時間前培養した。各種エキスおよびLPS (*Escherichia coli* O55 : B5由来) を100 ng/mlとなるように添加し、24時間培養した。培養上清中のIL-6濃度はELISA法により測定した。

細胞毒性の評価では、RAW 264 を96穴プレートに 1.0×10^5 cells/wellとなるように播種した。37℃、5%CO₂存在下で24時間培養した後、WST-1 cell proliferation assay system (Takara) を用いて細胞生存率を測定した。

6.3. 結果および考察

LPSは病原体認識に関わるToll-like receptor (TLR) 4を介して転写因子であるNF- κ Bを活性化し、炎症性サイトカインであるIL-6やTNF- α の遺伝子発現を誘導する²²⁾。LPS刺激によりRAW 264がIL-6を産生し、抗炎症作用のポジティブコントロールとして用いたBAY 11-7085がIL-6産生を抑制したことから、本評価系が有効であることを確認した。本評価系を用いて、Table5に示す廃棄農産物のエタノール抽出エキスおよび熱水抽出エキス(各3種)のIL-6産生抑制作用を評価した結果、エキスに顕著にIL-6産生抑制作用を見出すことはできなかった。また、いくつかのエキスには細胞増殖促進作用を認めたと、いずれのエキスについても細胞毒性は見られなかった。

Table 5. 評価した廃棄農産物

エキス抽出に使用した廃棄農産物とその部位	
清見オレンジ (外果皮)	焼サツマイモの外皮
清見オレンジ (内果皮)	こげ味噌
ポンカンの外果皮	生味噌
大豆の外皮	渋皮栗の渋皮

6.4. 結言

8種の廃棄農産物から調製したエキスについて、マクロファージ様細胞を用いて抗炎症作用を検討したが、顕著な作用は認められなかった。しかし、廃棄農産物に機能性を見出すことができれば「食」を介した保健の可能性が広がる。「機能性表示食品」制度においても、機能性に関する科学的根拠が強く求められる中、機能性を正

*9 化学生命工学部助教 博士 (工学)

しく評価できる確かな評価系を確立し、さらなる有効成分の探索を進めたい。

7. バナナの皮炭化物を用いたカドミウム除去

林順一*¹⁰

7.1. 緒言

人口の増加と産業の発展に伴って工業的に利用される鉱物の量も増加している。この鉱物の利用に際して、重金属類の排出も増加し、これが水質汚染、土壌汚染の原因となっている。そのため、これら重金属類の除去が急務である。

重金属の除去には沈殿法、膜による濾過、イオン交換、抽出などの方法があるが、コストや処理量が少ない場合は適した方法ではない。そこで、本研究では炭化物を利用した水溶液中からのカドミウム(II)除去について検討した。ここで、炭化物の原料としてバナナの皮を選択した。バナナは広い地域で大量に生産されている。また、同時に廃棄物としてその皮も大量に排出されるため、その有効利用が検討されている。

そこで、バナナの皮炭化物を用いたカドミウム除去について検討し、炭化物の物性がカドミウム除去能に及ぼす影響について明らかにすることを目的とした。

7.2. 実験

7.2.1. 原料

炭化物の原料として、バナナの皮の他に比較原料として、フェノール樹脂、籾殻を用いた。

7.2.2. 炭化

各原料を粉砕機によって粒径0.50 mm以下に粉砕した。粉砕した原料をセラミック製の容器に載せ、窒素気流中で昇温速度 10 °C/min で所定の炭化温 (500~8000 °C) まで昇温し、その温度で 1 時間保持して炭化を行った。

7.2.3. 炭化物の物性

・比表面積

得られた各炭化物に対する 25 °C における二酸化炭素吸着等温線を定容系回分式吸着量測定装置 (BELSORP28 マイクロトラックベル製) で測定し、Marshの方法²³⁾によって比表面積を求めた。

・灰分含有量

得られた各炭化物、約 0.1 g を燃焼ボードに入れ、マッフル炉を用いて、昇温速度 10 °C/min で 815 °C まで昇温し、180 min 保持した。その後、常温まで放冷後取り出し、燃焼前後における重量の差から炭化物中の灰分の重量を求めて、灰分含有率を算出した。

7.2.4. カドミウム除去実験

製造した各炭化物約 0.05 g を 20~400 ppm 硝酸カドミウム水溶液 100 ml 中に入れ、pH 6 付近に調製した。これを 25 °C、120 rpm で 24 時間振盪した。24 時間で平衡に達したと考え、振盪後、1~0.025 ppm まで希釈し、吸光度水質測定器 (photoLab6600) を用いて濃度測定を行った。

吸着開始時、平衡時の濃度をそれぞれ C_0 [ppm]、 C_e [ppm]、溶液量 V [L]、用いた炭化物の質量を w [g] とすると次の式(4)により吸着量 q [mg/g] を求めた。

$$q = \frac{V(C_0 - C_e)}{w} \quad (4)$$

7.3. 結果と考察

7.3.1. 炭化物の物性

Table6 に各炭化物の比表面積、灰分含有量をまとめた。バナナの皮炭化物は他の 2 種の炭化物より比表面積が小さく、炭化温度による影響も小さいことがわかる。

また、炭化物に含まれる灰分量はフェノール樹脂炭化物はほとんどゼロであるが、バナナの皮、籾殻の炭化物には多くの灰分が含まれていることがわかる。

Table 6. 実験に用いた炭化物の比表面積と灰分量

	比表面積 [m ² /g]	灰分量 [wt%]
バナナの皮炭化物 500°C	22.4	22.1
バナナの皮炭化物 600°C	25.7	28.0
バナナの皮炭化物 700°C	20.4	27.3
バナナの皮炭化物 800°C	28.6	25.8
フェノール樹脂炭化物 800°C	661.6	0.0
籾殻炭化物 800°C	384.9	52.2

7.3.2. カドミウム吸着特性

Fig.15 に異なる炭化温度で製造したバナナの皮炭化物、フェノール樹脂炭化物、籾殻炭化物に対するカドミウムの吸着等温線を示した。吸着平衡関係はLangmuir式で表されることがわかった。

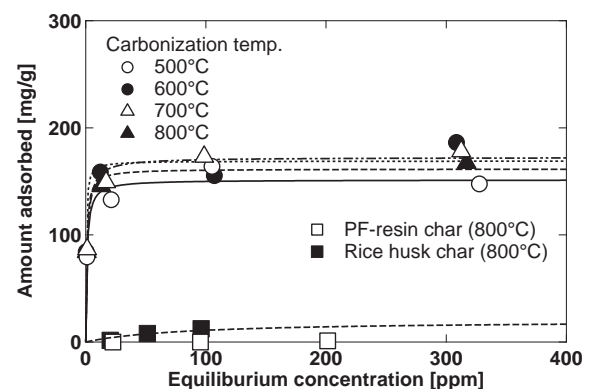


Fig. 15. 各炭化物に対するカドミウム吸着等温線

*10 環境都市工学部教授 博士 (工学)

バナナの皮炭化物に対する吸着量に及ぼす炭化温度の影響はあまり見られず、ほぼ同じ吸着量となった。フェノール樹脂炭化物、籾殻炭化物に対して、ほとんどカドミウムは吸着しないことがわかった。Table6に示すように、比表面積はバナナの皮炭化物が他の炭化物と比べて非常に小さい。にもかかわらず、カドミウムを吸着していることから、カドミウムの吸着は単純な物理吸着でないことが示唆された。

そこで、次に炭化物の物性の何がカドミウムに有効に作用するかを検討した。Table6よりバナナの皮炭化物には灰分が多いことがわかる。そこで、バナナの皮炭化物を塩酸で洗浄することにより、灰分量を減少させた炭化物を調製した。バナナの皮炭化物と酸洗浄により脱灰した炭化物を0.05 gを100 mlの100 ppmのカドミウム水溶液に投入してカドミウムの除去率を調べた。Fig.16にその結果を示した。炭化物のカドミウム除去率は炭化温度によって大きな違いは見られず80~85%であった。一方、脱灰した炭化物の場合の除去率は非常に低かった。つまり、脱灰によって除去率が大きく低下したことがわかった。このことからカドミウム吸着に灰分が大きく影響していることが明らかとなった。

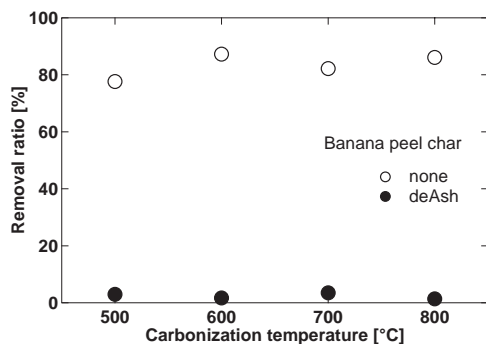


Fig. 16. 脱灰がカドミウム除去率に及ぼす影響

しかし、籾殻炭化物はバナナの皮炭化物よりも多くの灰分を含んでいるにもかかわらず、Fig.15に示すようにカドミウムをあまり吸着していない。このことから、灰分の中のある特定の成分がカドミウムの吸着に有効に作用するのではないかと考えた。Fig.17にバナナの皮炭化物のX線回折パターンを示した。ピーク位置からバナナの皮炭化物には灰分として塩化カリウムが含まれることがわかった。

籾殻炭化物にはシリカが多く含まれていることから、カドミウムの吸着には塩化カリウムが効果的に作用することが予測される。

このことを確認するために、ほとんどカドミウムを吸着しなかったフェノール樹脂炭化物に塩化カリウムを添加した試料を調製し、カドミウムの吸着等温線を測定した。添加した塩化カリウムの割合が10、20 wt%の炭化

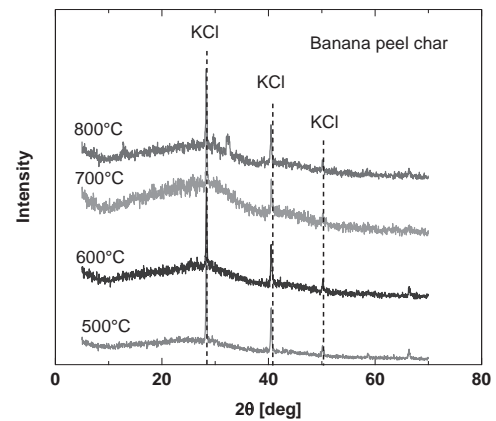


Fig. 17. バナナの皮炭化物のX線回折パターン

物を用いて等温線の測定を行った。その結果をFig.18に示した。フェノール樹脂炭化物に塩化カリウムを添加することによりカドミウムの吸着量が増加していることがわかる。また、添加量を増やすと吸着量も増加している。このことからカドミウムの吸着には塩化カリウムが大きな影響を及ぼしていることが明らかとなった。しかし、添加量を20 wt%としてもカドミウムの吸着量はバナナの皮炭化物に対する吸着量と比較して非常に小さい。灰分の塩化カリウム以外にカドミウムの吸着に有効な要因があると考えられた。

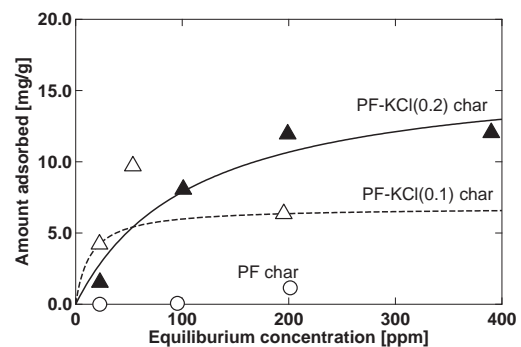


Fig. 18. KClを添加したフェノール樹脂に対するカドミウム吸着等温線

7. 4. 結言

バナナの皮炭化物を用いたカドミウム除去は可能であることがわかった。灰分に含まれる塩化カリウムがカドミウムの吸着除去に有効であることが明らかとなった。塩化カリウム以外にもカドミウムの吸着除去に有効な要因がバナナの皮炭化物にはあることが示唆された。

8. サツマイモ端材からのエタノール生産

山崎 (屋敷) 思乃、片倉啓雄

8. 1. 緒言

農産廃棄物の有効利用の一環として、大学イモ等のサツマイモ加工品を製造する際に出る端材からのエタノール

ル生産について検討した。端材は家畜のエサ等に利用されるほかは、乾燥させてフレーク状に加工されるが、その用途は限られている。本プロジェクトでは、サツマイモの皮に含まれるヤラピン等の抽出・利用についても検討しており、最終的にはその抽出残渣からエタノールを生産する予定であるが、ここでは端材そのものを糖化・発酵してエタノールを生産する条件について検討した。

我々は、地域分散型の小規模なバイオエタノール生産に適した固体連続併行複発酵 (CCSSF) システムを開発しており²⁴⁻²⁶⁾、生産コストのシミュレーションと感度解析の結果、コスト低減には、糖化・発酵速度を上げて設備の利用効率を上げて固定費を削減するのが最も効果的であることがわかっている。そこで、補助酵素を含めた糖化酵素濃度を検討して糖化率と速度を高めるとともに、原料の繰り返し投入による設備の利用効率向上について検討した。

8.2. 方法

CCSSFは、内径 10 cm、長さ 15 cm の発酵槽を 32℃ の恒温器に入れて 3.6 rpm で回転させて行い、凝縮塔は -10℃ に設定した²⁴⁾。白ハト食品工業(株)から提供されたサツマイモ端材のフレークは、ミキサーを用いてさらに細かく粉碎し、良く混合してから使用した。50 g または 12.5 g の原料、20 mM クエン酸緩衝液 (pH 5.0) 50 ml、二亜硫酸カリウム 0.5 g/l、硫酸アンモニウム 5 g/l、酵母 3 g (スーパーカメラ、日清製粉)、アミラーゼ 50 μl (Stargen002, Genencor社) を加えて反応を開始し、槽内エタノール濃度が 50 g/kg を超えないように凝縮塔へのガス循環速度を調整した。pH は 28% アンモニア水を用いて 5 に調整し、適当な時間間隔で原料を 12.5 g ずつ追加し、混合物が適当な流動性をもつように水を追加した。グルコース、エタノール濃度はバイオアナライザー (王子計測機器、BF-5) で測定し、炭水化物含量は、試料を硫酸で加水分解した後に、グルコースを標準としたフェノール硫酸法によって求めた。

8.3. 結果と考察

原料 (炭水化物含量 85%) 50 g で CCSSF を開始したところ、グルコース濃度が上昇を続けて 24 時間後には 200 g/kg を超え、収率はわずかに 0.04 g-ethanol/g-material (以下 g/g と表記) であった。糖化が一気に進んで糖濃度が上昇し、発酵が滞ったことが原因と考えられた。原料の初期投入量を 12.5 g として、その後 2 時間毎に 3 回 12.5 g ずつ投入したところ、グルコース濃度の上昇を防ぐことができ、収率は 0.23 g/g に留まった。この残渣にセルラーゼとペクチナーゼを加えるとさらに糖化が進むことがわかったので、原料を分割投入し、セ

ルラーゼ 500 μl (Cellic CTec2 : Novozymes社)、ペクチナーゼ 750 μl (Pectinex Ultra SP-L : Novozymes社) も加えて CCSSF を行ったところ、収率は 0.40 g/g に向上した。

サツマイモのように、残渣が少ないバイオマスの場合、糖化・発酵後も発酵槽内に酵母と酵素が残っているため、原料を繰り返し投入することでコストを削減できる。そこで、適当な時間間隔で原料を 12.5 g または 16.7 g ずつ投入し 3 日間 CCSSF を行った。しかし、最終的な収率は 0.33 g/g にとどまった。その原因は雑菌汚染とアミラーゼ活性の低下が原因と考えられたので、抗生物質を添加し、アミラーゼを適宜追加したところ、酵素活性は維持され、収率は 0.44 g/g に改善された (Fig.19)。

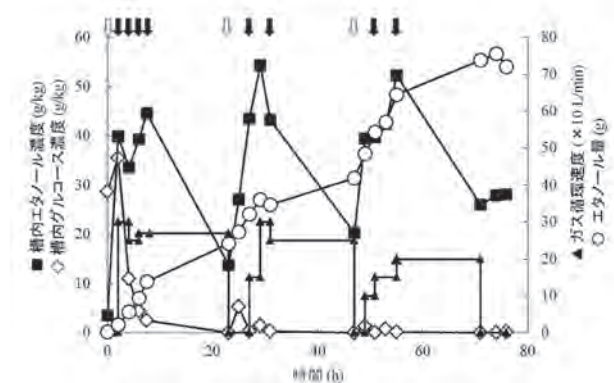


Fig. 19. 原料を繰り返し投入したCCSSFの経時変化矢印のタイミングで原料を投入した。白抜き矢印ではアミラーゼも投入した。

8.4. 結言

サツマイモ端材からのCCSSFによるエタノール生産について検討し、原料を分割投入し、アミラーゼに加えてペクチナーゼとセルラーゼを投入することにより、原料 1 kg あたり 0.44 kg のエタノールを得ることができた。原料の炭水化物含量が 85% なので、この値はほぼ理論収率に匹敵する。また、少なくとも 3 日間、原料を繰り返し投入して発酵を続けることができた。

9. 社会的証明が感覚モダリティ間の相互作用に及ぼす影響 — 他者の評価は化粧水の知覚にいかの影響するのか —

池内裕美^{*11}

9.1. 問題

我々には、視覚・嗅覚・味覚・聴覚・触角の 5 つの皮膚感覚が備わっており、こうした異なる感覚によって得られる体験や経験のことを「感覚モダリティ」(modality) という。これらは独立した感覚ではなく相互に影響を及

*11 社会学部教授 博士 (社会学)

ぼしており、通常、情報刺激としての対象物は、複数の感覚モダリティを通して伝達される。例えばリンゴを知覚する際、甘い香りは嗅覚で、赤い色や丸い形は視覚で、つるつるとした感触や重みは触覚を用いて、我々は対象を「リンゴ」として認識する。

このように、日常生活にとって感覚モダリティ間の情報統合は非常に重要であり、近年、複数の感覚モダリティ間の相互作用を扱った研究が多くみられる。中でも、嗅覚と触覚の相互作用に注目した研究には興味深いものが多い。

例えば庄司³⁴⁾は、香りと化粧クリームの使用感（使用した際に感じる印象）との関連性について検討している。そして、バニリンの香りを提示しながら化粧クリームを塗布すると、香りがついていない場合よりも温かいクリームを塗ったように感じ、ペパーミントの香りを提示して化粧クリームを塗布した場合は、冷たいクリームを塗っているように感じることを見出している。また、Churchill、Meyners、Griffiths、Bailey²⁷⁾は、葉や樟脳のような香りを付加したシャンプーは、使用時および使用直後にべたべたした感覚を生じさせ、柑橘系やローズ・ジャスミンの香りを付加したシャンプーは柔らかさやすべりの良さの感覚を生じさせるといった知見を得ている。さらに菊地、秋田、阿部³⁰⁾は、同じリップクリームにレモンとバニラの香りをそれぞれ付加すると、レモンの香りを付加した場合には、すべりのよさ、のびのよさといったより快適な付け心地を、バニラの香りを付加した場合にはべたつき感を感じることを明らかにしている。

このように多くの研究が、化粧品類を対象に嗅覚と触覚との間に強い関連性を見出している。しかし、他の化粧品にも同様に認められる現象か否かは検討の余地がある。例えば妹尾・竹本・神宮³³⁾によると、化粧水の第一印象を決める要因として、触感と香りが重要であることが示唆されている。よって化粧水は、ともすれば既存研究で用いられた対象以上に、これらの感覚モダリティ間の相互作用に注目することは重要といえる。よって本研究では、「化粧水を対象として嗅覚と触覚の相互作用に注目し、香りが対象商品の使用感や、好意度や使用意欲といった嗜好に与える影響について検討すること」を第一の目的とする（研究1）。そして「化粧水の使用感や嗜好の程度は、香りによって異なる」ことを仮説1として検証を試みる。

なお、こうした感覚モダリティによる体験、すなわち情報刺激に対する知覚判断は極めて不安定であり、坂井、小早川、戸田、山内、斉藤³²⁾は、香りに対する快・不快の反応評定は「教示の仕方」によって影響を受けることを見出している。すなわち、ポジティブな教示を与えると、それらの言語的情報が香りにおける脳内処理に影

響を及ぼし、香りに対してもポジティブな評定を喚起するという。そこで本研究では、この感覚モダリティの不安定さに着目し、「香りに関する事前情報の違いによって、化粧水に対する評価がどのように変わるのかについて検討すること」を第二の目的とする（研究2）。

なお、本研究では提示情報の操作として、社会的証明の観点から口コミ情報を用いる。「社会的証明」(social proof)とは、Cialdini²⁸⁾が唱えた人間の6つの心理学的原理の中の一つであり、“状況が曖昧な時、人は他者の行動に注意を向け、それを正しいものとして受容する性質”のことである。すなわち、対象に対する評価が困難な場合、人は他者の意見に基づき自らの評価を下すという。化粧水をはじめとする化粧品類は、正確な評価が可能となるまで長期的な期間を要するため、一時的・短期的に求められる印象評定は極めて曖昧なものとなる。それゆえ、「口コミサイト」などのレビュー(使用者の意見)を参考に、印象が形成されることが多くなる。よって、本研究では上述した第二の目的における事前情報として、「第一の実験で最も好まれた香り」という情報を提示する香りの中の一つに与え、それにより当該香りに対する絶対的・相対的な評価がどのように変化するかについて検討する。そして「ポジティブな事前情報を付した香りに対する使用感や嗜好の程度は、研究1よりも強くなる」ことを仮説2として検証する。

9.2. 研究1：嗅覚と触覚の相互作用の検討

【目的】

仮説1「化粧水の使用感や嗜好の程度は、香りによって異なる」の検証を目的とする。

【方法】

実験参加者：肌に異常のない女子大学生29名(平均年齢21.59歳、 $SD=0.77$)。評価対象が化粧品のため、本研究では女性のみを実験参加者とした。

実験期間：2015年10月27日～2015年11月12日

実験計画：化粧水の香り条件として、グレープフルーツ・バニラ・香りの付加なし(統制群)の3条件を設定し、1要因3水準の参加者内計画を用いた。なお、グレープフルーツとバニラの香りは、予備実験にて19種類の香り(オレンジ、シトロネラ、ネオリ、ペパーミント、ジャスミン等)の中から、「さっぱり」「まるやか」の印象がそれぞれ最も強かったために選定された。ちなみに「さっぱり」や「まるやか」といった選定基準は、樋口・庄司・畑山²⁹⁾をもとに香りを形容する26項目を作成し、予備実験にて因子分析した結果、抽出された2因子である。

実験手続き：実験者参加者には、初めにパッチテストを行ってもらった。手首の内側に化粧水を含ませたコットンをのせて、そのまま5分間様子を見て肌に異常が出な

いかを調べたところ、本実験では該当者はいなかった。

実験参加者には3条件の化粧水（グレープフルーツ・バニラ・香りなし（統制群））の香りが混同しないよう、各条件を3か所のブースに分け、1つのブースでは1つ化粧水のみを試す方法をとった。なお、香りの影響のみを検討するため、必要最低限の材料を調合し、化粧水として使用した。具体的な分量は、精製水50ml、グリセリン5ml、水溶性エッセンシャルオイル3滴とし、作成した化粧水は、市販の霧吹き型のボトルに移し替えた。そして実験者が、化粧水を実験参加者の手の甲に吹きかけ（プッシュ回数は2回）、手の甲を鼻の近くに持って香りを確かめさせた。その後、もう片方の手でよくなじませてから、質問紙に回答するよう指示した。一通り作業が完了したら、手の甲を十分に水で流し、乾いた布で水気をよくふき取ってもらった。続いてブースを移動し、同様の手順で実験を実施した。なお、提示順序の影響がでないよう考慮し、施行の順番はカウンターバランスをとった。すべての手続きが終了後、実験の真の目的を告げ、ディブリーフィングを行った。

質問紙の項目：化粧水の使用感については、長沢・蔡・吉川³¹⁾の10評価用語より8項目（爽快感がある、べたつき感がある、ヒキシメ感がある、さっぱり感がある、刺激がある、乾きがはやい、うるおい感がある、さらさら感がある）を抜粋し、「全く感じない（1点）」～「とてもよく感じる（1点）」の5件法で尋ねた。さらに化粧水の嗜好を尋ねるため、化粧水の好みの程度を「好きではない（1点）」～「とても好き（7点）」で評定させた。また、化粧水の使用意欲については、富岡・松本³⁴⁾の嗜好意欲項目を抜粋し、先行研究内で用いられている製品クラスの食品を化粧水へ変更して7件法で尋ねた（いつもこの化粧水を使いたい（7点）、使う機会があればいつも使いたい（6点）、好きだから時々使いたい（5点）、たまたま手に入れば使ってみる（4点）、他に使うものがなかった場合これを使う（3点）、もし使うことを強制されれば使う（2点）、おそらく使う気にはなれない（1点））。

【結果】

① 使用感項目の因子分析結果

化粧水の使用感を測定する8項目を因子分析したところ（主因子法、プロマックス回転）、固有値の順次変化および因子の解釈可能性から3因子が抽出された（Table 7）。なお、“刺激がある”は、いずれの因子にも属さなかったため、省いて分析を行った。因子Ⅰは“爽快感”“さっぱり感がある”“ヒキシメ感がある”といった項目が高い因子負荷量を示したことから、化粧水塗布時に肌をひきしめる収斂効果を表す因子と解釈でき、因子Ⅰを「収斂効果因子」と命名した（ $\alpha=.760$ ）。因子Ⅱは、“乾きがはやい”“さらさら感がある”といった項目が高く負荷

Table 7. 化粧水の使用感に関する因子分析結果

	I	II	III	共通性
1) 爽快感がある	.973	-.147	.000	.864
4) さっぱり感がある	.833	.063	-.041	.765
3) ヒキシメ感がある	.406	.316	.223	.305
6) 乾きがはやい	-.081	.876	.147	.695
8) さらさら感がある	.055	.536	-.302	.489
2) べたつき感がある	-.056	-.101	.688	.552
7) うるおい感がある	.082	.150	.473	.200
因子間相関				
I. 収斂効果因子		.361	-.383	
II. 速乾性因子			-.228	
III. 保湿効果因子				

したことから、「速乾性因子」と命名した（ $\alpha=.624$ ）。因子Ⅲは、“べたつき感がある”“うるおい感がある”の2項目の因子負荷量が高いことから「保湿効果因子」と命名した（ $\alpha=.451$ ）。

② 香りが化粧水の使用感に与える影響

香りの付加が化粧水の使用感に与える影響を検討するため、因子ごとに尺度項目得点（合計得点を項目数で除した値）を算出した。そして、香り条件を独立変数、各因子の尺度項目得点を従属変数とする1要因の分散分析（参加者内計画）を行った（Table8）。その結果、収斂効果因子の主効果に有意差が認められたので（ $F(2, 56) = 4.50, p<.05$ ）、Bonferroniによる多重比較を行ったところ、バニラに比べてグレープフルーツの香りは収斂効果が有意に高く評価されることが見出された（ $p<.05$ ）。しかし、速乾性因子と保湿効果因子については、主効果は有意にならなかった（順に $F(2, 56)=2.00, F(2, 56)=1.19$, 共に $n.s.$ ）。

③ 香りが化粧水の好意度・使用意欲に与える影響

次に、香りの付加が化粧水の好意度及び使用意欲に与える影響を検討するため、香り条件を独立変数、好意度得点および使用意欲得点を従属変数とする1要因の分散分析（参加者内計画）を行った（Table8）。その結果、化粧水の好意度、使用意欲ともに主効果が有意となった（順に $F(2, 56)=4.82, F(2, 56)=4.42$, 共に $p<.05$ ）。そこでBonferroniによる多重比較を行ったところ、グレープフルーツの香りはバニラに比べて好意度が高く、使用意欲も強く持たれることが認められた（共に $p<.05$ ）。さらに、香り自体に関する好意度についても1要因の分散分析（参加者内計画）を行ったところ、グレープフルーツの香りはバニラに比べて有意に好まれることが認められた（ $F(1, 26)=55.32, p<.001$ ）。

Table 8. 化粧水の使用感、好意度、使用意欲および香りの好意度の尺度項目得点の平均値 (研究1)

	1. グレープフルーツ		2. バニラ		3. 統制条件		F値	多重比較
収斂効果	3.47	(0.88)	2.97	(0.90)	3.03	(0.94)	$F(2, 56)=4.50^*$	$2<1^*$
速乾性	2.55	(0.75)	2.95	(0.98)	3.00	(1.15)	$F(2, 56)=2.00$	<i>n.s.</i>
保湿効果	2.67	(0.70)	2.93	(0.91)	2.74	(0.97)	$F(2, 56)=1.19$	<i>n.s.</i>
化粧水の好意度	4.10	(1.59)	3.10	(1.26)	3.31	(1.26)	$F(2, 56)=4.82^*$	$2<1^*$
化粧水の使用意欲	4.10	(1.30)	3.41	(1.21)	3.55	(1.12)	$F(2, 56)=4.42^*$	$2<1^*$
香りの好意度	5.26	(1.06)	3.04	(1.65)	—	—	$F(1, 26)=55.32^{***}$	$2<1^{***}$

注: ()は標準偏差

*** $p<.001$, ** $p<.01$, * $p<.05$, † $p<.10$

【考察】

上記の結果をまとめると、化粧水の持つ機能については、「収斂効果」のみグレープフルーツがバニラに比べて有意に高く評価された。たとえ一側面とはいえ、触感と同じである化粧水に対し、爽快感やさっぱり感が違って感じることは非常に興味深い。これは庄司³⁴⁾や菊地ら³⁰⁾の結果同様、嗅覚と触覚といった感覚モダリティ間に相互作用が存在することを示唆しているといえる。

また、化粧水に対する好意度や使用意欲といった嗜好面についても、グレープフルーツがバニラに比べて有意に高く評価された。これはグレープフルーツの香り自体の好ましさの程度が、化粧水への評価にも反映されたものと思われるが、そもそもバニラという香り自体が、化粧水と結びつきにくく、評価を下げた可能性もあろう。

以上、仮説1「化粧水の使用感や嗜好の程度は、香りによって異なる」については支持されたといえる。

9.3. 研究2：社会的証明が化粧水の知覚に及ぼす影響

【目的】

仮説2「ポジティブな事前情報を付した香りに対する使用感や嗜好の程度は、研究1よりも強くなる」を検証する。

【方法】

実験参加者：肌に異常のない女子大学生28名（平均年齢21.29歳、 $SD=.96$ ）。評価対象が化粧品のため、研究1同様、本研究では女性のみを実験参加者とした。

実験期間：2015年11月25日～2015年12月8日

実験計画：研究1同様、化粧水の香り条件として、グレープフルーツ・バニラ・香りの付加なし（統制群）の3条件を設定し、1要因3水準の参加者内計画を用いた。

実験手続きと質問紙の項目：基本的に実験手続き及び質問項目は、すべて研究1と同様であるが、研究2では質問紙に「以前の実験ではバニラの香りの化粧水が最も好まれた」という社会的証明に関する事前情報を追加した。そして、すべての手続きが終了後、実験の真の目的を告げ、ディブリーフィングを行った。

【結果】

① 香りが化粧水の使用感に与える影響

研究2においても、香りの付加が化粧水の使用感に与える影響を検討するため、使用感項目の因子ごとに尺度項目得点を算出した。ただし研究2では、研究1と比較するために研究1の因子分析結果に基づく3因子をあらかじめ想定した。

そして香り条件を独立変数、各因子の尺度項目得点を従属変数とする1要因の分散分析（参加者内計画）を行った（Table9）。その結果、収斂効果因子と保湿効果因子の主効果に有意差が認められたので（順に $F(2, 54)=16.61$, $p<.001$, $F(2, 54)=3.39$, $p<.05$ ）、Bonferroniによる多重比較を行ったところ、バニラや統制群に比べてグレープフルーツの香りは収斂効果が有意に高く評価されることが見出された（ $p<.05$ ）。なお、速乾因子および保湿効果因子の多重比較においては有意差が認められなかった。

② 香りが化粧水の好意度・使用意欲に与える影響

次に、研究1同様、香り条件を独立変数、好意度得点および使用意欲を従属変数とする1要因の分散分析（参加者内計画）を行った（Table9）。その結果、化粧水の好意度、使用意欲ともに主効果の有意傾向が認められた（順に $F(2, 54)=2.78$, $F(2, 54)=2.73$, ともに $p<.10$ ）。そこでBonferroniによる多重比較を行ったところ、好意度は有意傾向、使用意欲は有意差が見られ、グレープフルーツの香りは統制群に比べて好意度も使用意欲も強く持たれることが示唆された（順に $p<.10$, $p<.05$ ）。さらに香り自体に関する好意度についても1要因の分散分析（参加者内計画）を行ったところ、研究1ほどの差はなかったものの、グレープフルーツの香りはバニラに比べて有意に好まれることが認められた（ $F(1, 26)=6.38$, $p<.001$ ）。

③ 社会的証明に関する事前情報が化粧水の使用感と嗜好に与える影響

最後に事前情報を追加することで、バニラに関する使用感や好意度・使用意欲といった嗜好がいかに関与しているのかを検討するために、バニラに対するこれらの評価得点を従属変数、そして事前情報の有無（研究1と研

Table 9. 化粧水の使用感、好意度、使用意欲および香りの好意度の尺度項目得点の平均値 (研究2)

	1. グレープフルーツ		2. バニラ		3. 統制条件		F値	多重比較
収斂効果	3.77	(0.59)	2.95	(0.79)	3.01	(0.70)	$F(2, 54)=16.61^{***}$	$2=3<1^*$
速乾性	3.39	(0.93)	3.09	(0.82)	3.29	(1.00)	$F(2, 54)=1.27$	n.s.
保湿効果	2.52	(0.70)	2.88	(0.74)	2.46	(0.60)	$F(2, 54)=3.39^*$	n.s.
化粧水の好意度	4.18	(1.54)	3.71	(1.36)	3.39	(1.45)	$F(2, 54)=2.78^\dagger$	$3<1^\dagger$
化粧水の使用意欲	4.14	(1.01)	3.89	(1.10)	3.57	(1.00)	$F(2, 54)=2.73^\dagger$	$3<1^*$
香りの好意度	4.63	(1.50)	3.63	(1.65)	—	—	$F(1, 26)=6.38^*$	$2<1^*$

注: ()は標準偏差

*** $p<.001$, ** $p<.01$, * $p<.05$, † $p<.10$

究2)を独立変数として1要因の分散分析(参加者間計画)を行った(Table10)。その結果、使用感および使用意欲と香りの好意度においてはいずれも有意差は認められなかったが、化粧水の好意度においては主効果の有意傾向が認められ($F(1, 55)=3.10, p<.10$)、研究2での好意度得点は研究1に比べて有意に高くなる傾向を示した。

【考察】

以上、研究2でも研究1同様、化粧水の持つ「収斂効果」においてグレープフルーツがバニラや統制群に比べて有意に高く評価されることが認められた。よって、研究2においても嗅覚と触覚の感覚モダリティ間に相互作用が存在することが示唆されたといえる。

また、化粧水に対する嗜好面においては、グレープフルーツは統制群(香りなし)よりも使用意欲が高く評価された。研究1ではバニラとの間に差が認められたが、社会的証明に関する情報を追加したことでバニラの評価得点が上がり、グレープフルーツとの差はなくなった。実際、研究1と研究2で使用意欲得点に有意差こそ認められなかったものの、研究2(事前情報あり)の方がバニラに対する得点はかなり高くなっていった。その他、化粧水の好意度については、研究1と研究2の評価得点間で有意傾向が認められ、社会的証明を示す情報を追加することにより、同じ化粧水に対する好ましさが高まる傾向が示唆された。これは、坂井ら³²⁾の研究同様、「教示の仕方」によって反応評定は変化し、その教示自体としてCialdini²⁸⁾の「社会的証明」に関する内容が有効であることを示唆しているといえる。

Table 10. 事前情報の有無によるバニラに対する使用感、好意度、使用意欲および香りの評定平均値の比較 (研究1と2の比較)

	1. 研究1		2. 研究2		F値
収斂効果	2.77	(0.91)	2.95	(0.91)	$F(1, 55)=.66$
速乾性	2.95	(0.59)	3.09	(0.82)	$F(1, 55)=.35$
保湿効果	2.93	(0.91)	2.87	(0.74)	$F(1, 55)=.06$
化粧水の好意度	3.10	(1.26)	3.71	(1.36)	$F(1, 55)=3.10^\dagger$
化粧水の使用意欲	3.41	(1.21)	3.89	(1.10)	$F(1, 55)=2.44$
香りの好意度	3.11	(1.66)	3.63	(1.62)	$F(1, 26)=1.39$

注: ()は標準偏差、† $p<.10$

以上、仮説2「ポジティブな事前情報を付した香りに対する使用感や嗜好の程度は、研究1よりも強くなる」については好意度という極限られた側面においてのみ支持されたといえよう。

9.4. 本研究の総括

本研究では、化粧水に香りを付加することにより、いかに使用感や化粧水に対する嗜好が影響を受けるのかといった感覚モダリティ間の相互作用、すなわち嗅覚と触覚との相互作用について実証を試みた。その結果、庄司³⁴⁾や菊地ら³⁰⁾等の研究成果同様、香りの感覚的印象によって化粧水の使用感や嗜好が異なることが見出された。坂井ら³²⁾も述べているように、我々の刺激対象に対する知覚は極めて不安定である。よってこうした知見を応用すれば、使用者が求める使用感を香りによって作り出すことが期待できる。

そして、そうした化粧水に対する好意度は、さらに他者の評価、すなわち社会的証明によっても影響を受けることが示唆された。そもそも良し悪しの判断基準が曖昧な化粧品類においては、特に口コミの効果が絶大であり、「他者が良いというものが良い」として評価されやすい。本研究においても、口コミの効果を示唆しうる結果が得られたといえる。つまり、商品の販売時や試用時にこうした社会的証明を示すキャッチコピーを添えるだけで、同一商品に対する好意度の評価が高まる可能性が示唆された。しかし使用感自体を高めるほどの効果は、本研究では見出されなかった。今後は、事前情報の内容や対象とする皮膚感覚を変えて、社会的証明と感覚モダリティとの関連性についてさらなる検討を試みたい。

謝辞

本研究は、「文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業(平成25年度~平成29年度)」によって実施された。本研究の実施にあたり、共同研究者である国立研究開発法人 医薬基盤・健康・栄養研究所 ワクチンマテリアルプロジェクトリーダー 國澤純博士に厚く御礼申し上げます。また、関西大学社会学部心理学専攻の池

内ゼミ 2015 年度卒業生である堀古美美氏、的場郁美氏、山内佑莉氏、王姿雅氏の多大なる協力を得た。この場を借りて感謝の意を表します。

参考文献

- 1) H. Yamamoto *et al.*, *Kagaku kogaku ronbunshu*, 34, 331 (2008).
- 2) C. M. Hansen *et al.*, *Carbon*, 42, 1591 (2004).
- 3) C. M. Hansen, *Hansen Solubility Parameters: A User's Handbook* (1999).
- 4) M. N. Gould *et al.*, *Cancer Res.*, 54, 3540-3543 (1994).
- 5) L. W. Wattenberg *et al.*, *Carcinogenesis*, 12, 115-117 (1991).
- 6) A. Kumagai, N. Horike, Y. Satoh, T. Uebi, T. Sasaki, Y. Itoh, Y. Hirata, K. Uchio-Yamada, K. Kitagawa, S. Uesato, H. Kawahara, H. Takemori, Y. Nagaoka, *PLoS One*, 6(10), e26148 (2011).
- 7) I. Horibe, Y. Satoh, Y. Shiota, A. Kumagai, N. Horike, H. Takemori, S. Uesato, S. Sugie, K. Obata, H. Kawahara, Y. Nagaoka, *J. Nat. Med.*, 67(4), 705-710 (2013).
- 8) N. Horike, A. Kumagai, Y. Shimono, T. Onishi, Y. Itoh, T. Sasaki, K. Kitagawa, O. Hatano, H. Takagi, T. Susumu, H. Teraoka, K. Kusano, Y. Nagaoka, H. Kawahara, H. Takemori, *Pigment Cell Melanoma Res.*, 23(6), 809-819 (2010).
- 9) M. Yamahara, K. Sugimura, A. Kumagai, H. Fuchino, A. Kuroi, M. Kagawa, Y. Itoh, H. Kawahara, Y. Nagaoka, O. Iida, N. Kawahara, H. Takemori, H. Watanabe, *J. Nat. Med.*, 70(1), 28-35 (2016).
- 10) H. Kawahara *et al.*, *Biocotrol Sci.*, 1, 11-17 (1996).
- 11) Y. Yamashita *et al.*, *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, 66, 948-954 (2002).
- 12) H. Kawahara *et al.*, *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, 64, 2651-2656 (2000).
- 13) H. Kawahara *et al.*, *J. Antibact. Antifungi. Jpn.*, 24, 95-100 (1996).
- 14) J. Kasuga *et al.*, *Cryobiology*, 60, 240-243 (2010).
- 15) C. Kuwabata *et al.*, *Cryobiology*, 67, 40-49 (2013).
- 16) 特許第5608435号, 抗氷核活性剤およびその製造方法.
- 17) 特開2015-38170, 過冷却促進剤、過冷却促進剤の製造方法, 抗凝固性組成物、及び、抗凝固性組成物の製造方法.
- 18) 特許第5322602号, 餡粕抽出エキスの抗氷核活性.
- 19) L. M. Coussens *et al.*, *Science*, 339, 286 (2013).
- 20) F. Meng *et al.*, *J. Exp. Med.*, 185, 1661 (1997).
- 21) Y. Geng *et al.*, *J. Immunol.*, 151, 6692 (1993).
- 22) S. Akira *et al.*, *Nat. Rev. Immunol.*, 4, 499 (2004).
- 23) H. Marsh, *Carbon*, 25(1), 1987, 49-58 (1987).
- 24) C. Moukamnerd *et al.*, *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 88, 87-94 (2010).
- 25) C. Moukamnerd *et al.*, *J. Sust. Bioenergy Sys.*, 3, 143-148 (2013).
- 26) Y. Katakura *et al.*, *J. Biosci. Bioeng.*, 111, 343-345 (2011).
- 27) A. Churchill, M. Meyners, L. Griffiths, P. Bailey, The cross-modal effect of fragrance in shampoo: Modifying the perceived feel of both product and hair during and after washing. *Food Quality and Preference*, 20, 320328 (2009).
- 28) R. B. Cialdini, *Influence: Science and Practice*, 5th ed., Prentice Hall (2008). (社会行動研究会(訳) 影響力の武器(第三版) —なぜ、人は動かされるのか—, 誠信書房(2014)).
- 29) 樋口貴広, 庄司健, 畑山俊輝, 香りを記述する感覚形容語の心理学的検討 感情心理学研究, 8, 45-59 (2002).
- 30) 菊池史倫, 秋田美佳, 阿部恒之, 嗅覚がリップクリームの使用感に与える影響, 心理学研究, 84, 515-521 (2013).
- 31) 長沢伸也, 蔡璧如, 吉川季代, 男性用化粧品ニーズ及びポジショニングに関する実証的研究, 立命館経営学, 40, 97-128 (2001).
- 32) 坂井信之, 小早川達, 戸田英樹, 山内康司, 齊藤幸子, においに対する教示はにおいの脳内情報処理に影響を与える, におい・かおり環境学会誌, 37, 9-14 (2006).
- 33) 妹尾正巳, 竹本裕子, 神宮英夫, 化粧水連用による官能評価の変化, 日本官能評価学会誌, 6, 116-120 (2002).
- 34) 庄司健, 嗅覚が他の感覚知覚に及ぼす影響, におい・かおり環境学会誌, 37, 424-430 (2005).
- 35) 富岡孝, 松本享子, 嗜好調査における嗜好尺度, 線分尺度及び嗜好意欲尺度の信頼性について, 聖徳栄養短期大学紀要, 13, 37-41 (1982).

養父市産ハバネロ入り

但馬 焼肉のたれ

辛口



焼肉の他に焼きそばや、焼き鳥、ギョウザにも！

味わい豊かに仕上げた辛口の焼肉のたれ。玄米糖化液のやさしい甘さを有する養父市の養父市産ハバネロが効いて、たれの味にメリハリがついて奥深い味わいに。

内容量:200ml

【焼肉のたれ原材料】
醤油、砂糖、発酵調味料、玄米糖化液、ガーリックペースト、リンゴピューレ、食塩、醸造酢、でん粉、ソテーチオニン、ごま油、あらし生油、酵母エキス、こま、ハバネロ、魚介エキス。（原材料の一部に小麦、大豆、りんご、ごまを含む）

養父市産ハバネロ入り

但馬 トマトハバネロドレッシング

YOMATO&HABANERO DRESSING



甘くて濃いシシリアンルーージュ、トマトとフレッシュハバネロのドレッシング!!

トマトの芯の苦みを生かして、玄米糖とにんにくでコクを出し、養父市産のハバネロでアクセントに辛味を加えたフレッシュでさわやかなドレッシングです。

内容量:200ml

【ドレッシング原材料】
トマト（シシリアンルーージュ）、糖類（水あめ、砂糖）、りんご酢、食用植物油類（菜種油、オリーブオイル）、玄米糖、食塩、ガーリックペースト、でん粉、コショウ、ハバネロ。（原材料の一部にりんごを含む）

フルーティでマイルドな辛さ

但馬 養父市産

ハバネロ

ドレッシング&焼肉たれ

化学調味料
合成保存料
合成着色料
不使用



豊かな自然に開かれ厳しい自然環境で育まれた 但馬のハバネロ



収穫した但馬のハバネロ



収穫時期を迎えた但馬のハバネロ

兵庫県養父市にて主作り、肥後の開発を関西大学都市工学部・山本秀樹教授監修の元独自の栽培方法にて育てたこだわりの「但馬産ハバネロ」です。乾燥したハバネロではなく、採れたての生を使用しており、フレッシュとした辛さにフルーティな香りが特徴です。ハバネロに含まれるカプサイシンの発汗作用はダイエット効果も期待できます。ハバネロには栄養豊富な食材で、カロテン、ビタミン類、カルシウム、鉄・カリウムなどが多く含まれています。

販売 花日和 〒667-0021 兵庫県養父市八鹿町八鹿1847-1 TEL.079-662-3250

三犬サンダイ

三犬サンダイ

但馬朝来産

但馬のハバネロ

TAJIMA NO HABANERO

化学調味料
合成保存料
合成着色料
不使用

但馬・朝来産採れたて生ハバネロ使用、フルーティな辛さが特徴。マイルドな辛さが特徴。

朝来産のハバネロは、収穫後すぐに収穫したハバネロの辛さをマイルドに仕上げたハバネロソース。朝来産ハバネロは、収穫後すぐに収穫したハバネロの辛さをマイルドに仕上げたハバネロソース。

養父市産ハバネロは、収穫後すぐに収穫したハバネロの辛さをマイルドに仕上げたハバネロソース。

但馬のハバネロ バスタソース

内容量:200ml

【バスタソース原材料】
トマトソース、オリーブオイル、しょうゆ、たんぱく加水分解物、ソテーチオニン、食塩、醸造酢、でん粉、コショウ、ハバネロ、魚介エキス、ごま油、あらし生油、酵母エキス、こま、ハバネロ、魚介エキス。（原材料の一部に小麦、大豆、りんご、ごまを含む）

豊かな自然に開かれ厳しい自然環境で育まれた 但馬産ハバネロ



収穫した但馬のハバネロ



収穫時期を迎えた但馬のハバネロ

兵庫県養父市にて主作り、肥後の開発を関西大学都市工学部・山本秀樹教授監修の元独自の栽培方法にて育てたこだわりの「但馬産ハバネロ」です。乾燥したハバネロではなく、採れたての生を使用しており、フレッシュとした辛さにフルーティな香りが特徴です。ハバネロに含まれるカプサイシンの発汗作用はダイエット効果も期待できます。ハバネロには栄養豊富な食材で、カロテン、ビタミン類、カルシウム、鉄・カリウムなどが多く含まれています。

吉井建設有限会社 AM TEL.079-670-2058 FAX.079-670-2059 〒669-5227 兵庫県朝来市和田山町東和田136-1

資料4. 製品パンフレット