

法人番号	271014
プロジェクト番号	S1311043

平成 25 年度～平成 29 年度「私立大学戦略的研究基盤形成支援事業」 研究成果報告書概要

- 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3-3-35
- 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 9 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
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
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 じ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
(共同研究機関等) 橘田 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

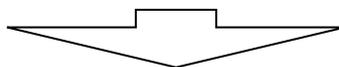
法人番号	271014
プロジェクト番号	S1311043

<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

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
農・工・商連携における 地域中小企業の役割	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)	大西 正曹	農業の六次産業化に向け た中小製造業の技術コー ディネート

(変更の時期:平成 28 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

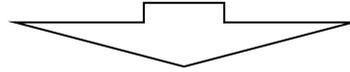
(様式2)

法人番号	271014
プロジェクト番号	S1311043

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
バイオマスからの有価物の探索と機能・構造決定	先端科学技術推進機構・研究員	上里 新一	バイオマスの高付加価値化による資源有効利用の促進

(変更の時期:平成 28 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 研究の概要(※ 項目全体を10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、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、橘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。平成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医薬基盤研究所(現:国立研究開発法人医薬基盤・健康・栄養研究所)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 [注1])が大阪府立環境農林水産総合研究所(橘田)の協力を得る社会システム構築部門によって構成した。研究代表者(片倉)は、少なくとも年3回の全体報告会を招集するとともに、それぞれの研究テーマについて、社会システム構築部門との調整を行った。

【研究支援体制】

関西大学先端科学技術推進機構が研究費の管理・執行、社会連携部が知財と産学官連携をサポートした。試薬や機器等の購入、PDの雇用などに当たり大学の法人部局や進捗状況のチェックをする研究推進部からも万全の支援を得た。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・交渉を行った。

【プロジェクトに参加する研究者、大学院生・PD人数と活用状況】(※大学院生・PD数は延べ人数を記載)

社会システム構築部門(大西、池内、橘田の計3名)と研究部門からなり、研究部門は以下の3グループから構成した(括弧内は延べ人数)。

[高付加価値物質探索グループ] ○長岡、上里 [注1]、河原、住吉、山崎、PD5名、技術補佐員1名、客員研究員10名、RA1名、大学院生81名

[抽出・分離プロセス開発グループ] ○山本、RA5名、大学院生40名

[残渣商品化プロセス開発グループ] ○林、片倉、RA1名、大学院生14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た。

(注1:竹森は平成27年度末に同研究所の組織替えのため、上里と大西はそれぞれ平成27年度末と平成28年度末に定年退職のためメンバーから外れた。)

法人番号	271014
プロジェクト番号	S1311043

【共同研究機関等との連携状況】

学外研究者の橘田とはメールや電話を通して随時打ち合わせを行い、研究を進めるとともに必要に応じて研究員が橘田に同行して農産廃棄物提供者との面談を行った。

(3) 研究施設・設備等

【研究施設の利用状況】（※人数は5年間の延べ人数）

関西大学ハイテク・リサーチ・コア306室(101 m²:60名)、第4学舎第四実験棟 天然素材工学研究室(127 m²:18名)、生物化学工学研究室(194m²:9名)および医薬品工学研究室(188 m²:52名)、第4学舎2号館研究棟プロセスデザイン研究室(148 m²:30名)。なお、平成27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した。

【主な研究設備・装置、設備の名称及びその利用時間数】

プロテオーム解析・機能評価装置(20 h/週)、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)、高付加価値機能活性測定装置(10 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。

【外部資金の導入状況】

学内の研究メンバーの外部資金獲得状況は以下の通りである。

日本学術振興会科研費:

平成25年度2件2,860千円;平成26年度3件2,520千円;平成27年度2件4,030千円;

平成28年度3件5,200千円;平成29年度3件5,330千円

学外共同研究・受託研究・指定寄付等:

平成25年度12件15,571千円;平成26年度23件20,452千円;

平成27年度13件8,309千円;平成28年度19件16,686千円;平成29年度21件24,402千円

(4) 研究成果の概要 ※下記、13及び14に対応する成果には下線及び*を付すこと。

基礎系8課題(1-6, 9, 15)、応用・製品開発系8課題(7, 8, 10-14, 16)を設定し、高付加価値植物質探索グループが8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3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、学会発表、特許出願、外部資金獲得の件数、上市した製品数を下表にまとめる。

表1. 各研究課題と研究成果(*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	国内学会	国際学会	特許	外部資金	上市
研究部門	高付加価値植物質探索	基礎	1	果皮抽出物を用いた染毛法の開発	0	3	2	0	1	0
		基礎	2	廃棄農産物エキスの免疫調節作用の評価	0	2	2	0	4	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	6	6	13	0	5	1
		基礎	4	高麗人参廃棄物からの有用物質の探索	0	5	7	0	2	0
		基礎	5	ポリフェノール類の化学修飾による高機能化	1	5	9	0	7	0
		基礎	6	ノビレチンを含有する柑橘類果皮の高付加価値化	3	7	1	0	3	0
		応用・製品化	7	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	2	9	0	2	34	0
	応用・製品化	8	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	1	2	1	1	4	2	
	抽出・分離プロセス	基礎	9	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	11	8	0	9	0
		応用・製品化	10	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	0	*	2	1
		応用・製品化	11	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	0	1	1
		応用・製品化	12	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	0	*	1	0
	残渣商品化プロセス	応用・製品化	13	バナナの皮の有効利用法の開発	1	4	0	0	17	0
		応用・製品化	14	抽出残渣からのエタノール生産	1	1	0	0	6	0
		基礎	15	バイオエタノール生産に適した非組換え酵母の育種	0	1	0	*	5	0
社会システム構築部門	応用・製品化	16	製品イメージと消費者受容に関する心理学的研究(課題1と10とも連携して進行中)	4	17	4	0	0	0	

※外部資金は学内研究者の獲得件数

法人番号	271014
プロジェクト番号	S1311043

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。

各課題について、以下に研究成果とあわせて、優れた成果があがった点、問題点、研究期間終了後の展望をまとめた。副次的効果については、該当するもののみ同欄に記載した。また、研究担当者自身による自己評価、外部評価について個別に助言、指摘があったものについて、改善点等を記載した。

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、低刺激性天然染毛剤の開発を目的とした。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も同時に推進することを目指した。

<優れた成果があがった点>

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。さらに、当初の技術目標であった、「サツマイモやバナナの皮に含まれるポリフェノール酸化酵素を用いた染毛法の開発とその機構の解明」には成功し、方法論の構築としては、一定の成果が得られた。また、以下に詳述するように、早い段階でのWeb調査によって、商品化の際の問題点を事前に把握して研究戦略を修正できたことは、本学に形成された研究拠点としてのコラボレーション効果が大きく表れた事例であり、特筆すべき点である。

<課題となった点と対応および終了後の展望と副次的効果>

人毛に対して一定の染毛作用が認められたものの、社会システム構築部門が実施したWeb調査では、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、という結果を得た。また、ヒトに用いるには、アレルギーの懸念などの安全性の問題が指摘された。そこで、アレルゲンになり得る粗酵素溶液を直接使うのではなく、これに含まれるポリフェノールの酵素酸化で生じるキノン体で染料を酸化重合し、染色率を高める方向に研究戦略を転換した。これに関しては、今後、キノン体の有効性について改良を進めていくとともに、実用化に向けて、協力企業と共同で性能と安全性の検証を進める。

また、課題3では、毛根のメラニン産生能を向上させることが期待されるフラボン類を見出している。今後、このような細胞レベルでのメラニン産生促進に基づく、白髪予防と合わせて、総合的な施策を推進する。外部評価で指摘された「実プロセス設計への移行」を加速するため、旧来の協力企業に加えて、新規の協力企業とともに検討を進めている。

【課題2】廃棄農産物エキスの免疫調節作用の評価 *2 (担当:山崎・橋田)

<目的>

食餌成分が直接作用すると考えられる腸管免疫系の調節作用を農産物に見出すため、適切な評価系を構築し、農産物エキスのスクリーニングにより有効成分の同定を行うことを目的とした。

<優れた成果があがった点>

学外研究分担者の橋田の仲介で提供された大阪府産の農産物など22種から、食品用途での実用化を考慮して、酸性・中性・アルカリ性条件下での熱水抽出およびエタノールによる溶媒抽出を行った。これらのエキスを高付加価値物質探索グループの各研究員に提供するとともに、マウスバリエル板細胞にエキスを添加して培養し、その上清中のIgMおよびIgA抗体産生量をELISA法で測定した。その結果、栗の渋皮の熱水抽出エキスに顕著なIgM産生誘導効果を見出し、各種感染症への感染予防に有効である可能性が示された。また、農産物に一つでも多くの付加価値を付与するために、過剰な免疫応答を抑制する抗炎症作用についても検討した。即ち、マウスマクロファージ様Raw264細胞を用い、大腸菌リポ多糖による刺激で誘導される炎症反応を各種エキスが抑制できるかを調べた。その結果、発酵食品残渣の熱水抽出エキスに強い抗炎症作用を見出した。

<課題となった点と対応および終了後の展望と副次的効果>

当初、目的の活性を示す農産廃棄物あるいは食品残渣エキスは非常に少なかった。しかし、アイテムを増やすことに加え、乾燥試料の粉碎条件や抽出溶媒などの抽出条件を検討するとともに、評価項目を追加することにより、免疫賦活作用および抗炎症作用を示すエキスを数種取得できた。機能性食品あるいは医薬品としての応用を目指すには、外部評価委員からの指摘もあった作用機序の解明が必須である。今後は、発酵食品残渣の熱水抽出エキスに含まれる抗炎症作用をもたらす成分の同定と作用機序を解明するとともに、腸炎モデルあるいは慢性炎症と関わる肥満モデルを用いて*in vivo*での有効性を検討する。これにより、特許化を進めるとともに、機能性食品あるいは医薬品としての実用化を目指す。

法人番号	271014
プロジェクト番号	S1311043

【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理活性成分で、機能性食品や化粧品(医薬部外品)などの素材になるものを探索する評価系の構築と、実際の活性物質の同定を目的とした。

<優れた成果があがった点>

メラニン産生制御、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ことができた。また、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することができた。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(ポリフェノールの一種)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)。ワラビのブテロシン 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。実用化の観点からは、本研究課題の成果の一つであるメラニン産生促進作用を有するフラボン類を基に、中野製薬からフラボン誘導体を配合したヘアトニックが上市された。

<課題となった点と対応および終了後の展望と副次的効果>

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ため、活性化化合物の同定が難しい点が課題となった。これについては、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うことで解決した。学術的な面においては、新規メラニン産生機構として、リン酸化酵素 SIK が関わる可能性を見出した。本研究課題を基にした特許は出願しており、その研究に関連した成果を基に、商品が開発されている。継続して研究を進めることにより、更なる実用化案件が期待される。

外部評価で指摘を受けた「実プロセス設計への移行」については、有用な生理活性評価系を確立して製薬や化粧品等の研究開発に貢献するとともに、その成果を基にした商品開発に結び付いている。毛髪の酸化機構の研究から派生して、毛髪のダメージを軽減法に関して企業との共同研究にも発展しており、研究期間終了後の展望として、その実用化を目指していく。

【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>

高麗人参は古来より利用されてきた薬用植物で、現在も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カスは廃棄されており、ここから水で抽出されにくい脂溶性の有効成分を探索することを目的とした。

<優れた成果があがった点>

温水抽出後の人参カス、および同様に廃棄される茎、葉を天日乾燥後、種々の有機溶媒で抽出したところ、人参カスのヘキサン抽出エキスが抗がん活性を示した。すなわち、高麗人参カスに生理活性を示す残存有用成分があることを見出した。

<課題となった点と対応および終了後の展望と副次的効果>

人参カスが大量に水分を含んでいたため、脂溶性の有機溶媒による抽出が困難であった。しかし、天日乾燥により乾燥した人参カスをミキサーで破碎することにより効率的な抽出が可能となった。抽出エキスに含まれる生理活性成分の探索を目指し、各種廃棄物を乾燥・破碎後に種々の有機溶媒抽出と分画によって得たエキスの抗がん活性を網羅的に評価した。その結果、ヘキサン抽出画分に抗がん活性を見出し、これに含まれる主要成分の質量分析による構造推定を行っている。また、抗がん作用以外の生理活性を見出すべく、マウスのパイエル板細胞を用いた免疫機能調節活性のアッセイ系と、ムスカリン受容体を強制発現させた CHO 細胞を用いた副交感神経活性化のアッセイ系(認知症治療薬につながる)を確立した。その結果、温水抽出後の高麗人参カスに、抗がん作用を示す脂溶性の生理活性成分を見出した。今後はこれらの有用成分を活用するため、山本と協力して実用化可能な抽出方法を検討する。

【課題5】ポリフェノールの類の化学修飾による高機能化 *5 (担当:住吉)

<目的>

世界的な緑茶消費量の増加に伴い、使用済茶葉の廃棄量も増えており、その有効利用法の開発が求められている。緑茶に含まれるポリフェノール類であるカテキンは、抗菌、抗がん、抗成人病等の生理活性を示すことに着目し、化学修飾によって高機能化して付加価値を高めることを目的とした。

<優れた成果があがった点>

(+)-catechin の 3 位水酸基を長鎖脂肪酸とエステル化して脂溶性を高めると、抗がんおよび抗菌活性を示すことを見出しているが、従来法は低収率のため実用化は困難であった。そこで、反応条件を種々検討し、非フェノール性の 3 位水酸基のみを選択的にエステル化する汎用性の高い合成方法を確立した。本法を応用して炭素鎖長の異なる複数のエステル化カテキンを高収率で合成し、マクロファージ細胞株である RAW264 株を用いてそ

法人番号	271014
プロジェクト番号	S1311043

の抗炎症作用を評価した。LPS に誘発される炎症性サイトカインである IL-6 産生は、得られたカテキン誘導体群によって濃度依存的に低下した。抗炎症作用は化学修飾前のカテキンに比べて強く、脂溶性も向上していたことから、これらのカテキン誘導体は皮膚炎治療薬等への応用が期待できる。

<課題となった点と対応および終了後の展望と副次的効果>

カテキンの計7個の水酸基の中で非フェノール性の3位水酸基のみをエステル化する合成法の確立が課題であった。トリフルオロ酢酸存在下で酸クロリドと反応させる当初の合成方法では、分離困難な副生成物が多数生成し、低収率であった。そこでフェノール性水酸基をベンジル保護することで副生成物の生成を回避し、純度の高い目的物を高収率で得ることができた。事業化可能な合成法へとブラッシュアップするため、腐食性と毒性のあるトリフルオロ酢酸を用いない工程を検討した結果、結晶化とカラムクロマトグラフィーの組み合わせで、グラムスケールの合成工程を確立した。得られた緑茶カテキン誘導体は、抗炎症作用を示したことから、化粧品や医薬品は高い利益が期待できる。一方、ヒトでの安全性の担保が大きな課題であるが、これらの誘導体の原料は共に安全性が担保されているカテキンと脂肪酸であるため、比較的毒性が低いことが期待できる。今後は膜透過性と抗炎症作用を指標として化合物を絞り込み、げっ歯類の皮膚炎モデルで効果を検証する。抗炎症作用を示した化合物の特許を出願すると共に、今後は製薬会社や化粧品会社への紹介を経て実用化できることを目指す。

【課題6】ノビレチンを含有する柑橘類外果皮の高付加価値化 *6 (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することを目的とした。

<優れた成果があがった点>

柑橘類の外果皮に含まれるノビレチンを化学療法剤と併用すると、ヌードマウスに投与した試験では、化学療法剤を低減しても高い抗腫瘍効果が得られた。一方、ノビレチンは、ラット大脳皮質由来初代神経細胞に対し、低酸素低糖状態において神経細胞死防御効果を示した。この防御効果の一因として、ノビレチンによる長寿遺伝子産物(Sirtuin1 酵素)活性上昇効果があると考えられた。これらの結果から、ノビレチンを高含量で含む柑橘類外果皮を、高機能の付加価値を有する機能性表示食品として応用することが期待できる。

<課題となった点と対応および終了後の展望>

柑橘類外果皮エキスの機能性表示食品への応用を目指し、他の類似機能性食品との効果やコストの比較検討を行う。また、山本の協力を得て低コストの抽出方法を見出すとともに、機能性表示食品開発へ向けて企業と協業する。

【課題7】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 *7 (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ことを目的とした。

<優れた成果があがった点>

コーヒー粕からの過冷却促進物質は、平成26年から新日本薬業(株)と共同研究を行っている。工業生産プロセスについて検討し、低コストで安定した品質のエキスを製造するプロセスを確立した。さらに、精密に分離すると機能が異なる画分が存在することも明らかにした。その活性成分の一つがカフェインであり、その濃度の影響などを明らかにし、論文として報告した【★1】。

<課題となった点と対応および終了後の展望と副次的効果>

コーヒー豆およびコーヒー豆の焙煎条件によって、コーヒー粕からの過冷却促進物質の含量や活性が異なることが課題であった。しかし、実際にコーヒー飲料メーカー4社から提供されたコーヒー粕について検討した結果、活性のばらつきは20%を超えず実用化には問題ない範囲であった。このコーヒー粕エキスの大部分は、コーヒーエキスとほぼ同じであり、すでにマウス経口急性毒性試験を行い、安全性についても検討を始めている。この抽出残渣からマンナンを抽出した後の残渣についても、更にその残渣の新規用途としてキャパシタ電池へ応用すべく、化学・物質工学科の石川正司教授と共同研究を進める。外部評価で作用機序の解明の重要性を指摘されているが、これに関しては、コーヒーエキスには既知の過冷却促進以外に、同活性を有する未知な化合物が含まれているので、その構造を決定し、その活性と構造との関係を明らかにすることで対応した。

また、食品開発展などの展示会に出展し、その効果により、多くの企業とサンプル提供契約(20社以上)を結び、エキスの評価も行った。平成27年にJST-START(大学発新産業創出プログラム)に応募し、最終2次審査まで残った。残念ながら採択には至らなかったが、この申請の担当ベンチャーキャピタルの方に事業方向性の助言を得て、起業を決断し、平成28年11月に(株)KUREiを立ち上げた。その後、農水省『『知』の集積と活用』の場「産学官連携協議会」の研究開発プラットフォーム及び研究開発モデル事業の採択を受けた。

法人番号	271014
プロジェクト番号	S1311043

【課題8】 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 *8 (担当:河原)

<目的>

エノキタケから接着タンパク質と不凍多糖を抽出・精製する工業的生産プロセスを確立するとともに、これらの構造および機能性を解析し、更なる展開を探ることを目的とした。

<優れた成果があがった点>

食品用途用の熱水抽出による工業的生産プロセスを構築し、得られた接着タンパク質は小麦粉などの紛体以外にも、デンプン、セルロースなどの多糖類にも接着することを明らかにした。また、人毛にも接着するため、染毛剤としての機能も期待できる。不凍多糖においては、アルミ板に塗布することによって、表面にできた氷結晶の制御できることも明らかにした。さらに、不凍多糖は共同研究先の(株)カネカによって、厚生労働省より一般飲食物添加物として認可された。この認可は、エキスの生産方法を確立できた成果であり、平成26年10月からサンプル出荷を開始した。接着タンパク質も工業的生産プロセスを確立し、平成27年4月から(有)一栄が販売を開始した。このエキスは、食して健康などに効果のある機能性食品素材ではなく、食品などの物性に影響する素材である。そのエキスを利用した製品化については、らぼっぼベーカリー(白ハト食品工業(株))が平成27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。この抽出残渣からは食品用途以外の利用のための不凍多糖の調製ができ、そのエキスは多くの分野への利用の検討を始めている。この不凍多糖(食品用途以外)および接着タンパク質エキスを製造・販売会社する(株)KUNAiを(有)一栄とともに起業した。

<課題となった点と対応および終了後の展望と副次的効果>

接着活性の品質評価法がなかったため、まずタンパク質のセルロースへの接着量を指標にして評価法を確立した。食品用途における原料の表示は食品添加物ではなく「エノキ」とできる抽出法が課題となった。検討の結果、共同研究先で簡易な熱水抽出に成功し、その確立した評価法を用いて接着機能を発揮できることを確認できた。この結果、このエキスは人が食しているエノキタケと同じ原料として扱えることになった。接着タンパク質の抽出後の残渣から、さらに不凍多糖を抽出できるが、これを着氷防止コーティング剤に利用するため、平成28年5月に関西大学氷制御物質(不凍多糖・過冷却促進物質)化成品コンソーシアムを設立した。そのメンバーには不凍多糖エキスを提供し、コンソーシアムメンバーにはその応用研究開発を依頼した。その結果は良好で、不凍多糖の更なる用途開発を目指した大型予算申請の準備中である。接着タンパク質については、急性毒性経口試験の再試験の後、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。

また、商品化においては関西大学商学部のテクコレス講義と連携した。この講義は技術シーズを基にビジネスプランを考えるもので、平成26年度に不凍多糖を技術シーズとして提供し、受講した学生から11の新商品のアイデアが提案された。そのアイデアの一つが、上述の「おいもぬくもりパン」である。接着タンパク質エキスは、化粧品用途で約10社、食品用途で数社とサンプル提供契約を結び、用途について検討中である。一方、食品用途以外での不凍多糖の利用については、(有)一栄が担当している。この用途として、コーティング剤への利用が期待されており、平成28年5月に関西大学氷制御物質化成品コンソーシアム(企業14社)を立ち上げた。

《 抽出・分離プロセス開発グループ 》

【課題9】 Hansen 溶解度パラメータを用いた有価成分抽出条件の設計 *9 (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ことを目的とした。

<優れた成果があがった点>

工業用の化学物質に限らず、天然物に含まれる様々な機能性物質に Hansen 溶解度パラメータ(HSP値)の理論および分離技術を適用できることが明らかになった。実試料においても、和歌山県田辺市産ミカンの種皮からd-リモネンを、兵庫県養父市産トウガラシ(ハバネロ)からカプサイシンを、同じく養父市産のフルーツマトからリコピンを、それぞれ効率的に抽出することができた。d-リモネンについては、同県の特産物である梅の製造工程から廃棄される漬けた後の梅エキス(塩)と混合し、冷風乾燥により梅由来のクエン酸が豊富なミカン塩を試作し、農業法人きてらが贈答用に試験販売を行っている。ハバネロから抽出したカプサイシンは濃縮し、ドレッシングおよび焼き肉のたれとして製品化した。

<課題となった点と対応および終了後の展望と副次的効果>

HSP 技術を食品に応用する場合、低コストで人体に悪影響を及ぼさない溶媒を選ぶ必要があるため、溶媒の種類が限定されることが問題であった。許容される溶媒を混合することによって、様々な HSP 値をもつ物質に対応でき、効率的に抽出できる混合比を HSP 理論によって設計できることを実証した。HSP 技術は任意の天然物に応用できるので、例えば薬草、植物から薬効成分を抽出・濃縮するなど少量でも大きな価値を生み出す成分に着目し、トータルの製造コストも考慮した抽出プロセスの構築に展開したい。

【課題10】 ハバネロ・ジロキア(唐辛子類)からのカプサイシンの分離と応用 *10 (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

法人番号	271014
プロジェクト番号	S1311043

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した。

<優れた成果があがった点>

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合計で平成26年度は500kg、平成27年は500kg、平成28年は700kg栽培した。特注の蒸留装置を用いた精製・濃縮技術を開発してカプサイシンを抽出し、吉井建設(有)、(株)マナと共同開発した「ハバネロ焼き肉のたれ」、「ハバネロドレッシング」として生産、製造・販売を行っている。さらに、提案する分離技術は、ラサ工業(株)で肥料開発、日本エンバイロケミカルズ(株)、(株)プライスでは医薬品開発、化学品として製品開発を行った。抽出したハバネロは害獣の駆除への応用を検討しており、濃度0.240g/100mL ethanolでも十分な効果が得られることがわかった。

<課題となった点と対応および終了後の展望>

ハバネロエキスを添加したドレッシング、パスタソースを開発して上市した。さらなる売上向上のため、社会システム構築部門の池内と連携して、パッケージとパンフレットのデザインを開発中である。(課題15参照)外部評価委員からの指摘事項である「事業化」に十分に対応できたと考えている。上述の企業との製品開発を継続するとともに、カプサイシンの用途開発を進める。

【課題11】 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 *11 (担当:山本、大西)

<目的>

和歌山県産の蜜柑類の加工残渣(果皮)の有効利用を目的とした。

<優れた成果があがった点>

農業法人きてらから提供された柑橘類の果皮から、主要香気成分d-リモネンの高効率抽出法を確立した。

<課題となった点と対応および終了後の展望>

得られたリモネンを発泡スチロール等の溶剤として用いるのは、コスト的に難しかった。そこで、大西のコーディネーターで、和歌山県産ミカン由来のリモネン、ビタミン類と同じく和歌山県産の梅干し製造工程から廃棄される梅エキス(食塩)と混合し、凍結乾燥して柑橘風味の香塩「秋津野ソルト」を開発し、高評価を得た。吸湿して固まることが課題として残ったので、ペースト状を検討することを含めて製品形態を改良し、和歌山県の協力も得て商品化する予定である。

【課題12】 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 *12 (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ことを目的とした。

<優れた成果があがった点>

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。さらに、同養父市で生産されているフルーツマトの規格外商品(サイズ規格、損傷品)の有効利用の観点から、トマト由来のリコピンの分離、濃縮する技術を開発した。

<課題となった点と対応および終了後の展望>

従来法に比べて製造コストが高いが、それぞれブランド化によって対応する。外部評価委員からも指摘があった製品化に取り組み、食用醤油塩は山六醤油(株)、大徳醤油(株)で、粉末山椒およびトマト由来のリコピンの分離は養父市が運営する養父パートナーズで試作した。今後も研究を継続し、社会システム構築部門と連携したパッケージデザイン開発等を行い、商品化する。

《 残渣商品化プロセス開発グループ 》

【課題13】 バナナの皮の有効利用法の開発 *13 (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炭化し、調湿剤(湿度を調整する吸着剤)として利用の他に、水溶液中のカドミウムの除去剤、硫化水素(悪臭成分)の除去剤としての利用について検討した。

<優れた成果があがった点>

バナナの皮炭化物は、一般的な木炭の数十倍の調湿能(高湿度で水蒸気を吸着、低湿度で水蒸気を脱着できる能力)を有しており、それには、含まれる灰分(塩化カリウム、炭酸カリウム)が重要であることがわかった。また、バナナの皮炭化物はカドミウムや硫化水素の吸着能を有し、これにも灰分が重要であることがわかった。特に後者は従来の硫化水素吸着材(特殊加工した活性炭)と同等の吸着能を有していた。これは、この炭化物が窒素を含むため水が吸着しやすく、硫化水素の除去を促進するためと考えられた。また、食品残渣のようにセルロース、ヘミセルロースを多く含むものは、塩化亜鉛賦活によって非常に大きな比表面積を有する活性炭を製造できることを明らかにした。さらに、木チップを800℃以上で炭化したものは、二酸化炭素とメタンの吸着速度の

法人番号	271014
プロジェクト番号	S1311043

比が 30～180 倍あり、吸着速度差による省エネ分離が可能と考えられた。また、800～900 °Cでの炭化物はプロピレンは吸着するが、プロパンはほとんど吸着しなかった。プロパンとプロピレンは沸点の差が非常に小さいため、蒸留分離には非常に多くの段数と多大なエネルギーを要するが、省エネ精製プロセスの構築が期待できる。

<課題となった点と対応および終了後の展望と副次的効果>

現象論に加えて、作用機序を明らかにするよう外部評価委員から指摘があった。これまでの結果は、炭化物中の灰分(特にカリウム)や窒素の関与を示唆しているため、セルロースに尿素、塩化カリウム、炭酸カリウムを添加したモデル炭化物を用いて検証することにより、調湿能、硫化水素除去能、カドミウム除去能の機構を明らかにする。また、塩化亜鉛賦活における温度の重要性を重量減少や分光分析などで検討する。木チップ炭化物の分子ふるい能については、炭化物の細孔構造を解析し、分離対象の分子のサイズ、形状との関係を明らかにした査読付き論文が掲載された【★2】。今後、吸着機構や除去機構を解明についても論文を発表する予定である。

これらの炭化物、活性炭は粉末状であるため、実際に反応塔に充填するには成形する必要がある。今後は、特性を維持した状態で成型する方法を検討する。また、原料となる抽出残渣を適切な前処理によって改質することによって、さらに高機能な炭化物(活性炭)の製造について検討を進める。

【課題 14】抽出残渣からのエタノール生産 *14 (担当:片倉)

<目的>

抽出残渣に含まれる炭水化物から効率よく低コストでエタノールを生産することを目的とした。

<優れた成果があがった点>

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モの加工残渣(端材)からの固体連続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。セルロース性原料から効率よく生産するための基礎を検討するため、セルロースを主成分とするシュレッターくず(細かく裁断されるので紙には再生できない)からコストの感度解析をベースにして生産条件を検討した。その結果、50 °Cで予備糖化することによって、収率を維持しつつ所要時間を短縮して生産コストを低減できることを明らかにした。さらに、これらの成果をまとめ、今後論文として発表する。

<課題となった点と対応および終了後の展望>

発酵に用いる酵母には、耐熱性、エタノール耐性、ペントース発酵能が求められるが、現時点でこれらを兼ね備えた株は遺伝子組換え酵母のみであり、食品工場等では消費者感情を考慮すると使用できない。そこで遺伝子の組換えではなく、交雑によって上述の特性をもつ酵母の育種をするため、次に述べる課題 15 を新設した。外部評価委員より実用化を急ぐよう指摘されたが、残渣がまだ得られていないため、古紙回収企業との共同研究で、シュレッターくずからのエタノール生産の実用化を検討しており、今後も継続する。

【課題 15】バイオエタノール生産に適した非組換え酵母の育種 *15 (担当:片倉)

<目的>

地域分散型でエタノールを生産する際に遺伝子組換え酵母を用いると、カルタヘナ法で求められる拡散防止措置を講じることは容易ではない。また、食品工場内では消費者感情から遺伝子組換え酵母は事実上使用できない。そこで、エタノール耐性、耐熱性、ペントース発酵能をあわせもつ酵母を古典的な交雑によって育種した。

<優れた成果があがった点>

Saccharomyces cerevisiae は発酵能やエタノール耐性の観点からエタノール生産に好適だが、耐熱性が十分ではなくペントース発酵能を持たないとされている。エタノール濃度が高まっても生産速度が低下しない劣性の形質をもつ協会 6 号酵母(2 倍体)に、42 °Cで生育できる(6 つの遺伝子に支配される)一倍体の酵母をレアメーティング法で 2 回交雑させ、4 倍体とした。これに胞子を形成させて減数分裂させ、その中からスクリーニングすることにより、40 °Cでエタノール濃度が 5%以上になっても生産速度が低下しない株を造成できた。これらの成果は、共同研究先企業と特許出願する予定である。ペントース発酵には 3 種の酵素が必要で、165 株の *S. cerevisiae* について活性を測定したところ、うち 2 つは十分な活性をもつ株があった。残り一つについても弱いながら活性をもつ株があったので、これらを交雑し 3 つの酵素活性をもつ株を造成できた。

<課題となった点と対応および終了後の展望>

外部評価委員からの指摘があった実用化のため、食品加工会社等にヒアリングした結果、実用化には遺伝子非組換え酵母の育種が事実上必須であることが分かったのでこの課題を新設した。ペントース発酵の律速となる酵素の比活性が他の 2 つの酵素のそれに比べて最大でも数十分の 1 しかなかったため、従来の育種においても実績のある紫外線等による変異処理によって比活性を向上させる。レアメーティング法で 4 倍体化して胞子を形成させる方法は、遺伝子非組換えで劣性形質を付与できる新規な育種法であり、論文投稿を準備中である。

法人番号	271014
プロジェクト番号	S1311043

B. 社会システム構築部門

【課題 16】製品イメージと消費者受容に関する心理学的研究 *16 (担当:池内)

本課題では、以下の 2 つの商品化に向けて、消費心理学的な視点から検討を行うことを主目的とした。まず、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した(課題 1 と連携)。2 つ目は、ハバネロ商品の魅力や知名度を高めるため、より誘目性の高いパッケージの探索的検討を行った(課題 10 と連携)。そして最終的には、苦情、クレームなどの消費者の声を反映した商品の提案を目指した。

<優れた成果があがった点>

まず、「天然素材を使用した染毛剤の市場可能性」について質問紙調査を行ったところ、天然素材の持つ利点と消費者の染毛剤に求めるニーズ(効果が長持ち等)に乖離はあるものの、その利点を生かしつつ、髪の毛のダメージを気にするターゲット層に絞れば、ある程度の需要は見込まれることが見出された。さらに、「感覚モダリティの相互作用」に関する実験を行った結果、香りの感覚的な印象によって化粧水の使用感や嗜好が異なることや、色と香りの印象が不一致の場合、色の影響が大きく、視覚刺激に対する処理が優先されること等が確かめられた。

また、「ハバネロ商品のパッケージデザインの探索的検討」においては、まず既存商品(ハバネロパスタソース)の誘目性の程度を確認するため、アイトラッカー(視線計測装置)を用いて、目に留まりやすいかどうか(初回到達時間)と注目されやすいかどうか(滞留時間)を測定した。その結果、競合商品 3 ブランドを含む 4 商品の中では、到達時間が遅く、滞留時間も最も短いことが確かめられた。これは、既存商品のパッケージは陳列棚において誘目性が低いことを意味している。そこで本課題では、パッケージの誘目性を高める施策の一方向として「擬人化」に注目し、擬人化商品の有効性に関する基礎的実験を行った。なお、「擬人化商品」とは、人(生物)でないものを人(生物)に擬した表現が用いられた商品のことである。また、擬人化に注目した理由は、人間は擬人化された物に対して感情移入(共感)するため、自ずとそうした商品に魅かれることがこれまでの研究で明示されていることによる。しかし、消費者が擬人化商品に実際に感情移入するか否かについては、半ば自明の理として扱われている。そこで本課題では、基礎的実験として擬人化商品への感情移入の有無(程度)について検討した結果、擬人化商品が破損された画像(例えば、パンダ饅頭が二つに割かれた画像)を見た際、最も感情移入および心理的抵抗感が高まり、しかもその傾向は破損状態が酷くなるほど顕著になることが示唆された。これらの知見は、本プロジェクトの目的の一つである「消費者心理を考慮した商品デザインの検討」に対し重要な示唆を与えるものであり、目的の基礎は概ね達成されたといえる。

<課題となった点と対処および終了後の展望>

染毛剤に関しては、消費者のニーズを考慮すると製品開発段階からの修正が望ましい。また、感覚モダリティに関しては、視覚は嗅覚や触覚に比べて商品の印象形成に大きく影響することが示唆されたが、これらの知見は実験素材を用いて得られた結果であるため、今後は、販売予定の製品を用いて最終的な検討を行う。具体的には、誘目性の高いパッケージを提案するとともに、POP 広告や香りサンプルを設置するといった店頭での販売促進効果を検証する。ハバネロ商品に関しては、パッケージの大幅変更が望ましく、その際、擬人化が一つの有益な方向となることが示唆された。しかし、本実験では、破損の有無にかかわらず擬人化商品は非擬人化商品に比べて、感情移入が有意に強くなることも認められた。これは、個人差要因に基づく生物性知覚の違いが反映された結果と考えられる。よって、今後はこの点を明らかにするためにも、モノへの感情移入を規定する個人差要因に着目し、さらなる検討を行う必要がある。

また、外部評価委員の助言に従い、苦情やクレームに関するこれまでの研究知見を商品化に反映させる予定である。例えば、消費者は外見から受ける「期待」に対し、実際の「成果(使用感)」が悪いほど、より大きな不満を抱くことがわかっているが、こうした知見もパッケージや POP 広告の試作に活かしたい。今後は、対象となる具体的な製品を絞り込み、これらの研究成果を試作品に順次反映させていく。

終了後の展望については、最終的に現場実験を行う製品として現段階では上記の「ハバネロ・パスタソース」が有力候補として挙がっている。本製品は、既にその前身は商品化されているものの、市場での課題は多く残されている。本製品がある程度の市場を獲得するまで、本課題で実施したような基礎的実験を繰り返し行い、消費者の目線から販売のサポートをする予定である。他の製品(例えば上述の染毛剤等)においても同様に、商品化が可能になった時点で、消費者テストを実施する。

[プロジェクト全体]

上述のように各部門での成果をシンクロさせながら、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の形成を行ってきた。各研究課題については、今後も実用化に向けて展開し、特に、溶媒抽出理論の応用や不凍タンパク質・不凍多糖については、省庁を含めた複数の外部資金を得ており、平成 28 年 9 月に竣工した関西大学イノベーション創生センターを研究拠点として、ベンチャー企業を立ち上げさらなる事業展開を続ける。

<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、免疫賦活性、抗腫瘍活性、長寿遺伝子産物活性化活性、SIK3 抑制

法人番号	271014
プロジェクト番号	S1311043

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。

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、いくつかの共同研究が始まっている。

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、硫化水素吸着能を見出しており、バナナの皮を排出する食品会社との共同研究を開始している。

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た。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について文書化し、今後のプロジェクトの研究活動にフィードバックする。ただし、連携した企業とは個々に秘密保持契約を結んでいるため、どのような形で公開できるかが今後の検討課題である。

<研究成果の副次的効果>

過冷却促進物質を現存の臓器保存液に添加した場合、-7℃付近でも不凍に保つことができる。この機能を利用すれば移植時の臓器の長期保存が可能になる。この保存液は、iPS 細胞から分化させた組織などの保存にも応用できると期待されている。臓器やヒト細胞以外にも、乳酸菌など凍結障害が大きい微生物の保存に応用できる。さらに、圃場に過冷却促進物質を散布することによって、果実などの氷温輸送への応用も期待できる。また、コーヒーマンナンのカ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。

<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するとともに、メンバー全員での議論を通じて自己評価を行った。また、3年目と5年目に学内の研究推進委員会外部資金審査・評価部会による内部評価を受けた。

3年目の内部評価では、概ね良好な評価を得たが、学術的価値がわかりにくいという指摘があったため、学会発表と論文執筆を計画的に行うよう留意した。また、実用化に係る部分が報告書で読み取れないとの指摘があったため、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。また、論文の発表に先駆けて上市を優先した成果もあり、上市も成果とした。その結果、表1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。[参考資料 1-1]

5年目の内部評価では、理論的背景が不明確な部分があるとの指摘があったため、準備中の論文投稿を急いだ。また、健康機能性を謳う場合に食品衛生法や機能性表示食品制度との整合性に配慮をとる指摘があり、表現を改めた。また、論文と成果の対応がわかりにくいとの指摘も受けた。本報告書では特にこの点を考慮して、指摘に対する改善点とともに成果を記載した。[参考資料 1-2]

<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。また、3年目と5年目に外部評価を実施し、評価内容については、メンバー全員で共有し、それぞれの研究にフィードバックさせた。

平成27年7月に行った中間外部評価[参考資料 2-1]では、社会システム構築部門を設けたことが高く評価され、モンスター化する消費者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た。外部評価委員からの指摘事項である「製品化」に対しては、ハバネロ、エノキタケ、コーヒー粕について開発を進め、特に、エノキタケ、コーヒー粕については大きな売り上げが期待できる成果が上がっている。また、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、以降は作用機序の解析を充実させ、論文発表(コーヒー粕エキス由来過冷却促進物質)も行った【★3】。コーヒー粕エキスおよび食品用途用のコーヒーエキスは、機能性表示食品としての添加物ではなく、物性を安定化させる素材であるが、一般飲食物添加物としての認可のため検討も進めている。エノキタケ由来接着タンパク質については、そのタンパク質の構造を解析中であり、構造がわかり次第、論文発表する予定である。平成29年5月の最終外部評価[参考資料 2-2]では、「いまだ出口が見えない」との指摘があり、本成果報告書では成果が読み取りやすく、わかりやすい記述とした。また、医薬・健康補助食品を志向した開発については、助言通り、今後もエビデンスベースの研究を充実させる。採算性については、共同研究先との守秘義務の範囲内で検証結果を公表したい(コーヒーエキス;新日本薬業(株)、接着タンパク質;(有)一栄、KUNAI(株))。

また、本プロジェクトの成果については、平成29年9月1日に最終報告会として、「地域密着型バイオリファイナリーユニットシンポジウム2017」を関西大学100周年記念会館で開催し、53名の出席者を得てメンバー全員の成果を報告した[参考資料 5]。出席した外部評価委員からは、今後の進展に対する期待と、社会実装のための更なる努力を求めるコメントを頂いた。

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) バイオリファイナリー (3) 農産廃棄物 (4) 高付加価値成分
 (5) 不凍多糖 (6) 接着タンパク質 (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>(※特筆すべき業績には【★】付記している。)

論文名、著者名、掲載誌名、査読の有無、巻、最初と最後の頁、発表年(西暦)について記入してください(左記の各項目が網羅されていれば、項目の順序を入れ替えても可)。また、現在から発表年次順に遡り、通し番号を付してください。

【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6件である)

- (1) A. Kuroi, K. Sugimura, A. Kumagai, A. Kohara, Y. Nagaoka, H. Kawahara, M. Yamahara, N. Kawahara, H. Takemori, H. Fuchino, The Importance of 11 α -OH, 15-oxo, and 16-en Moieties of 11 α -Hydroxy-15-oxo-kaur-16-en-19-oic Acid in Its Inhibitory Activity on Melanogenesis, *Skin Pharmacology and Physiology*, 30(4), 205-215 (2017). [査読有]
- (2) 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, *Callicarpa longissima* extract, carnosol-rich, potently inhibits melanogenesis in B16F10 melanoma cells, *J. Nat. Med.*, 70(1), 28-35 (2016). [査読有]
- (3) Y. Itoh, Y. Nagaoka, Y. Katakura, H. Kawahara, H. Takemori, Simple chronic colitis model using hypopigmented mice with a Hermansky-Pudlak syndrome 5 gene mutation, *Pigment Cell Melanoma Res.*, 29(5), 578-582 (2016). [査読有]
- (4) 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). [査読有]
- (5) 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). [査読有]
- (6) 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). [査読有] 【★】

【課題5】ポリフェノール類の化学修飾による高機能化 (*5に対応する成果は以下の1件である)

- (1) Y. Yamai, A. Tanaka, T. Yajima, K. Ishida, I. Natsutani, S. Uesato, Y. Nagaoka, T. Sumiyoshi, Synthesis of substituted *t*-butyl 3-alkyl-oxindole-3-carboxylates from di-*t*-butyl(2-nitrophenyl)malonates, *Heterocycles*, in press. [DOI: 10.3987/COM-17-S(T)2] [査読有]

【課題6】ノビレチンを含有する柑橘類外果皮の高付加価値化 (*6に対応する成果は以下の3件である)

- (1) S. Uesato, Y. Matsuura, S. Matsue, T. Sumiyoshi, Y. Hirata, S. Takemoto, Y. Kawaratani, Y. Yamai, K. Ishida, T. Sasaki, M. Enari, Discovery of new low-molecular-weight p53-Mdmx disruptors and their anti-cancer activities, *Bioorganic & Medicinal Chemistry*, 24, 1919-1926 (2016). [査読有]
- (2) 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). [査読有]
- (3) 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*, 80, 452-457 (2014). [査読有] 【★】

法人番号	271014
プロジェクト番号	S1311043

【課題 7】 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 (*7 に対する成果は以下の2件である)

- (1) E. Tagawa, H. Kawahara, Anti-Ice Nucleation Activities of Adenine and Poly-A Nucleotides, *Biocontrol Science*, 22(4), 233-237 (2017). [査読有] 【★3】
- (2) H. Kawahara, E. Tagawa, C. Watanabe, J. Hamada, S. Hamada, Characterization of Anti-Ice Nucleation Activity of the Extract from Coffee Refuse, *Biocontrol Science*, 22(4), 205-211 (2017). [査読有] 【★1, 3】

【課題 8】 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 (*8 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, 153-159 (2016). [査読有] 【★】

【課題 9】 Hansen 溶解度パラメータを用いた有価成分抽出条件の設計 (*9 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). [査読有]

【課題 13】 バナナの皮の有効利用法の開発 (*13 に対応する成果は以下の1件である)

- (1) 林順一, バイオマスを原料とした分子篩炭素(MSC)の製造, *化学工学論文集*, 43(4), 219-223 (2017). [査読有] 【★2】

【課題 14】 抽出残渣からのエタノール生産 (*14 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). [査読無] 【★】

【課題 16】 製品イメージと消費者受容に関する心理学的研究 (*16 に対応する成果は以下の4件である)

- (1) 池内裕美, モノを溜め込む心理:誰が, 何を, なぜ溜め込むのか?, *廃棄物資源循環学会誌*, 28(3), 186-193 (2017). [査読無]
- (2) 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). [査読無]
- (3) 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). [査読有]
- (4) 池内裕美, 苦情行動者の心理:消費者がモンスターと化す瞬間, *繊維製品消費科学研究*, 54, 21-27 (2013). [査読無] 【★】

<図書>

図書名、著者名、出版社名、総ページ数、発行年(西暦)について記入してください(左記の項目が網羅されていれば、項目の順序を入れ替えても可)。また、現在から発表年次順に遡り、通し番号を付してください。

【課題 2】 廃棄農産物エキスの免疫調節作用の評価 (*2 に対応する成果は以下の1件である)

- (1) 山崎(屋敷)思乃, 谷口茉莉亜, 片倉啓雄, 乳酸菌と酵母との相互作用, および乳酸菌の炭水化物への接着現象の解析とプロバイオティクスへの応用, 「酵母菌・麹菌・乳酸菌の産業応用展開」, シーエムシー出版, 216-222, 総ページ数 264 (2018).

【課題 15】 バイオエタノール生産に適した非組換え酵母の育種 (*15 に対応する成果は以下の1件である)

- (1) 片倉啓雄, 大政健史, 長沼孝文, 小野比佐好 編著, 第8章育種技術, 第9章スクリーニング技術, 第10章生産コスト, 「実践有用微生物培養のイロハ」, エヌ・ティ・エス, 217-226, 235-249, 245-249, 総ページ数 337 (2014).

【課題 16】 製品イメージと消費者受容に関する心理学的研究 (*16 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, 総ページ数 448 (2015).
- (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, 総ページ数 1104 (2014).

法人番号	271014
プロジェクト番号	S1311043

<学会発表>

学会名、発表者名、発表標題名、開催地、発表年月(西暦)について記入してください(左記の項目が網羅されていれば、項目の順序を入れ替えても可)。また、現在から発表年次順に遡り、通し番号を付してください。

<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3件である)

- (1) 北山真太郎, 福崎大地, 光桑野有理, 堀部一平, 住吉孝明, 長岡康夫, 脂質に対するヘアブリーチ剤添加や紫外線照射で生じる過酸化最終産物としてのアルデヒド体の分析, 第67回日本薬学会近畿支部総会・大会, H-10-3, 兵庫 (2017.10).
- (2) 横尾達也, 北山真太郎, 住吉孝明, 長岡康夫, 酸化染毛剤による毛髪脂質の酸化とアルデヒド体の生成, 第65回日本薬学会近畿支部総会・大会, 大阪 (2015.10).
- (3) 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2】廃棄農産物エキスの免疫調節作用の評価 (*2 に対応する成果は以下の2件である)

- (1) 山崎思乃, 倉光香奈, 谷口茉莉亜, 片倉啓雄, 乳酸菌と食物繊維およびムチンとの相互作用の解析, 第69回日本生物工学会大会, 2P-I124, 東京 (2017.9).
- (2) 寅本拓, 山崎思乃, 國澤純, 片倉啓雄, 腸管 IgA 産生を増強する *Lactobacillus antri* の細胞壁成分の解析, 第68回日本生物工学会大会, 1P-1p101, 富山 (2016.9).

【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6件である)

- (1) 田中康晶, 河上佳奈, 平田弥久, 吉本幸広, 玉野真子, 住吉孝明, 長岡康夫, グルタミン酸毒性に対するコウヤマキ葉由来 *Sciadopitysin* の神経保護作用の評価, 日本薬学会第137年会, 宮城 (2017.3).
- (2) 田中康晶, 平田弥久, 河上佳奈, 吉本幸広, 玉野真子, 住吉孝明, 長岡康夫, 初代培養神経細胞におけるコウヤマキ葉由来ビフラボン類の神経保護作用の評価, 第66回日本薬学会近畿支部総会・大会, 大阪 (2016.10).
- (3) 米山千裳, 武富翔, 福本悠貴, 深田尚文, 住吉孝明, 長岡康夫, 多置換サリチル酸誘導体のメラニン産生抑制作用とその機構の解明, 第65回日本薬学会近畿支部総会・大会, 大阪 (2015.10).
- (4) 平田弥久, 吉本幸広, 竹森洋, 住吉孝明, 長岡康夫, グルタミン酸の興奮毒性に対するビフラボン類の神経保護作用, 第65回日本薬学会近畿支部総会・大会, 大阪 (2015.10).
- (5) 田中康晶, 平田弥久, 玉野真子, 吉本幸広, 竹森洋, 住吉孝明, 長岡康夫, コウヤマキ葉から単離されたビフラボン類の神経保護作用の評価, 第65回日本薬学会近畿支部総会・大会, 大阪 (2015.10).
- (6) 武富翔, 米山千裳, 竹森洋, 熊谷彩子, 河原秀久, 上里新一, 長岡康夫, トキワムシゴケ由来デブシド誘導体のメラニン産生抑制活性とその機構, 日本薬学会第134年会, 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).

【課題5】ポリフェノール類の化学修飾による高機能化 (*5 に対応する成果は以下の5件である)

- (1) 平中誠弥, 手賀悠真, 樋口慧, 出口芳春, 伊藤昭博, 吉田稔, 長岡康夫, 住吉孝明, 脳標的薬物送達システム: ヒストン脱アセチル化酵素阻害剤とピリミンからなるハイブリッド化合物の分子設計お

法人番号	271014
プロジェクト番号	S1311043

よび機能評価, 日本薬物動態学会第 32 回年会, 東京 (2017.11).

- (2) 平中誠弥, 手賀悠真, 樋口慧, 出口芳春, 伊藤昭博, 吉田稔, 長岡康夫, 住吉孝明, 中枢移行性ヒストン脱アセチル化酵素(HDAC)阻害剤の探索研究, 第 67 回日本薬学会近畿支部総会・大会, G-14-5, 兵庫 (2017.10).
- (3) 平中誠弥, 上里新一, 伊藤昭博, 吉田稔, 長岡康夫, 住吉孝明, HDAC6 選択的阻害活性を有するベンズアミド誘導体の探索研究, 日本薬学会第 137 年会, 25Q-pm09, 宮城 (2017.3).
- (4) 平中誠弥, 上里新一, 長岡康夫, 伊藤昭博, 吉田稔, 住吉孝明, ヒストン脱アセチル化酵素(HDAC)阻害剤亜鉛結合部位の構造活性相関による HDAC6 選択的阻害剤の創製, 第 21 回関西大学先端科学技術シンポジウム, 大阪 (2017.1).
- (5) 平中誠弥, 上里新一, 長岡康夫, 伊藤昭博, 吉田稔, 平田佳之, 住吉孝明, 脳移行性を有するヒストン脱アセチル化酵素(HDAC)阻害剤の探索研究, 第 66 回日本薬学会近畿支部総会・大会, G-16-3, 大阪 (2016.10).

【課題 6】ノビレチンを含有する柑橘類外果皮の高付加価値化 (*6 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, 神奈川 (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, 神奈川 (2016.3).
- (3) 松浦佳宏, 竹本涼穂, 松江沙希, 住吉孝明, 長岡康夫, 江成政人, 上里新一, p53 の機能を活性化する新規タンパク-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 7】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 (*7 に対応する成果は以下の 9 件である)

- (1) 河原秀久, 鍵山輝成, 富士剛宏, 天然物由来氷結晶制御物質による霜・氷制御技術の開発, 2017 年度日本冷凍空調学会年次大会, D321, 東京 (2017.9).
- (2) 河原秀久, 過冷却促進技術による生鮮食材の革新的保存の開発, 日本食品工学会第 18 回年次大会, 大阪 (2017.8).
- (3) 高島望花, 河原秀久, 北川学, 村田和巖, 小池祥悟, 味噌成分中のメイラード反応阻害物質の機能解析とその構造解析, 日本食品工学会第 18 回年次大会, 大阪 (2017.8).
- (4) 村上遼, 渡辺千尋, 河原秀久, 松本幸則, コーヒー粕エキスで処理した水耕栽培レタスの未凍結保存, 日本食品工学会第 18 回年次大会, 大阪 (2017.8).
- (5) 田川絵理, 渡辺千尋, 濱田沙也加, 河原秀久, 松本幸則 植物工場栽培作物に対する過冷却促進物質の効果, 日本食品工学会第 17 回, 2016 年度年次大会, 東京 (2016.8).
- (6) 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, 日本農芸化学学会年次大会, 岡山 (2015.3).
- (7) 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).

法人番号	271014
プロジェクト番号	S1311043

- (8) 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).
- (9) 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 8】 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 (*8 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 9】 Hansen 溶解度パラメータを用いた有価成分抽出条件の設計 (*9 に対応する成果は以下の11件である)

- (1) 田村卓也, 村上優, 山本秀樹, Hansen 溶解度パラメータを用いた食品廃棄物からの生理活性物質の抽出分離, イノベーション創生センター入居企業・研究交流会, 大阪 (2017.12).
- (2) 縣優介, 山本秀樹, イオン液体の Hansen 溶解度パラメータによる解析評価, 第8回イオン液体討論会, P001, 東京 (2017.11).
- (3) 縣優介, 山本秀樹, イオン液体の Hansen 溶解度パラメータの算出, 化学工学会第49回秋季大会, CB203, 愛知 (2017.9).
- (4) 平尾康城, 山本秀樹, Hansen 溶解度パラメータを用いたゼオライト表面の物性評価, 化学工学会第49回秋季大会, PA222, 愛知 (2017.9).
- (5) 縣優介, 山本秀樹, イオン液体の Hansen 溶解度パラメータを用いた評価, 化学工学会第82年会, PE306, 東京 (2017.3).
- (6) 今井俊介, 山本秀樹, HSP 値推算に用いる分子グループ寄与法の Zn 及び Al パラメータの決定, 化学工学会第82年会, PE312, 東京 (2017.3).
- (7) 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).
- (8) 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).
- (9) 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, XC219, 東京 (2015.3).
- (10) 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, YE332, 東京 (2015.3).
- (11) 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, ZD2P24, 福岡 (2014.9).

【課題 13】 バナナの皮の有効利用法の開発 (*13 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, バイオマス为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 14】 抽出残渣からのエタノール生産 (*14 に対応する成果は以下の1件である)

- (1) 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 15】 バイオエタノール生産に適した非組換え酵母の育種 (*15 に対応する成果は以下の1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

法人番号	271014
プロジェクト番号	S1311043

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).

【課題 16】製品イメージと消費者受容に関する心理学的研究 (*17 に対応する成果は以下の 17 件である)

- (1) 池内裕美, 人はモノに感情移入できるか—擬人化商品への感情移入に関する探索的検討—, 日本社会心理学会第 58 回大会, O204, 広島 (2017.10).
- (2) 池内裕美, 視線計測研究の現状と課題, 日本社会心理学会第 58 回大会(視線追跡(eye tracking)技法利用の可能性:消費者行動研究を通して考える・話題提供), 広島 (2017.10).
- (3) 池内裕美, 弁護士の感情労働の特性:感情的知性および主観的ストレスとの関係性に着目して, 日本グループ・ダイナミクス学会第 64 回大会, S4-2, 東京 (2017.10).
- (4) 田坂英恵, 池内裕美, CM 提示タイミングが CM の評価に及ぼす影響:番組の感情価とストーリー性の程度に着目して, 日本広告学会 2016 学会年度第 4 回関西西部会, 大阪 (2017.6).
- (5) 池内裕美, 感情労働としての苦情対応:民間企業と公的機関の感情管理の特性に着目して 日本グループ・ダイナミクス学会第 63 回大会, 福岡 (2016.10).
- (6) 池内裕美, 文系学生の産学連携活動は是か非か:活動を通して思うこと, 日本社会心理学会第 57 回大会(社会心理学における「産学連携活動の意義」を問い直す・話題提供), 兵庫 (2016.9).
- (7) 池内裕美, ネットショッピング依存傾向尺度の作成:尺度の開発と信頼性・妥当性の検討, 日本社会心理学会第 57 回大会, 兵庫 (2016.9).
- (8) 池内裕美, アニミズムがホーディング傾向に及ぼす影響:日米比較の観点から 日本社会心理学会第 56 回大会, 東京(2015.10).
- (9) 田坂英恵, 大菌博記, 池内裕美, CM 提示タイミングと番組の感情価が CM 評価に及ぼす影響, 日本社会心理学会第 56 回大会, 東京 (2015.10).
- (10) 池内裕美, 人はなぜモノを溜め込むのか(3) コレクターか、ホーダーか:喪失体験とホーディングとの関連性の検討, 日本グループ・ダイナミクス学会第 62 回大会, 奈良 (2015.10).
- (11) 田坂英恵, 大菌博記, 池内裕美, CM 提示タイミングと番組の感情価が CM 評価に及ぼす影響, 日本グループ・ダイナミクス学会第 62 回大会, 奈良 (2015.10).
- (12) 池内裕美,モノの死を悼む心:モノ供養にみるアニミズムの世界観, 日本心理学会第 73 回大会(感じてしまう不思議:文化とロボットから探るアニミズム・話題提供), 名古屋 (2015.9).
- (13) 池内裕美, コレクターか、ホーダーか:収集行為と溜め込み行為における心理的相違点, 日本グループ・ダイナミクス学会第 61 回大会, 東京 (2014.9).
- (14) 池内裕美, 溜め込み行為は何をもたらすのか:ホーディングによる心理・社会的諸問題, 日本社会心理学会第 55 回大会, 北海道 (2014.7).
- (15) 浜本圭介, 谷口淳一, 池内裕美, 価値志向性の違いによる明示広告と暗示広告に対する評価の差異, 日本社会心理学会第 55 回大会, 北海道 (2014.7).
- (16) 池内裕美, 人はなぜモノを溜め込むのか 2:ホーディング傾向尺度の再検討, 日本社会心理学会第 54 回大会, 沖縄 (2013.11).
- (17) 池内裕美, ゴミか、タカラか:モノに支配される人々の病理, 日本社会心理学会第 54 回大会(消費の病理を問い直す:望まざる消費行動の心理的メカニズムを探る・話題提供), 沖縄 (2013.11).

<国際学会>

【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 2 件である)

- (1) D. Fukuzaki, Y. Kokuwano, S. Kitayama, T. Sumiyoshi, Y. Nagaoka, Identification of aldehydes as lipid peroxidation end-product in hair and scalp formed under the hair bleaching or UV irradiation conditions, The 12th International Symposium in Science and Technology 2017, Penang, Malaysia (2017.8).
- (2) S. Kitayama, T. Yoko, Y. Kokuwano, K. Kamishita, Y. Nagaoka, Analysis of Products Derived from Oxidation of Hair Lipids with Bleaching Agents and UV Irradiation, The 11th International Symposium in Science and Technology 2016, Osaka, Japan (2016.7).

【課題 2】廃棄農産物エキスの免疫調節作用の評価 (*2 に対応する成果は以下の 2 件である)

- (1) S. Yamasaki-Yashiki, T. Toramoto, J. Kunisawa, Y. Katakura, Characterization and modulation of cell wall components of Lactobacillus antri for the enhanced production of intestinal IgA antibody, 5th

法人番号	271014
プロジェクト番号	S1311043

AFSLAB International Symposium, Taiwan (2016.11).

- (2) 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13件である)

- (1) T. Inada, M. Katsuragi, G. Kimura, T. Sumiyoshi, Y. Nagaoka, Design and synthesis of PEGylated peptide micellar formulation for cancer gene therapy, The 12th International Symposium in Science and Technology 2017, Penang, Malaysia (2017.8).
- (2) R. Sueyoshi, R. Nishimura, T. Sumiyoshi, Y. Nagaoka, Effect of histone deacetylase inhibitors on transfection of IFN- β anti-cancer therapeutic gene into human breast cancer cells—toward combination gene therapy, The 12th International Symposium in Science and Technology 2017, Penang, Malaysia (2017.8).
- (3) H. Katsumoto, H. Iibata, H. Nishisako, T. Sumiyoshi, Y. Nagaoka, Substitution of oxygen to nitrogen in flavone structure, The 12th International Symposium in Science and Technology 2017, Penang, Malaysia (2017.8).
- (4) K. Kawakami, Y. Tanaka, T. Sumiyoshi, Y. Nagaoka, Neuroprotective mechanism of biflavones isolated from leaves of Japanese umbrella-pine tree, *Sciadopitys verticillata*, The 12th International Symposium in Science and Technology 2017, Penang, Malaysia (2017.8).
- (5) S. Hiranaka, Y. Nagaoka, S. Uesato, A. Ito, M. Yoshida, T. Sumiyoshi, Synthesis and biological evaluation of CNS-penetrant histone deacetylase inhibitor, The 11th International Symposium in Science and Technology at Kansai University 2016, Osaka, Japan (2016.7).
- (6) R. Iiji, Y. Nagaoka, T. Sumiyoshi, Intramolecular macrocyclic cyclization by photo-affinity reaction. The 11th International Symposium in Science and Technology at Kansai University 2016, Osaka, Japan (2016.7).
- (7) M. Shimizu, Y. Yamai, K. Ishida, Y. Nagaoka, T. Sumiyoshi, Asymmetric synthesis of 3,3-disubstituted oxindoles using chiral acids. The 11th International Symposium in Science and Technology at Kansai University 2016, Osaka, Japan (2016.7).
- (8) K. Takeuchi, K. Ishida, Y. Yamai, Y. Nagaoka, T. Sumiyoshi, Efficient synthesis of (\pm)-coerulescine. The 11th International Symposium in Science and Technology at Kansai University 2016, Osaka, Japan (2016.7).
- (9) I. Natsutani, R. Iwata, Y. Yamai, K. Ishida, Y. Nagaoka, T. Sumiyoshi, Concise synthesis of spiro-fused oxindole derivatives, The 11th International Symposium in Science and Technology at Kansai University 2016, Osaka, Japan (2016.7).
- (10) R. Inoue, S. Takemoto, Y. Nakatsuji, Y. Nagaoka, S. Uesato, S. Oishi, M. Enari, T. Sumiyoshi, Synthesis and biological evaluation of benzamide derivatives as anti-cancer prodrugs. The 11th International Symposium in Science and Technology at Kansai University 2016, Osaka, Japan (2016.7).
- (11) 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).
- (12) 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).
- (13) 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

法人番号	271014
プロジェクト番号	S1311043

- 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 reaction of benzophenone with alcohol, The 10th International Symposium in Science and Technology 2015, Bangkok, 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, Bangkok, 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, Bangkok, 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, 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, Taiwan (2014.8).

【課題5】ポリフェノール類の化学修飾による高機能化 (*5 に対応する成果は以下の9件である)

- (1) T. Nanbara, A. Nakamura, Y. Nagaoka, T. Sumiyoshi, Discovery of M₁ muscarinic acetylcholine receptor selective agonists, The 12th International Symposium in Science and Technology 2017, Penang, Malaysia (2017.8).
- (2) N. Kazama, T. Ito, Y. Nagaoka, T. Sumiyoshi, Development of novel protein-protein interaction assay using quartz crystal microbalance method, The 12th International Symposium in Science and Technology 2017, Penang, Malaysia (2017.8).
- (3) S. Hiranaka, Y. Nagaoka, S. Uesato, A. Ito, M. Yoshida, T. Sumiyoshi, Synthesis and biological evaluation of CNS-penetrant histone deacetylase inhibitor. The 11th International Symposium in Science and Technology at Kansai University 2016, Osaka, Japan (2016.7).
- (4) R. Iiji, Y. Nagaoka, T. Sumiyoshi, Intramolecular macrocyclic cyclization by photo-affinity reaction. The 11th International Symposium in Science and Technology at Kansai University 2016, Osaka, Japan (2016.7).
- (5) M. Shimizu, Y. Yamai, K. Ishida, Y. Nagaoka, T. Sumiyoshi, Asymmetric synthesis of 3,3-disubstituted oxindoles using chiral acids. The 11th International Symposium in Science and Technology at Kansai University 2016, Osaka, Japan (2016.7).
- (6) K. Takeuchi, K. Ishida, Y. Yamai, Y. Nagaoka, T. Sumiyoshi, Efficient synthesis of (\pm)-coerule-scine. The 11th International Symposium in Science and Technology at Kansai University 2016, Osaka, Japan (2016.7).
- (7) I. Natsutani, R. Iwata, Y. Yamai, K. Ishida, Y. Nagaoka, T. Sumiyoshi, Concise synthesis of spiro-fused oxindole derivatives. The 11th International Symposium in Science and Technology at Kansai University 2016, Osaka, Japan (2016.7).
- (8) R. Inoue, S. Takemoto, Y. Nakatsuji, Y. Nagaoka, S. Uesato, S. Oishi, M. Enari, T. Sumiyoshi, Synthesis and biological evaluation of benzamide derivatives as anti-cancer prodrugs. The 11th International Symposium in Science and Technology at Kansai University 2016, Osaka, Japan (2016.7).
- (9) K. Kawaguchi, S. Uesato, Y. Nagaoka, S. Yamasaki, T. Sumiyoshi, Synthesis and biological evaluation of catechin derivatives. The 11th International Symposium in Science and Technology at Kansai University 2016, Osaka, Japan (2016.7).

【課題6】ノビレチンを含有する柑橘類外果皮の高付加価値化 (*6 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

法人番号	271014
プロジェクト番号	S1311043

Anticancer Activity, 3rd Cancer Epigenetics Conference, USA (2013.11).

【課題 8】 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 (*8 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 9】 Hansen 溶解度パラメータを用いた有価成分抽出条件の設計 (*9 に対応する成果は以下の 8 件である)

- (1) S. Imai, H. Yamamoto, Determination of Zn and Al parameters of molecular group contribution method for estimation of HSP value, 67th Canadian Chemical Engineering Conference, 0277, Edmonton, Canada (2017.11).
- (2) K. Hirao, H. Yamamoto, Evaluation of physical property for zeolite surface using Hansen solubility parameter, 67th Canadian Chemical Engineering Conference, 0269, Edmonton, Canada (2017.11).
- (3) N. Fujiwara, H. Yamamoto, Evaluation of Adsorption Efficiency of Hydrophobic Silica Adsorbents using Hansen solubility parameters, 67th Canadian Chemical Engineering Conference, 0263, Toronto, Canada (2017.11).
- (4) N. Fujiwara, T. Sato, H. Yamamoto, Calculation HSP of gases by solubility in pure organic solvents, The historic 50th Anniversary HSP Conference, York, United Kingdom (2017.4).
- (5) T. Sato, H. Yamamoto, Separation of valuable components in foods and their separability evaluation using Hansen Solubility Parameters, 66th Canadian Chemical Engineering Conference, Québec city, Canada (2016.10).
- (6) Y. Murakami, H. Yamamoto, Extraction separation of valuable components in natural products and their reparability evaluation using Hansen Solubility Parameters, International Research Symposium on Engineering and Technology, Singapore (2016.9).
- (7) 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).
- (8) 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).

【課題 16】 製品イメージと消費者受容に関する心理学的研究 (*16 に対応する成果は以下の 4 件である)

- (1) H. Ikeuchi, A Comparative Study of the Effect of Animistic Thinking on Hoarding Tendency Between Japan and the United State, The 31st International Congress of Psychology, Kanagawa, Japan (2016.7).
- (2) H. Tasaka, H. Ikeuchi, How the Timing of Showing CM and the Valence of the TV Program Effects Has an Effect on the CMs Value, The 31st International Congress of Psychology, Kanagawa, Japan (2016.7).
- (3) H. Ikeuchi, Psychology of Hoarding: From the Viewpoint of Animistic Thinking, The 11th Conference of Asian Association of Social psychology, Cebu, Philippine (2015.8).
- (4) K. Hamamoto, H. Ikeuchi, The Study of Selective Attention on Product Choice and Discussion about Future Study of Shelf position, The 11th Conference of Asian Association of Social psychology, Cebu, Philippine (2015.8).

<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。

A. シンポジウム・セミナー等 [URL: <http://www.kansai-u.ac.jp/ordist/symposium/index.html>]

- (1) 地域密着型バイオリファイナーユニット シンポジウム 2017, 関西大学 100 周年記念会館 (2017.9.1). [参考資料 5]
- (2) 第 22 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 (2018.1.19).
- (3) 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 (2017.1.20).

法人番号	271014
プロジェクト番号	S1311043

- (4) 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).
- (5) 第 20 回関西大学先端科学技術シンポジウム「産学官連携事業による成果発表」, 関西大学 100 周年記念会館 (2016.1.21).
- (6) 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).
- (7) 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).
- (8) 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).
- (9) 「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, 関西大学うめきたラボトリ (2013.10.25).

B. 展示会等への出展

・食品開発展

- (1) 食品開発展, 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 (2017.10.4-6).
- (2) 食品開発展, 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 (2016.10.5-7).
- (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) 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).
- (5) 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).

・FOOMA JAPAN

- (1) 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).
- (2) 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).

・化粧品開発展

- (1) 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).
- (2) 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).
- (3) 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).

・その他

- (1) 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).

14 その他の研究成果等

「13 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、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下線及び*を付してください。

※ 論文や学会発表等になじまない研究である場合は、本欄を充実させること

《 特許 》

【課題 7】 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 (*7 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」, 2013 年 8 月 19 日出願.
- (2) 河原秀久, 片倉啓雄, 特願 2013-010967, 特許第 6055683 号, 「界面活性剤及び界面活性剤の製造方法」, 2013 年 1 月 24 日出願.

法人番号	271014
プロジェクト番号	S1311043

【課題 8】 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 (*8 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, 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.
- (2) 片倉啓雄, 大西正曹, 「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.

【課題 7】 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 (*7 に対応する成果は以下の4件である)

- (1) 河原秀久, 「『凍らない』技術を研究 関西大の河原教授 風味長く保つ」, 冷食タイムス, 2016年10月25日付.
- (2) 河原秀久, 「氷結晶の制御技術活用 関西大、VB2社設立」, 日刊工業新聞, 2016年10月20日付.
- (3) 河原秀久, 「過冷却促進物質を実用化」, 食品化学新聞, 2016年10月20日付.
- (4) 河原秀久, 「関大開発の『氷結晶制御技術』ベンチャーが活動開始」, 大阪日日新聞, 2016年10月13日付.

【課題 8】 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 (*8 に対応する成果は以下の7件である)

- (1) 「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.
- (2) 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.
- (3) 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.
- (4) 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.
- (5) 河原秀久, 「エノキタケで冷凍美味 カネカ・関大 分量産化」, 読売新聞, 2014年10月3日付.
- (6) 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.
- (7) 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.

【課題 10】 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 (*10 に対応する成果は以下の2件である)

- (1) 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.
- (2) 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.

【課題 11】 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 (*11 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 14】 抽出残渣からのエタノール生産 (*14 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.

【課題 16】 製品イメージと消費者受容に関する心理学的研究 (*16 に対応する成果は以下の4件である)

- (1) 池内裕美, 「悪質クレーマーへの対処法」, インタビュー&コメント, 読売新聞 ONLINE「深読みチャンネル」, 2017年12月22日配信.
- (2) 池内裕美, 「車掌飛び降り 広がる同情論: モンスター生むクレーム社会」, 朝日新聞, 2016年11月11日付朝刊35面.
- (3) 池内裕美, 「土鍋もAIBOも供養します 愛着の対象多様に」, 朝日新聞(名古屋版), 2016年11月7

法人番号	271014
プロジェクト番号	S1311043

日付夕刊 8 面.

- (4) 池内裕美, 『物欲』と上手に付き合う, 中日新聞・東京新聞, 2015 年 9 月 5 日付夕刊 4 面.

《 雑誌記事 》

【課題 13】 バナナの皮の有効利用法の開発 (*13 に対応する成果は以下の 1 件である)

- (1) 林順一, バナナの皮の炭化物が持つ優れた調湿機能 灰成分が水蒸気を吸着、硫化水素の除去も、コンバーテック, 538(46), 34-36 (2018.1).

【課題 16】 製品イメージと消費者受容に関する心理学的研究 (*16 に対応する成果は以下の 5 件である)

- (1) 池内裕美, 社会問題化する「悪質クレマー」心理の特徴と社会的な背景とは?, 情報労連レポート, 8-9 (2017.7).
 (2) 池内裕美, クレマーの心理, 関西消費者協会「消費者情報」, 4-5 (2014.12).
 (3) 池内裕美, 「ド底辺クレマー」がサービス産業を滅ぼす, 週間 SPA!, 扶桑社, 33 (2014.6). (コメント)
 (4) 池内裕美, 「明日ママ」スポンサー 8 社全面撤退と「見えない敵」の破壊力, サンデー毎日, 毎日新聞社, 26-27 (2014.2).
 (5) 池内裕美, 苦情行動の心理学: 消費者がモンスターと化す瞬間, 消費者法ニュース, 94, 30-31 (2013.1).

《 TV 報道 》

【課題 7】 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 (*7 に対応する成果は以下の 2 件である)

- (1) テレビ東京 ガイアの夜明け, 「食の常識を変える! 凍らせてナゼうまい」, 2016 年 10 月 18 日放映.
 (2) NHK サキどり↑, 「野菜を世界に連れてって! “鮮度保持技術”」, 2016 年 2 月 14 日放映.

【課題 8】 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 (*8 に対応する成果は以下の 5 件である)

- (1) BS-Fジ「革命のイズム」, 「凍らせない技術ってなんだ?」, 2015 年 10 月 30 日放映.
 (2) 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 日放映.
 (3) TBS 夢の扉+, 「自然の力で冷凍の常識を変える」, 2015 年 6 月 21 日放映.
 (4) TBS 系列「ひるおび」, 「飲み込みやすいパン」, 2015 年 5 月 13 日放映.
 (5) テレビ東京「NEWS アンサー」, 「おいしいパンの秘密」, 2015 年 5 月 12 日放映.

【課題 16】 製品イメージと消費者受容に関する心理学的研究 (*16 に対応する成果は以下の 8 件である)

- (1) 池内裕美, 「もう限界! 悪質クレーム お客様は神様? それとも...」, NHK「週刊ニュース深読み」スタジオ出演, 2017 年 12 月 2 日放映.
 (2) 池内裕美, 「《パネル》悪質クレーム」, テレビ朝日「グッドモーニング」, インタビュー&コメント, 2017 年 11 月 22 日放映.
 (3) 池内裕美, 「流通クレーム流通業で働く人の 7 割が経験 初の実態調査」, NHK ニュース(「ニュースウォッチ 9」ほか)出演, 2017 年 11 月 9 日放映.
 (4) 池内裕美, 「スーパーに“つついっ行っちゃう”カラクリ」, 読売テレビ「かんさい情報ネット ten.」出演, 2017 年 9 月 1 日放映.
 (5) 池内裕美, 「不寛容社会の果てに」, 毎日放送「VOICE」, スタジオ出演, 2016 年 12 月 27 日放映.
 (6) 池内裕美, 「消費者行動 ついつい買いたくなる心理効果とは」 読売テレビ「かんさい情報ネット ten.」, VTR 出演, 2016 年 6 月 17 日放映.
 (7) 池内裕美, 「日本はクレーム社会その背景」, 関西テレビ「ゆうがた LIVE ワンダー」VTR 出演, 2016 年 1 月 8 日放映.
 (8) 池内裕美, 「クレーム特集」, 読売テレビ「かんさい情報ネット ten.」, VTR 出演, 2015 年 1 月放映.

《 講演 》

【課題 16】 製品イメージと消費者受容に関する心理学的研究 (*16 に対応する成果は以下の 39 件である)

- (1) 池内裕美, 苦情行動者の心理と対応時の注意点: 理不尽な利用者に立ち向かうには, 介護老人保健施設友々苑研修会, 京都 (2017.12).
 (2) 池内裕美, 苦情の心理学: 苦情コミュニケーションの現状と課題, 平成 29 年度地方消費者行政担い手育成事業: 第 2 回全道研修(高度専門), 北海道 (2017.11).

法人番号	271014
プロジェクト番号	S1311043

- (3) 池内裕美, 苦情コミュニケーションの現状と課題～複雑・多様化する苦情と疲弊する対応者, 平成 29 年度第 2 回福祉サービスに関する苦情解決セミナー, 兵庫 (2017.11).
- (4) 池内裕美, 苦情行動者の心理とコミュニケーション時の注意点, 鹿児島県消費者行政推進室: 第一回消費生活相談員等研修会, 鹿児島 (2017.8).
- (5) 池内裕美, 「苦情コミュニケーション」の理論と実践, テックデザイン講習会「苦情行動の心理メカニズムとネット炎上対策」, 東京 (2017.7).
- (6) 池内裕美, 苦情対応の現状と課題:利用者により良き関係性を構築するために, 平成 29 年度乙訓若竹苑職員研修会, 京都 (2017.7).
- (7) 池内裕美, 苦情コミュニケーションの現状と課題～理不尽な相談者(利用者)に立ち向かうには, 平成 29 年度須磨区自立支援協議会講演会, 兵庫 (2017.5).
- (8) 池内裕美, 苦情コミュニケーションの現状と課題 第一部:理不尽な消費者に対応するには 第二部:対応者の苦悩と望ましい組織体制, モリト株式会社研修会, 大阪 (2017.3).
- (9) 池内裕美, 対応困難な相談者の心理とは:相手を理解する(第 3 回), 独立行政法人国民生活センター, 徳島 (2017.1).
- (10) 池内裕美, 困った当事者に対応するために:苦情行動の心理学, 大阪弁護士会第 3 回公正フォーラム, 大阪 (2017.1).
- (11) 池内裕美, モノの死を悼む心:アニミズム的思考と多様化するモノ供養, 追手門学院大学心理学部 2016 年度心理学科講演会, 大阪 (2016.12).
- (12) 池内裕美, 対応困難な相談者の心理とは:相手を理解する(第 2 回), 独立行政法人国民生活センター, 神奈川 (2016.12).
- (13) 池内裕美, 対応困難な相談者の心理とは:相手を理解する(第 1 回), 独立行政法人国民生活センター, 神奈川 (2016.11).
- (14) 池内裕美, 理不尽な苦情に対する対応の現状と課題:利用者により良き関係性を構築するために, 京都府福祉サービス運営適正化委員会, 京都 (2016.11).
- (15) 池内裕美, 苦情解決の現状と課題:複雑・多様化する苦情と疲弊する対応者, 社会福祉法人豊中市社会福祉協議会, 大阪 (2016.11).
- (16) 池内裕美, 苦情解決の現状と課題:複雑・多様化する苦情と疲弊する対応者, 兵庫県社会福祉協議会・兵庫県福祉サービス運営適正化委員会, 兵庫 (2016.11).
- (17) 池内裕美, モノの死を悼む心:日本人のアニミズム的思考とモノ供養, 日本パーソナリティ心理学会第 25 回大会シンポジウム「文化とパーソナリティー心理学の枠を越えてー」(話題提供), 大阪 (2016.9).
- (18) 池内裕美, 法人営業における苦情・クレームの対処について, 株式会社ジーエークロッシング研修会, 兵庫 (2016.2).
- (19) 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 (2016.2).
- (20) 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).
- (21) 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, パナソニック株式会社第 3 回消費者関連情報連絡会, 大阪 (2015.12).
- (22) 池内裕美, 衝動買いはなぜ起きるのか:ココロを動かす店舗のしかけ, 追手門学院大学「心理学総合科目 2」講演会, 大阪 (2015.12).
- (23) 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).
- (24) 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).
- (25) 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).
- (26) 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).
- (27) 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, 東京 (2015.7).
- (28) 池内裕美, 人はなぜモノを溜め込むのか:ホーディングの実態と心理的背景, 神戸学院大学人文学部学術講演会, 兵庫 (2015.1).

法人番号	271014
プロジェクト番号	S1311043

- (29) 池内裕美, 衝動買いはなぜ起きるのか:ココロを動かす店舗のしかけ, 追手門学院大学「心理学総合科目2」講演会, 大阪 (2014.12).
- (30) 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, 経営技術コンサルタント協会, 大阪 (2014.11).
- (31) 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, ACAP 事例研究会, 大阪 (2014.10).
- (32) 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, 福祉連携協議会 2 周年記念会, 兵庫 (2014.10).
- (33) 池内裕美, 人はなぜモノを溜め込むのか:ホーディングの実態と心理的背景, 奈良大学学術講演会, 奈良 (2014.7).
- (34) 池内裕美, ゴミか、タカラか:ホーディング(溜め込み)の実態と心理的背景, 関西社会心理学研究会, 大阪 (2014.5).
- (35) 池内裕美, 人はなぜモノを溜め込むのか:ホーディングの実態と心理的背景, S 研(社会心理学研究会), 東京 (2014.3).
- (36) 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, はりま産学交流会, 兵庫 (2013.11).
- (37) 池内裕美, 苦情コミュニケーションの現状と課題:望ましい企業体制と消費者像, 第 29 回産業・組織心理学会大会公開シンポジウム(消費者と企業のより良い関係性の構築を目指して:社会心理学からの提言), 京都 (2013.9).
- (38) 池内裕美, 成功事例に学ぶ! マーケティングの基礎講座, 株式会社近鉄ホテルシステムズ研修会, 京都 (2013.8).
- (39) 池内裕美, 相談業務の現状と課題:訴える相談者と疲弊する対応者, 株式会社近鉄ホテルシステムズ研修会, 兵庫 (2013.5).

《 ワークショップ 》

【課題 16】製品イメージと消費者受容に関する心理学的研究 (*16 に対応する成果は以下の 5 件である)

- (1) 秋山学, 池内裕美, 視線追跡(eye tracking)技法利用の可能性:消費者行動研究を通して考える(企画), 日本社会心理学会第 58 回大会, WS8, 広島 (2017.10).
- (2) 池内裕美, 秋山学, 前田洋光, 社会心理学における「産学連携活動の意義」を問い直す(企画・話題提供), 日本社会心理学会第 57 回大会, 兵庫 (2016.9).
- (3) 秋山学, 池内裕美, 前田洋光, 消費者行動における「時間」を問い直す(企画), 日本社会心理学会第 56 回大会, 東京 (2015.11).
- (4) 秋山学, 池内裕美, 前田洋光, 消費者の「触覚」を改めて問い直す(企画), 日本社会心理学会第 55 回大会, 北海道 (2014.9).
- (5) 秋山学, 池内裕美, 前田洋光, 消費の病理を問い直す:望まざる消費行動の心理的メカニズムを探る, 日本社会心理学会第 54 回大会, 沖縄 (2013.11).

《 報告書・解説等 》

【プロジェクト全体について】[参考資料 3]

- (1) 片倉啓雄, 河原秀久, 山本秀樹, 長岡康夫, 林順一, 池内裕美, 住吉孝明, 山崎思乃, 橘田浩二, 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, 技苑, 144, 55-76 (2017).
- (2) 片倉啓雄, 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, 山崎思乃, 橘田浩二, 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, 技苑, 142, 67-86 (2016).
- (3) 片倉啓雄, 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, 山崎思乃, 竹森洋, 橘田浩二, 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, 技苑, 140, 95-118 (2015).
- (4) 片倉啓雄, 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, 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, 技苑, 138, 79-88 (2014).

【課題 10】ハバネロ・ジロキア(唐辛子類)からのカプサイシンの分離と応用 (*10 に対応する成果は以下の 1 件である)

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食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).

【課題 11】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 (*11 に対応する成果は以下の1件である)

- (1) 山本秀樹, 地元の特産を利用した商品開発～和歌山県田辺市産みかんの搾りかすの有効利用～, 関西大学地域連携事例集, 3, 188-189 (2017).

【課題 12】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 (*12 に対応する成果は以下の1件である)

- (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食品の開発, 関西大学地域連携事例集, 3, 186-187 (2017).

【課題 16】製品イメージと消費者受容に関する心理学的研究 (*16 に対応する成果は以下の5件である)

- (1) 池内裕美, 苦情の心理学③—エスカレーションの未然防止と対応者のストレス軽減方法—国民生活センター地方支援便り, 22, 1-5 (2017).
- (2) 池内裕美, ネットショッピング依存傾向尺度の作成および心理的規定因の検討, 特定非営利活動法人依存学推進協議会研究助成プログラム研究成果報告書 2016(特定非営利活動法人依存学推進協議会), 47-63 (2016.6).
- (3) 池内裕美, 苦情の心理学① 苦情行動者の心理的变化, 国民生活センター地方支援便り, 20, 1-5 (2016).
- (4) 池内裕美, 苦情の心理学② コミュニケーションとしての苦情対応, 国民生活センター地方支援便り, 21, 1-5 (2016).
- (5) 池内裕美, 苦情行動の心理学:消費者がモンスターと化す瞬間, 消費者法ニュース, 94, 30-31 (2013).

《 製品化 》

【課題 8】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 (*8 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) おいもぬくもりパン, 2015年5月11日発売開始, らぼっぼベーカリー.

【課題 10】ハバネロ・ジロキア(唐辛子類)からのカプサイシンの分離と応用 (*10 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」.[参考資料4]

《 産学連携活動 》

【課題 16】製品イメージと消費者受容に関する心理学的研究 (*16 に対応する成果は以下の9件である)

- (1) 株式会社 DHC, 「濃密うるみ肌シリーズの店頭販売チャンネルにおける売り上げを最大化するための販売施策の考案」(2017.10-2017.12).
- (2) トップ産業株式会社, 「毎日の暮らしをちょっと楽しくしてくれる商品開発③」(2017.4-2017.8).
- (3) 株式会社 DHC, 「プロテインダイエットに新たな顧客を呼び込むマーケティング戦略の立案」(2016.9-2016.12).
- (4) トップ産業株式会社, 「毎日の暮らしをちょっと楽しくしてくれる商品開発②」(2016.4-2016.8).
- (5) 株式会社ロフト, 「防災グッズの販促企画/試食会イベントの実施ほか」(2016.4-2016.9).
- (6) 株式会社 DHC, 「アパレル部門の知名度を高める販促・商品企画」(2015.9-2016.3).
- (7) トップ産業株式会社, 「毎日の暮らしをちょっと楽しくしてくれる商品開発①」(2015.4-2015.8).
- (8) 株式会社 DHC, 「消費者を店頭に導く web コンテンツの制作」(2014.7-2015.3).
- (9) 株式会社 DHC, 「女子大生向けサンプル品セットの企画」(2013.9-2014.3).

法人番号	271014
プロジェクト番号	S1311043

15 「選定時」及び「中間評価時」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	42,986	7,331	4,744		12,771	2,800	15,340 国、企業等
平成 26 年度	施設	0						
	装置	0						
	設備	0						
	研究費	48,899	15,316	8,921		13,652	6,800	4,210 国、企業等
平成 27 年度	施設	0						
	装置	0						
	設備	0						
	研究費	38,558	14,116	10,023		5,131	3,178	6,110 国、企業等
平成 28 年度	施設	0						
	装置	0						
	設備	0						
	研究費	47,564	15,048	8,940		15,886	800	6,890 国、企業等
平成 29 年度	施設	0						
	装置	0						
	設備	0						
	研究費	53,720	15,621	8,367		22,902	1,500	5,330 国、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	231,727	67,432	40,995	0	70,342	15,078	37,880
総 計	296,722	99,930	73,492	0	70,342	15,078	37,880	

※ 平成29年度は予定額

法人番号	271014
プロジェクト番号	S1311043

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8年度	2,640.0 m ²	25	604名	827,591	393,100	私学助成
第4学舎4実験棟	平成2年度	5,036.77 m ²	66	2,288名	1,421,400	-	法人負担
第4学舎2号館 (研究棟)	昭和44年度	12,181.04 m ²	186	2,278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

《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
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)							
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
天然物抽出分離システム	20	-	1	週 5 h	35,490	23,660	私学助成
(情報処理関係設備)							
該当なし				h			

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		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 フ 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

(千円)

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500万円未満のもの)			
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 プ 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

(千円)

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	人材派遣委託費、 講演料、分析委託費	2,494
(会議・会合費)	6	会議に伴う昼食代	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500万円未満のもの)			
教育研究用機器備品	0		0
図 書	0		0
計	0		0
研 究 ス タ ッ プ 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

(千円)

年 度	平成 28 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	14,661	研究用物品	14,661
光 熱 水 費	669	電気代	669
通 信 運 搬 費	0		0
印 刷 製 本 費	81	研究成果報告書	81
旅 費 交 通 費	223	出張旅費	223
報 酬 ・ 委 託 料	521	講演料・分析委託費	521
(会議・会合費)	10	会議に伴う昼食代	10
(諸会費支出)	10	論文掲載料	10
計	16,175		16,175
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500万円未満のもの)			
教育研究用機器備品	3,240		3,240
図 書	0		0
計	3,240		3,240
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	2,653	共同研究者	2,653
研究支援推進経費	0		0
計	4,573		4,573

(千円)

年 度	平成 29 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	15,816	研究用物品	15,816
光 熱 水 費	690	電気代	690
通 信 運 搬 費	0		0
印 刷 製 本 費	75	研究成果報告書	75
旅 費 交 通 費	264	交通費	264
報 酬 ・ 委 託 料	669	講演料、 調査・分析委託費等	669
(会議会合費)	6	会議に伴う昼食代	6
計	17,520		17,520
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500万円未満のもの)			
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	4,548	共同研究者	4,548
研究支援推進経費	0		0
計	6,468		6,468

法人番号	271014
プロジェクト番号	S1311043

学 校 法 人 名	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		

**平成 25 年度選定
私立大学戦略的研究基盤形成支援事業
研究成果報告書**

参 考 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 商品化事例

資料 5 地域密着型バイオリファイナリーユニット
シンポジウム 2017

「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【 バナナに抗腫瘍作用、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【方針について 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1-2. 内部評価（最終）

2017年9月11日

「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」

研究代表者

先端科学技術推進機構

化学生命工学部・教授・片倉 啓雄 殿

研究推進委員会 外部資金審査・評価部会長

吉田 宗弘

「私立大学戦略的研究基盤形成支援事業」に係る最終評価（5年目）の結果について

このたびご提出いただきました研究成果報告書（学内評価用）につきまして、研究推進委員会の専門部会である外部資金・審査評価部会において評価した結果について、下記のとおりご報告申し上げます。

つきましては、評価結果を踏まえ、来年5月末日締切の文部科学省への報告書作成に向けたとりまとめをお願いするとともに、引き続き研究の適切な遂行に努めていただけますと幸いです。

記

<総合評価点> 3.00

※総合評価点の凡例

4：優れた成果がみられた 3：成果がみられた 2：やや不十分であった 1：成果があらなかった

<評価における主な意見>

- ・個別のテーマを持ち寄ってひとつのプロジェクトとして進められ、開発したものを商品として市場に出すという点では大きな成果が得られたと判断する。反面、テーマごとの関連性は小さく、寄せ集め感が否めない。また、いくつかのテーマに関しては理論的背景が不明確なまま実用化されており、学術的な意味では疑問の残るものも含まれている。すなわち資本主義的な意味では本プロジェクトは成功していると思われるが、大学で行われるプロジェクトに求められる学術の進歩という点においてやや乏しい面があると言わざるを得ない。評価者の科学技術に対する基本的立場によって、プロジェクトの成果に対する評価は変動するであろう。
- ・食品に応用する場合の安全性の評価を行う体制を強化すべきである。特に、食品の物性や保存性の改善ではなく、健康機能性をうたう場合には、機能について物質レベルで詳細に解明される必要がある。効能をうたいあげることは必要であるが、景品表示法、食品衛生法、機能性表示食品制度との整合性に配慮しているような表現が必要ではないか。
- ・グループごとに成果と課題が明確に記載されており、概ね地域密着型のバイオリファイナリーの基盤が形成されている。
- ・このプロジェクトを束ねるのは社会システム構築部門であろう。それが全体を見渡すあるいはこの部門での成果が各プロジェクトへ反映されるという点において、不十分な成果であると言わざるを得ない。
- ・研究成果として商品が出てくるのは良いが、やはり刊行物である論文などの成果が必須である。その

点で見れば、論文がリストアップされていない、課題ごとに偏りがあるなど、学内中間評価で指摘された点が解消されていない。

- ・外部資金の獲得状況は良好であるが、今後も継続的に集められる体制を構築する必要がある。
- ・補助事業の終了後、どのように研究拠点としてのプレゼンスを示すのか、本学のイノベーション創生センターの研究室利用だけでは研究グループの個別活動に終始してしまう印象があるため、全体を体系化した取り組みなどを志向してほしい。

以 上

資料2-1. 外部評価（中間）

法人番号:271014
プロジェクト番号:S1311043

「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

◆ 評価日 平成27年7月

【評価委員】 梶山 慎一郎 近畿大学 生体理工学部 生物工学科 教授	
評価項目	【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？】
研究組織（研究の実施体制）の適切性	計画はおおむね順調に推移していると考えます。個々の取り扱う題材に関して、計画書で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。
4	
研究プロジェクトの進捗状況・研究成果	【特に優れている点】
4	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。
その他	【問題点・今後の課題】
留意事項なしのため評価せず	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】	【期待される研究成果】
3	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。

【評価委員】 内山 東平 株式会社ジェネクス・ソリューションズ・ジャパン 副社長	
評価項目	【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？】
研究組織（研究の実施体制）の適切性	報告資料の拝読からは、計画通り進捗していると思われれます。
4	
研究プロジェクトの進捗状況・研究成果	【特に優れている点】
4	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
その他	【問題点・今後の課題】
4	事業化と、事業の継続性
【総合評価】	【期待される研究成果】
4	発展途上国向け国際支援策としての可能性

【評価委員】 川村 公人 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	
評価項目	【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？】
研究組織（研究の実施体制）の適切性	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。 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。
3+	
研究プロジェクトの進捗状況・研究成果	【特に優れている点】
2+ (別記参照※1)	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ンスター化は、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。
その他	【問題点・今後の課題】
3+ (別記参照※2)	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。 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。 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。 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】	【期待される研究成果】
3-	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。

資料2-2. 外部評価（最終）

法人番号: 271014
プロジェクト番号: S1311043

「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

◆ 評価日 平成29年5月

【評価委員】 梶山 慎一郎 近畿大学 生体理工学部 生物工学科 教授	
評価項目	【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？】
研究組織(研究の実施体制)の適切性	<p>個々の研究においては、新たなリファイナリー技術・製品の開発速度は概ね安定的に維持されていると考える。一方で、当初標榜されていた地域再生学や消費者心理学などの社会科学的研究の製品開発への連携等、本プロジェクトの集大成としての取り組みに関しては、未だ出口がよく見えない。</p> <p>【特に優れている点】</p> <p>中間評価以降においても、これまで見逃されていた低次産業廃棄物を有効利用した高付加価値製品、あるいはその原料を新たに見出すことが出来ている点は評価できる。また、広範な適用には未だ届かないものの、最終的な目標であるバイオリソースの燃料化等による完全利用に資する研究も徐々に進展してきていると評する。</p> <p>【問題点・今後の課題】</p> <p>一方で、各研究者が散発的であり、研究者全体の連携という点、あるいは経済性、採算性をも組み入れた持続的発展性という意味合いにおいては、課題が残ると考える。特に医薬・健康補助食品を志向した開発では、単なる候補物質のスクリーニングに終始することなく、着実な研究成果の積み重ね、科学的論証の積み重ねが重要であると考えられる。</p> <p>【期待される研究成果】</p> <p>本プロジェクトを単なる散発的商品開発に終わらせることなく、今後の関連プロジェクトの礎とし、真の意味でバイオリファイナリーと6次産業を結び付ける手法の糸口とするために、残った研究期間における研究成果のとりまとめにおいても個々の開発の経過の単なる寄せ集めではなく、一つの例でもよいので、LCA解析、商品(消費者)動向調査、採算性、継続性などを加味した集大成としての成果の提示が成功例として示されるならば素晴らしいと考える。</p>
3-	
研究プロジェクトの進捗状況・研究成果	
3+	【総合評価】
その他	3
-	

【評価委員】 内山 東平 ケイ・アンド・カンパニー株式会社 特別顧問	
評価項目	【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？】
研究組織(研究の実施体制)の適切性	<p>概ね計画に沿って進展していると思える。</p> <p>【特に優れている点】</p> <p>何処にでもある地域の身近な課題をテーマとしていること。実用性だけでなく、心の豊かさに繋がる文化性があること。</p> <p>【問題点・今後の課題】</p> <p>実用化の実証に続いて、事業化の実証が必要である。事業化(投資)対象となることの実証である。最終年度で、ビジネスモデルにどこまで言及できるか。</p> <p>【期待される研究成果】</p> <p>今、東南アジアの諸国は目覚ましい経済発展を遂げているが、すでに多くの問題も顕在化している。本研究の成果が、我が国の今後の新しい国際貢献に繋がることを期待する。</p>
4	
研究プロジェクトの進捗状況・研究成果	
4	【総合評価】
その他	4
4	

【評価委員】 川村 公人 アサヒグループホールディングス株式会社 R&Dセンター 主席研究員	
評価項目	【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？】
研究組織(研究の実施体制)の適切性	<p>本プロジェクトは当初計画通り着実に進捗している。</p> <p>本戦略的研究基盤形成支援事業プロジェクトの趣旨に則り、理系・文系の枠を超えたオープンイノベーションにより、社会実装が期待される数多くの高付加価値製品が開発されると共に、循環型社会構築が現実的に可能となる基盤が形成され、実用化の目的が立ち始めたものと考えられる。</p> <p>【特に優れている点】</p> <p>実学を旨とする関西大学らしく、多くの研究成果が蛸壺レベルの学内研究に留まることなく社会実装可能となるレベルに仕上がっている点は評価できる。既に多くの企業が今回開発された技術に興味を示し、共同研究費用を捻出していることから、現在日本の産業界が求める優位性の高い技術の社会実装が可能となるバイオリファイナリー基盤が形成されていると考えられる。</p> <p>実質4年間という短期であるにも拘らず、実用可能性の高い技術プラットフォームを形成・活用し、活発に成果物を創出している点は評価できる。</p> <p>【問題点・今後の課題】</p> <p>本プロジェクトの現状に大きな問題点はない。</p> <p>今後の課題として、本プロジェクト終了後、次は今回の成果物を更に広く展開し、我が国の『ものづくり』産業の活性化に繋げるフェーズを迎えることとなる。したがって、今回構築された学際横断的な技術開発プラットフォームを効果的に活用し、我が国の産業発展に寄与することを目指して本プロジェクトを発展的に継承した上で、さらに飛躍させる方策を検討する必要性を感じる。</p> <p>【期待される研究成果】</p> <p>今回のバイオリファイナリーの基盤形成とその実用化の先に社会実装につながる具体的な事例を多く産み出すことを期待する。そのために、企業自身がさらに多額の投資を実施しようとするように仕向けることが肝要であり、自治体・企業との密接な連携を更に強固なものとする中で、コストや生産効率に優位性のあるスケールアップ技術開発等が必要となると考える。このような視点に根差した技術開発が展開されることを産業界は期待している。</p>
4	
研究プロジェクトの進捗状況・研究成果	
4+	【総合評価】
その他	4+
4	

2013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。

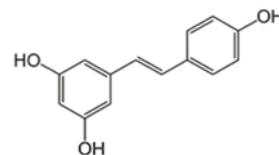


Fig. 1 Chemical structure of resveratrol

* 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⁾。

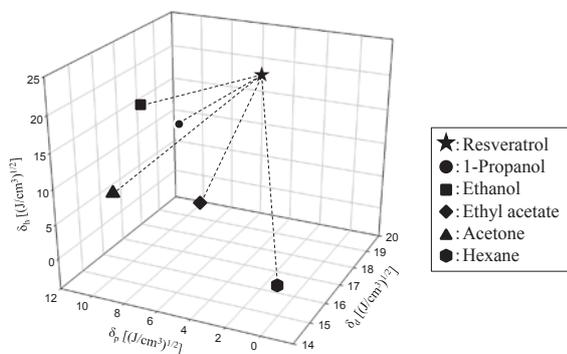


Fig. 2 3-Dimensional plot of Hansen's solubility parameter for solvents and resveratrol

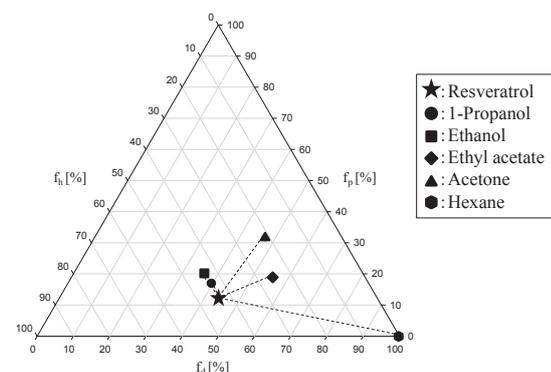


Fig. 3 Triangular diagram of Hansen's solubility parameters for solvents and resveratrol

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。

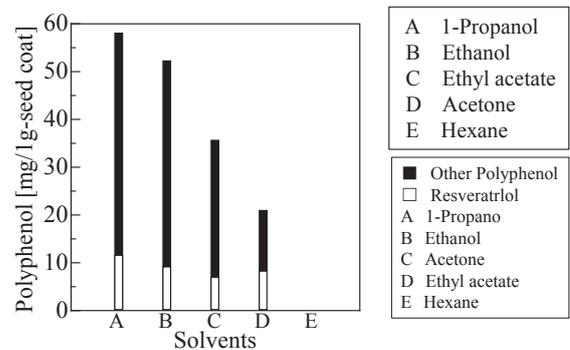


Fig. 4 Amount of extracted resveratrol for each solvent

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。

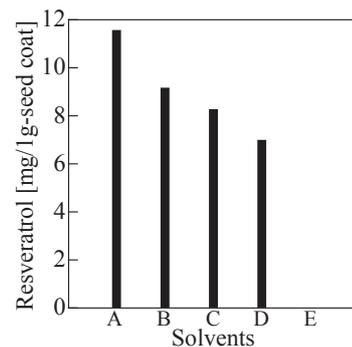


Fig. 5 Amount of extracted polyphenol for each solvent

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させ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、多い工場では1,200t/月、少ない工場では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 °C の恒温槽中で 3 時間抽出した。抽出液は濾過した後、5 °C、10000 × g で遠心分離して、上澄みを取った。次に、この溶液に 5 °C 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 °C, 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。

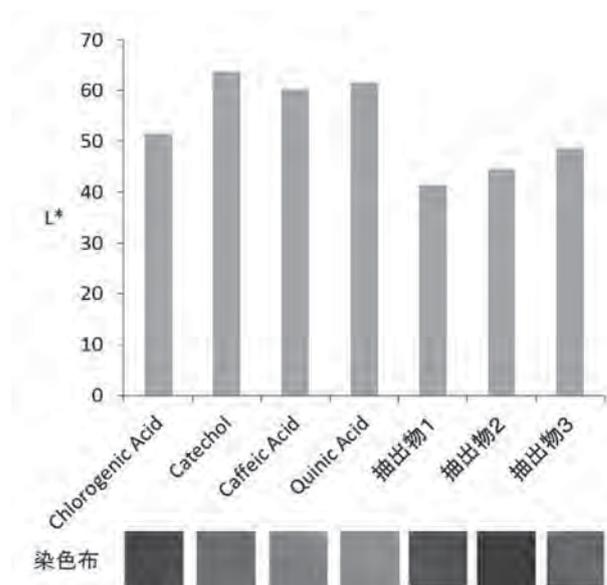


Fig. 7 サツマイモPPOと各種基質を用いた酸化染料による染色度の比較

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 °C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。

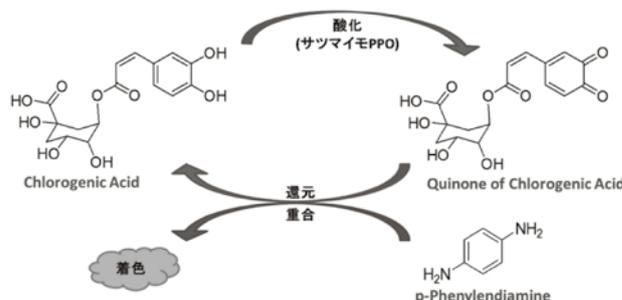


Fig. 8 想定される酵素による染色メカニズム

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、健やかな毛髪を保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。

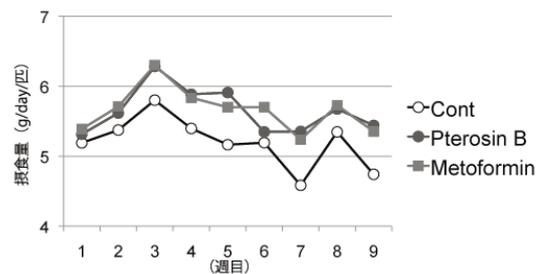


Fig. 9 プテロシンB及びメトホルミンの摂食量に対する影響

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。

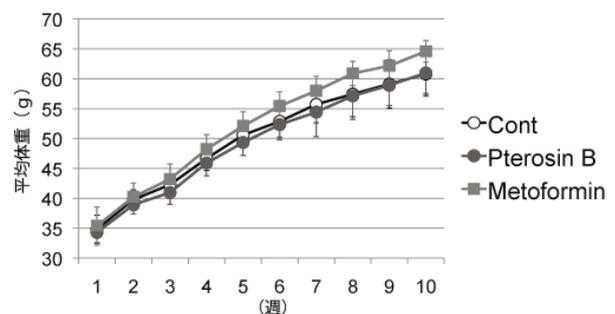


Fig. 10 プテロシンB及びメトホルミンの体重に対する影響

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。

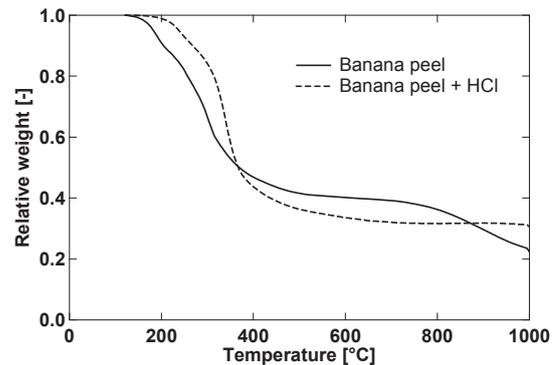


Fig. 11 炭化過程における重量減少挙動

7.2. 炭化物のミクロ孔分布

分子プローブ法によって求めた炭化温度500～1000℃の炭化物のミクロ孔分布を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。

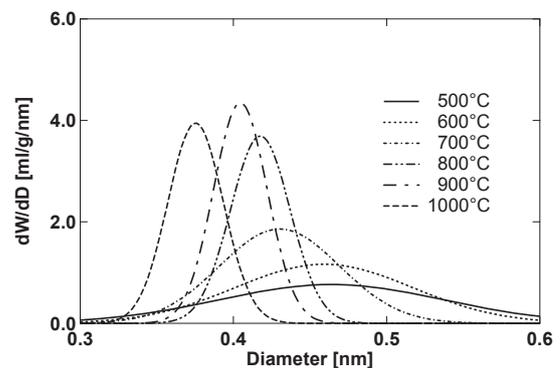


Fig. 12 塩酸処理したバナナの皮炭化物の細孔分布

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)

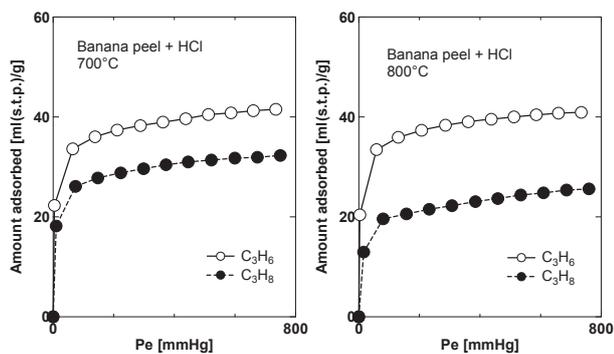


Fig. 13 プロパン、プロピレンの吸着等温線

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。

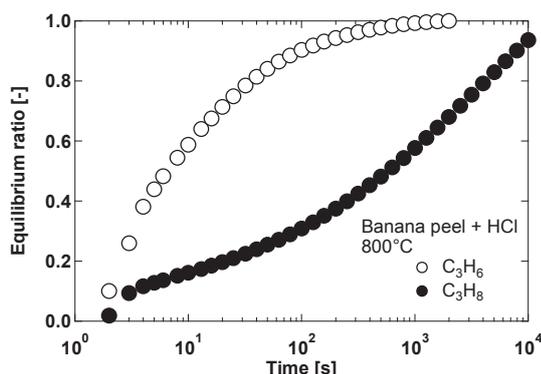


Fig. 14 プロパン、プロピレンの平衡到達度の経時変化

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)

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_i [(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_i 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⁾。

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

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

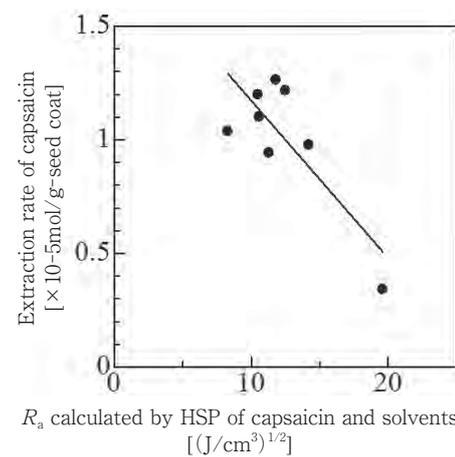


図1. Relationship between R_a and extraction rate of capsaicin

(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。

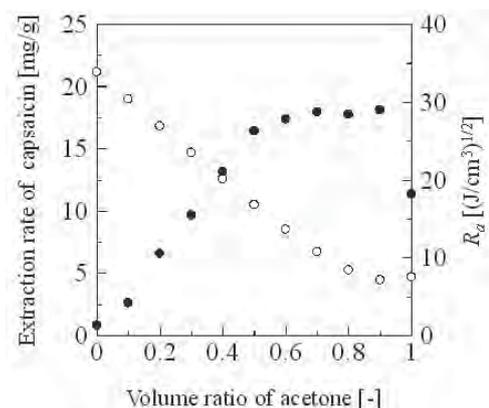


図2. Relationship between extraction rate of capsaicin and R_a

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_t	R_s	Extraction rate of d-limonene [$\times 10^{-5}$ mol/g-seed coat]
	[$(J/cm^3)^{1/2}$]					
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	47.8	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_s 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_s 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。

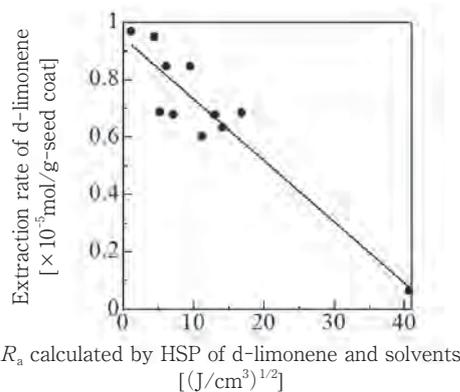


図3. Relationship between R_s and extraction rate of d-limonene

(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、ハバネロパスタソース、および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がんに対しては、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がん株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。

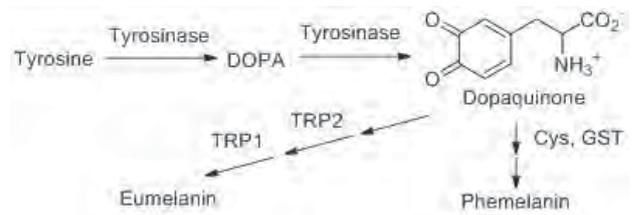


図4. メラニン色素の産生機構

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。

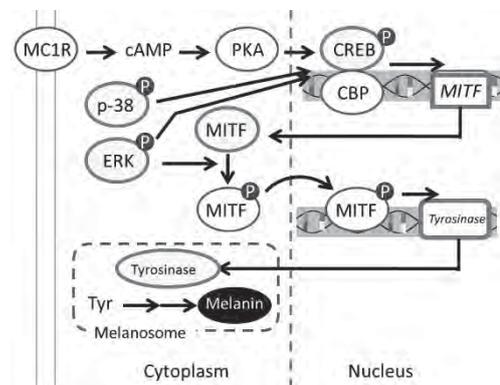


図5. メラニン産生の細胞内シグナル伝達機構

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

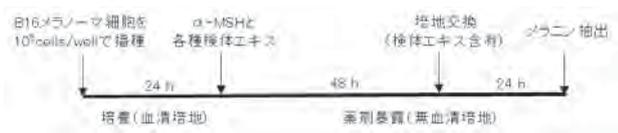


図6. 各種活性エキス（検体）の投与スケジュール

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。

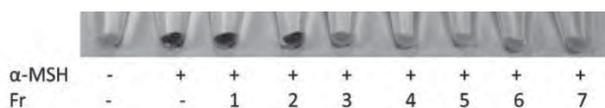


図7. HP-20溶出画分のB16メラノーマ細胞に対するメラニン産生抑制活性

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ゝで、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、同様の効果を發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）に發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の抽出とその機能性

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

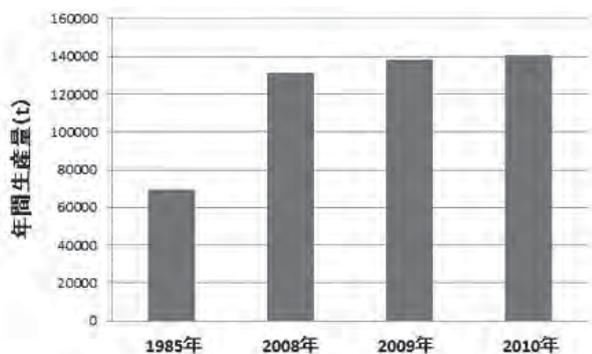


図9. 全国エノキタケ生産量の変動

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。

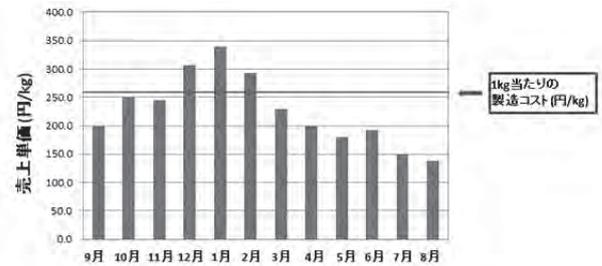


図10. ある1年における年間市場価格変動

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、その他の特定の高機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	白濁した	白濁した	白濁した
	50 μg/ml	ゲル化しない	ゆるく固まった	ゆるく固まった
	100 μg/ml	ゲル化しない	ゆるく固まった	ゆるく固まった
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	ゲル化した
	100 μg/ml	ゲル化した	ゲル化した	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。

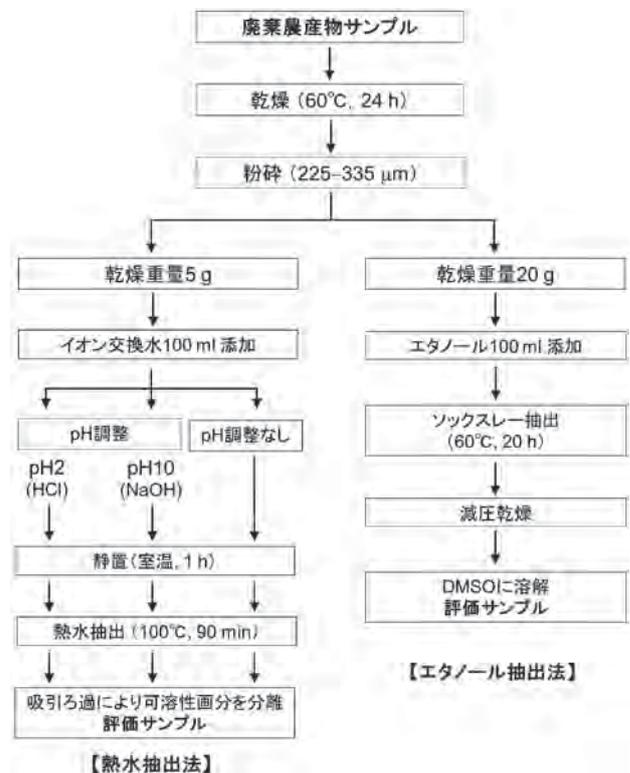


図13. 廃棄農産物からのエキス抽出法

(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。

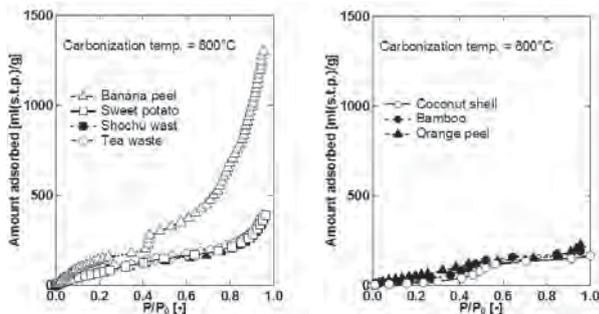


図14. 各種炭化物に対する水蒸気吸着等温線

(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。

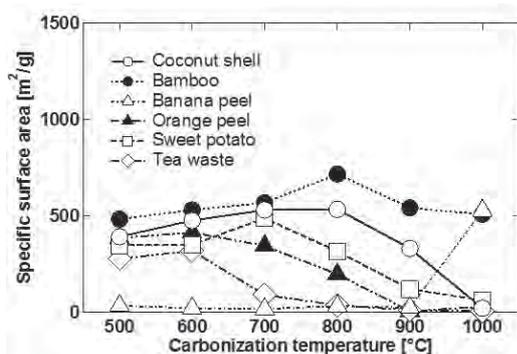


図15. 炭化温度がバイオマス炭化物の比表面積に及ぼす影響

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。

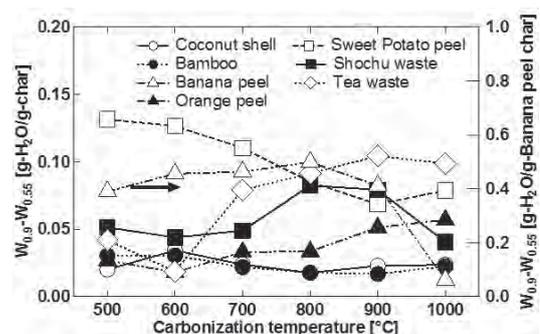


図16. 炭化温度が調湿能に及ぼす影響

(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。

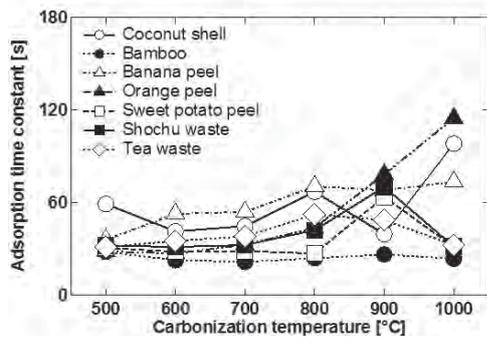


図17. バナナの皮炭化物の調湿能

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 代までなだらかに増加するが、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）。

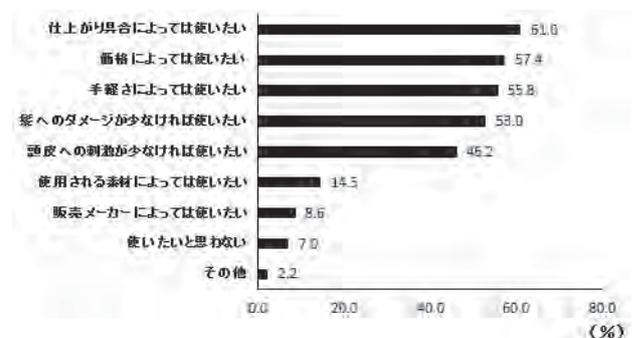


図18. 天然素材の染毛剤への使用意向の割合（白髪染めしている人）

【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）。

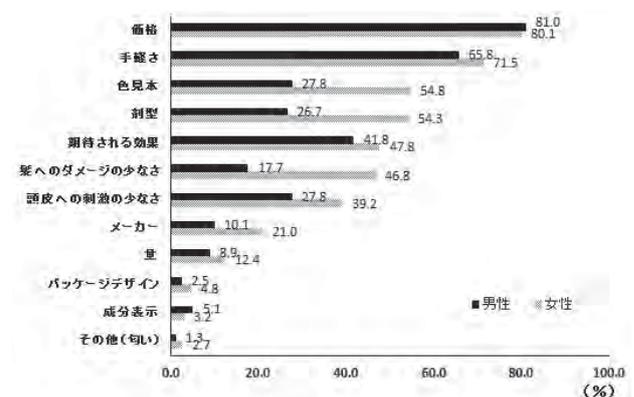


図19. 白髪染め購入時に重視する点の割合（複数回答）

(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）。

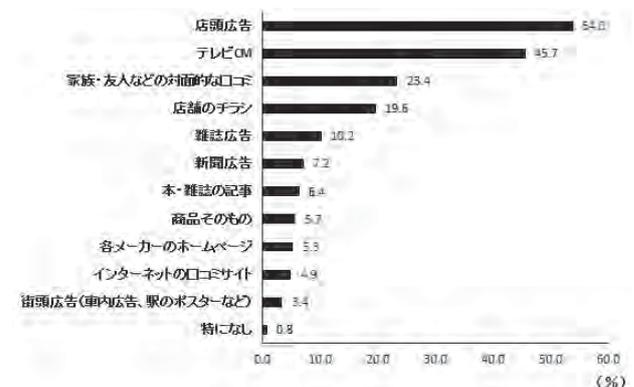


図20. 白髪染め購入時に参考にする情報源の割合（複数回答）

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
不安な⇔安心な	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。

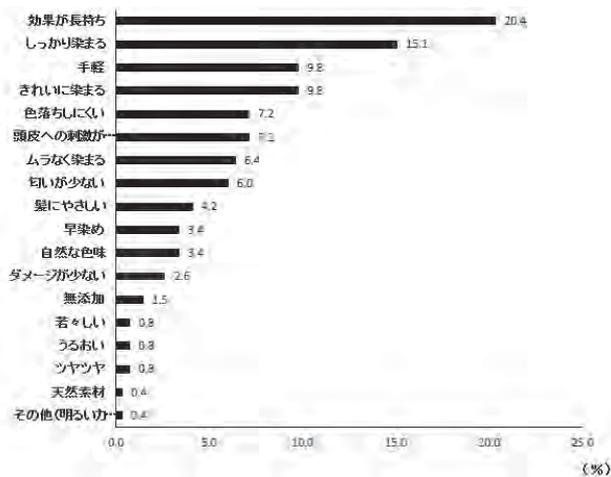


図21. 白髪染め購入時に最も惹かれる言葉の割合

(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「不安な⇔安心な」、「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ことは、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。

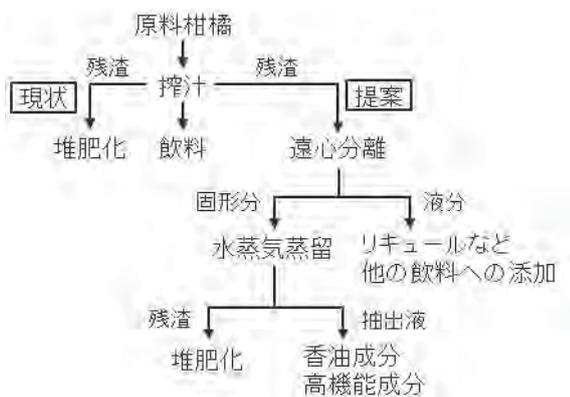


図25. 柑橘搾汁後の残渣の有効利用

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, *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).

私立大学戦略的研究基盤形成支援事業プロジェクト（平成25～29年度）

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

平成26年度 研究成果一覧表

論文

- (1) 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).
- (2) S. Uesato, H. Yamashita, R. Maeda, Y. Hirata, M. Yamamoto, S. Matsue, Y. Nagaoka, M. Shibano, M. Taniguchi, K. Baba, M. Ju-ichi, 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*, 80, 452-457 (2014).
- (3) 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).

国際学会

- (1) T. Sumiyoshi, Y. Nagaoka, S. Uesato, Y. Yamamoto, K. Tomioka, Molecular assembly and gelating behavior of didodecanoylamides of α, ω -alkyldenediamines, 9th International Symposium in Science and Technology at Cheng Shiu University, LS-2, Taiwan (2014).
- (2) Y. Nagaoka, H. Aihara, M. Kobayashi, H. Yoshino, T. Sumiyoshi, S. Uesato, Enhanced Effect of Histone Deacetylase Inhibitors on Expression of Vector Genes for Cancer Genetic Therapy, 9th International Symposium in Science and Technology at Cheng Shiu University, LS-4, Taiwan (2014).
- (3) 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, LS-P-1, Taiwan (2014).
- (4) 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, LS-P-2, Taiwan (2014).
- (5) 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, LS-P-3, Taiwan (2014).
- (6) Z. Lintao, H. Kamiyo, T. Sumiyoshi, S. Uesato, Y. Nagaoka, Prodrugs of Histone Deacetylase Inhibitor as Lipofection Enhancer, 9th International Symposium in Science and Technology at Cheng Shiu University, LS-P-4, Taiwan (2014).
- (7) C. Yoneyama, S. Taketomi, Y. Hirata, S. Uesato, T. Sumiyoshi, H. Kawahara, Y. Nagaoka, Highly Substituted Salicylic Acid Derivatives as Skin Whitening Agents, 50th International Conference on Medicinal Chemistry, EM13, France (2014).
- (8) H. Aihara, M. Kobayashi, H. Yoshino, Y. Hirata, S. Uesato, T. Sumiyoshi, Y. Nagaoka, Enhanced Effect of Histone Deacetylase Inhibitors on Expression of Therapeutic shRNA Gene Targeting Proto-Oncogenic Factor, Cdc6, 50th International Conference on Medicinal Chemistry, NA01, France (2014).
- (9) S. Araki, N. Yazumi, S. Hamakawa, H. Yamamoto, Oxygen permeation and transport properties transport properties of $\text{Ca}_{0.2}\text{Sr}_{0.8}\text{Ti}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_{3-\delta}$, 13th Mediterranean Congress of Chemical Engineering, Spain (2014).
- (10) T. Sato, S. Araki, M. Morimoto, R. Tanaka, H. Yamamoto, Estimation of Hansen solubility parameter of aromatic

- compounds by group contribution method, 13th Mediterranean Congress of Chemical Engineering, Spain (2014).
- (11) T. Sato, Y. Hamada, M. Sumikawa, S. Araki, H. Yamamoto, Measurement of gassolubility of oxygen for pure and mixed solvents and correration by Hansen solubility parameter, 13th Mediterranean Congress of Chemical Engineering, Spain (2014).
 - (12) T. Horiba, T. Sato, S. Araki, H. Yamamoto, Evaluation of dispersibility silica particle with different surface properties using Hansen solubility parameters, 13th Mediterranean Congress of Chemical Engineering, Spain (2014).
 - (13) K. Miyatake, T. Sato, S. Araki, H. Yamamoto, Temperature dependence of Hansen solubility parameters of polyethylene glycol, 13th Mediterranean Congress of Chemical Engineering, Spain (2014).
 - (14) T. Suzuki, H. Yamamoto, K. Kawamura, S. Araki, D. Bernitzky, R. Plasenzotti, Application of falling-needle rheometry to human blood without air contact, 20th European Conference on Thermophysical Properties, O_B1.22, Portugal (2014).
 - (15) T. Suzuki, S. Araki, H. Yamamoto, K. Kawamura, H. Aida, D. Bernitzky, R. Plasenzotti, Measurement of Flow Properties of Mammalian Blood with Different Hematocrit Values Using Falling Needle Rheometer, The 7th International Multi-Conference on Engineering Technological Innovation, USA (2014).
 - (16) H. Kawahara, J. Hayashi, Removal of Hydrogen Sulfide by Biomass Char, Chemeca 2014, 1007, Australia (2014).
 - (17) Y. Takamatsu, J. Hayashi, Adsorptive Removal of Uremic Toxin by Activated Carbon, Chemeca 2014, Australia (2014).
 - (18) N. Kageura, J. Hayashi, Appraisal of Humidity Control Capacity of Biomass Char, Chemeca 2014, Australia (2014).
 - (19) T. Kawamura, T. Momozane, S. Funaki, Y. Shintani, M. Inoue, M. Minami, K. Sugimura, O. Iida, H. Fuchino, N. Kawahara, H. Takemori, M. Okumura, Carnosol and derivatives have potential as novel organ protective agents 10th Annual Academic Surgical Congress, 62.04, USA (2015).
 - (20) A. Alfredi, S. Zhang, W. Mao, Y. Wang, H. Takemori, Z. Lu, R. C. Bast, H. Vankayalapati, Highly potent and orally available SIK2 inhibitors block growth of human ovarian cancer cells in culture and xenografts, AACR Annual Meeting 2014, USA (2014).

国内学会

- (1) 田川絵理, 浦真由美, 片倉啓雄, 河原秀久, 飴粕熱抽出物の冷凍食品の物性に対する効果, 日本農芸化学会2015年度大会, 3F28a14, 岡山 (2015).
- (2) 椿畑智代, 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, 24Pp-52, 東京 (2014).
- (3) 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).
- (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).
- (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).
- (6) 佐藤隆志, 荒木貞夫, 山本秀樹, Hansen溶解度パラメータを用いて算出した活量係数の混合溶媒に対する酸素溶解度への適用, 化学工学会第80年会, YE330, 東京 (2015).
- (7) 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, YE332, 東京 (2015).
- (8) 廣田健一, 荒木貞夫, 王吉豊, 遠藤好司, 山本秀樹, HF-HCl水溶液を用いた晶析によるZrおよびHfの分離条件の検討, 化学工学会第80年会, XE317, 東京 (2015).
- (9) 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, XC219, 東京 (2015).

- (10) 翁凱偉, 荒木貞夫, 平野茂, 山本秀樹, ゼオライト/カルシウム化合物を用いたCF₄分解・反応剤の開発, 第30回ゼオライト研究発表会, B5, 東京 (2014).
- (11) 山本秀樹, 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, 化学工学会第46回秋季大会, D216, 福岡 (2014).
- (12) 小林一人, 荒木貞夫, 山本秀樹, 反応蒸留法を用いたフッ化鉄からのフッ酸製造, 化学工学会第46回秋季大会, E102, 福岡 (2014).
- (13) 佐藤隆志, 荒木貞夫, 山本秀樹, 有機溶媒に対するガス溶解度のHansen溶解度パラメータを用いた相関, 化学工学会第46回秋季大会, U207, 福岡 (2014).
- (14) 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, 化学工学会第46回秋季大会, ZD2P24, 福岡 (2014).
- (15) 河原響, 林順一, 大隅修, バイオマス炭化物を利用した硫化水素の吸着除去, 化学工学会姫路大会2014, C209, 兵庫 (2014).
- (16) 内海亮, 林順一, 水蒸気吸着に及ぼす炭化物特性の解明とAHP用炭化物の開発, 第41回炭素材料学会年会, PI11, 福岡 (2014).
- (17) 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, 43, 宮城 (2014).
- (18) 池内裕美, コレクターか、ホーダーか: 収集行為と溜め込み行為における心理的相違点, 日本グループ・ダイナミックス学会第61回大会, S1-6, 東京 (2014).
- (19) 池内裕美, 溜め込み行為は何をもたらすのか - ホーディングによる心理社会的諸問題 -, 日本社会心理学会第55回大会, 15-01, 北海道 (2014).
- (20) 浜本圭介, 谷口淳一, 池内裕美, 価値志向性の違いによる明示広告と暗示広告に対する評価の差異, 日本社会心理学会第55回大会, P134-01, 北海道 (2014).
- (21) 熊谷彩子, 伊東祐美, 賀川舞, 松田潤一郎, 佐々木勉, 田端俊英, 竹森洋, GRID2はメマンチンの作用機序における新しい調節因子である, 第87回日本生化学会大会, 4P-008, 京都 (2014).
- (22) 佐野坂真人, 伊東祐美, 藤本稜, 大河原知治, 仲哲治, 竹森洋, 塩誘導性キナーゼ(SIK)ファミリー欠損マウスのLPS感受性に関する研究, 第87回日本生化学会大会, 3P-005, 京都 (2014).
- (23) 黒井梓, 伊東祐美, 瀧野裕之, 山原年, 川原信夫, 竹森洋, ワラビ成分Pterosin Bの皮膚炎症疾患への応用, 第87回日本生化学会大会, 3P-007, 京都 (2014).
- (24) 伊東祐美, 佐野坂真人, 熊谷彩子, 瀧野裕之, 川原信夫, 竹森洋, 肝糖新生におけるLKB1下流因子AMPKとSIK3の重要性について, 第87回日本生化学会大会, 3P-015, 京都 (2014).
- (25) 賀川舞, 杉村康司, 飯田修, 瀧野裕之, 黒井梓, 熊谷彩子, 山原年, 川原信夫, 竹森洋, メラニン産生制御効果のある植物エキスの網羅的解析, 第87回日本生化学会大会, 3P-018, 京都 (2014).
- (26) 竹森洋, 伊東祐美, 佐野坂真人, 熊谷彩子, 賀川舞, 竹本大策, 佐々木勉, 簡便な培養細胞beta-酸化評価法について, 第51回日本臨床分子医学会学術集会, 東京 (2014).
- (27) 熊谷彩子, 伊東祐美, 賀川舞, 松田潤一郎, 佐々木勉, 田端俊英, 竹森洋, GRID2はメマンチンの作用機序における新しい調節因子である, 第51回日本臨床分子医学会学術集会, 東京 (2014).

その他

・新聞報道

- (1) 河原秀久, 「接着タンパク質」量産, 日本経済新聞, 2015年1月9日付, 13面.
- (2) 河原秀久, 不凍多糖の量産に成功, 食品化学新聞, 2014年10月9日付, 1面.
- (3) 河原秀久, エノキから抽出「不凍多糖」, 産経新聞, 2014年10月3日付, 朝刊8面.
- (4) 河原秀久, エノキタケで冷凍美味, 読売新聞, 2014年10月3日付, 朝刊10面.
- (5) 河原秀久, 冷食の品質保つ添加剤, 日経産業新聞, 2014年10月3日付, 13面.
- (6) 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, 11面.

・テレビ出演

- (7) 河原秀久, 冷凍しても味が落ちない, 毎日放送 Voice, 2015年2月10日放送.

・研究発表会

(8) 池内裕美, ゴミか、タカラか。－ホーディング(溜め込み)の実態と心理的背景－, 関西社会心理学研究会, 大阪 (2014).

・講演

(9) 池内裕美, 人はなぜモノを溜め込むのか－ホーディングの実態と心理的背景－, 神戸学院大学学術講演会, 兵庫 (2015).

(10) 池内裕美, 衝動買いはなぜ起きるのか: ココロを動かす店舗のしかけ, 大阪 (2014).

(11) 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, 経営技術コンサルタント協会, 大阪 (2014).

(12) 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, ACAP事例研究会, 大阪 (2014).

(13) 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, 福祉連携協議会2周年記念会 フローラルイン姫路, 兵庫 (2014).

・ワークショップ

(14) 前田洋光, 秋山学, 池内裕美, 消費者の「触覚」を改めて問い直す, 日本社会心理学会第55回大会, WS05, 北海道 (2014).

・インタビュー

(15) 池内裕美, 「ため込むだけじゃもったいない。不満クレームと上手に付き合う」, 読売テレビ「かんさい情報ネットten!」コメント, 2015年1月30日放送.

(16) 池内裕美, 「クレマーの心理」, 消費者情報, 関西消費者協会, 4-5 (2014).

(17) 池内裕美, 「ド底辺クレマー」がサービス産業を減ぼす, SPAI, 扶桑社, 33 (2014).

2015年度 技苑「プロジェクト研究報告概要」

私立大学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
 研究分担者：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、和歌山県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、デコボン、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、混合溶媒の最適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⁾。

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

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。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。

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

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_s [(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。

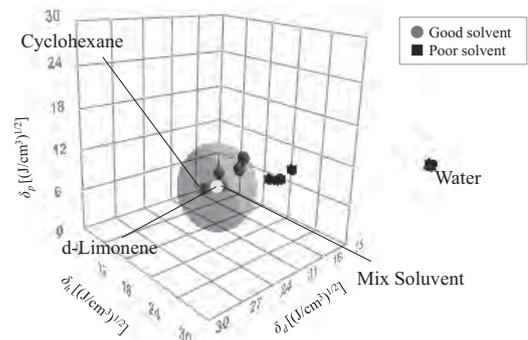


Fig. 1. Hansen solubility sphere method

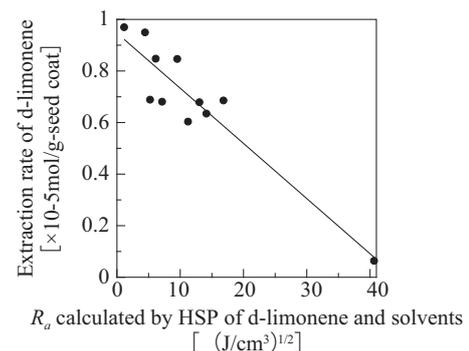


Fig. 2. Relationship between R_a and extraction rate of d-limonene

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、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。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	ポンカン	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。

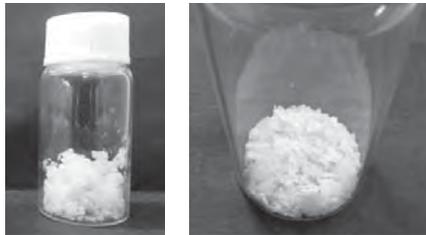


Fig. 3. 梅と蜜柑エキスから製造した梅蜜柑塩

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

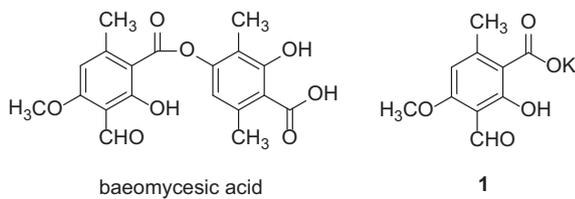


Fig. 6. Baeomycesic acidと化合物1の構造

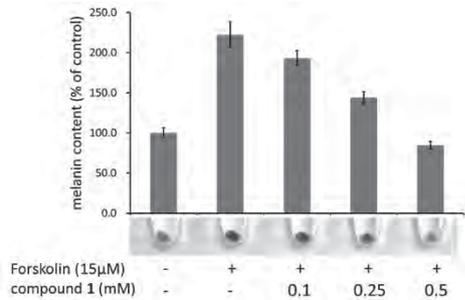
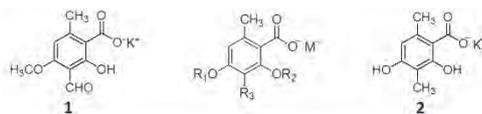


Fig. 7. 化合物1のメラニン産生抑制活性

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<
(1.0mM)					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、日本の農林水産業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。現段階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中

*7 化学生命工学部教授 学術博士

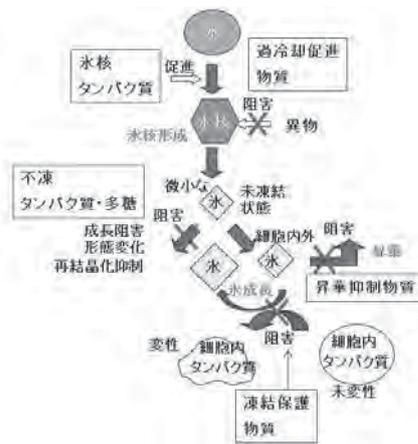


Fig. 8. 氷結晶制御物質の概要図

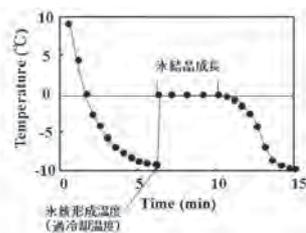


Fig. 9. 水の凍結時の過冷却曲線

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⁾。針葉樹は極寒の寒冷地域でも凍結せずに、青々とそびえ立っている。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、針葉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⁾、高価な合成品であるため実用化は難しい。

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

* サンプル濃度 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。

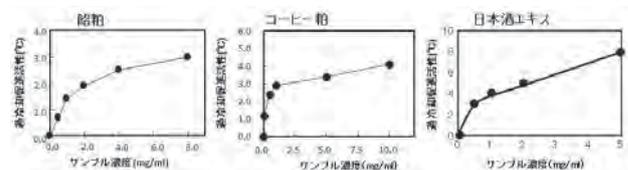


Fig. 11. 各種エキスの濃度の影響

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。

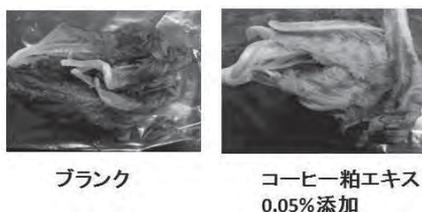


Fig. 12. 過冷却保存したレタス

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。

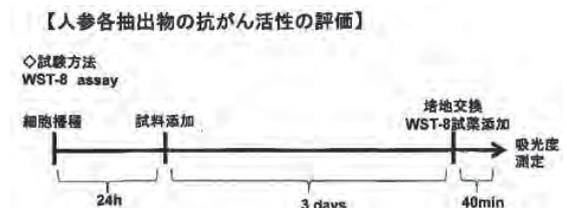


Fig. 13. 抗がん活性測定方法

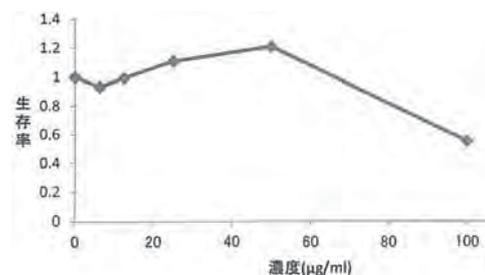


Fig. 14. 人参カスヘキサン抽出物の抗がん活性

*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。

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 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 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が、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
ボンカンの外果皮	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、機能性を正しく評価できる確かな評価系を確立し、さらなる有効成

*9 化学生命工学部助教 博士(工学)

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。

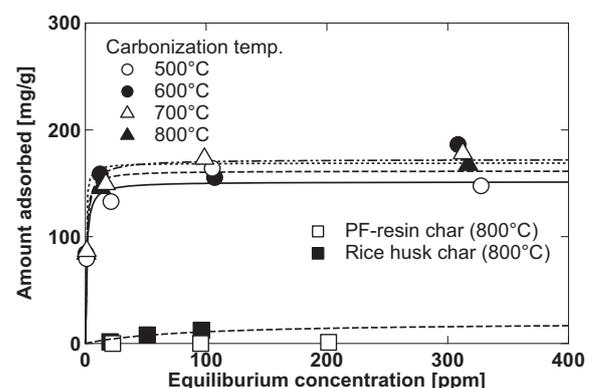


Fig. 15. 各炭化物に対するカドミウム吸着等温線

*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。

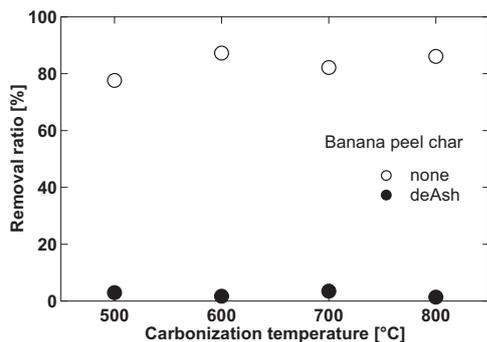


Fig. 16. 脱灰がカドミウム除去率に及ぼす影響

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

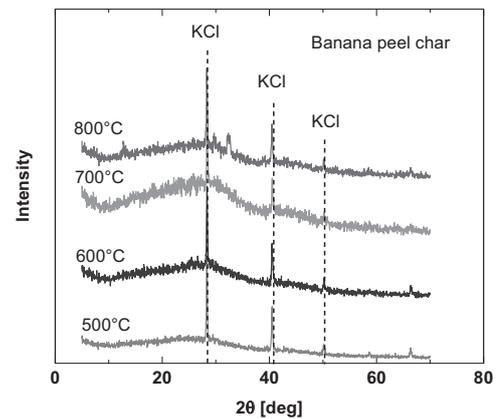


Fig. 17. バナナの皮炭化物のX線回折パターン

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。

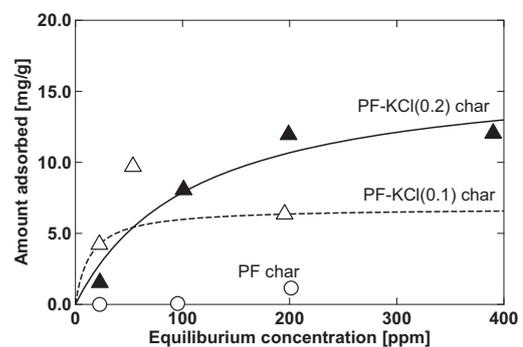


Fig. 18. KClを添加したフェノール樹脂に対するカドミウム吸着等温線

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・発酵速度を高め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 °C の恒温器に入れて 3.6 rpm で回転させて行い、凝縮塔は -10 °C 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 μ l (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 μ l (Cellic CTec2, Novozymes社)、ペクチナーゼ 750 μ l (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)。

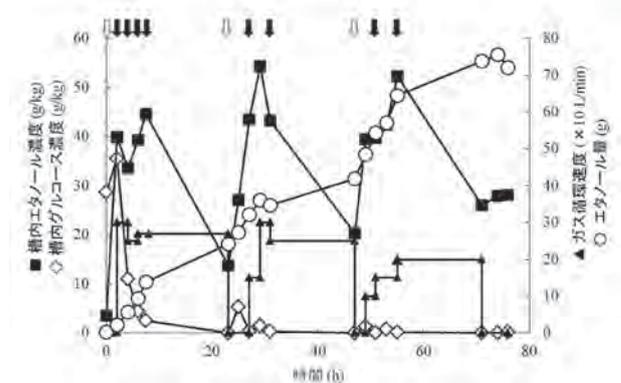


Fig. 19. 原料を繰り返し投入したCCSSFの経時変化矢印のタイミングで原料を投入した。白抜き矢印ではアミラーゼも投入した。

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にか影響するのか—

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 50 ml、グリセリン 5 ml、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（5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（Table 8）。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（Table 8）。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「以前の試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)	$F(2, 54)=1.27$	<i>n.s.</i>
保湿効果	2.52	(0.70)	2.88	(0.74)	2.46	(0.60)	$F(2, 54)=3.39^*$	<i>n.s.</i>
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いただきました。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, 男性用化粧品への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).

私立大学戦略的研究基盤形成支援事業プロジェクト（平成25～29年度）

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

平成27年度 研究成果一覧表

論文

- (1) 片倉啓雄, 研究者に必要な生産コストの知識, 生物工学会誌, 93, 687-692 (2015).
- (2) 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.
- (3) 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, *Callicarpa longissima* extract, carnosol-rich, potently inhibits melanogenesis in B16F10 melanoma cells, Journal of Natural Medicines, 70(1), 28-35 (2016).
- (4) 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).
- (5) K. Nishimura, N. Fukuyama, M. Yamashita, T. Sumiyoshi, Y. Yamamoto, K. Yamada, K. Tomioka, Cyclic Model for the Asymmetric Conjugate Addition of Organolithiums with Enoates, Synthesis, 47, 2256-2264 (2015).

図書

- (1) 池内裕美, 第6章 広告と社会心理学, 水野由多加, 妹尾俊之, 伊吹勇亮 編, 広告コミュニケーション研究ハンドブック, 有斐閣, 118-136, 総ページ数438 (2015).

国際学会

- (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-01-008, Thailand (2015).
- (2) E. Tagawa, M. Ura, Y. Katakura, H. Kawahara, Isolation and characterization of supercooling-facilitating material from the refuse of red bean jam, The 52nd Annual Meeting of the Society for Cryobiology and International Conference on Regenerative Medicine, Czech Republic (2015).
- (3) H. Tsuneda, T. Suzuki, H. Yamamoto, K. Kawamura, E. Tamura, K. Wochner, R. Plasenzotti, Evaluation of Different Anticoagulant Effects on Flow Properties of Human Blood Using Falling Needle Rheometer, 18th International Conference on Chemical and Process Engineering, 100, United Kingdom (2016).
- (4) H. Yamamoto, Development of a Compact-Sized Falling Needle Rheometer for Flow Analysis for Human Blood, World Engineering Conference and Convention 2015, PS7-6-8, Kyoto, Japan (2015).
- (5) T. Suzuki, S. Araki, H. Yamamoto, K. Kawamura, E. Tamura, H. Aida, K. Wochner, R. Plasenzotti, Measurement of Viscosity Change for Horse Artery Blood with Treadmill Exercise Using Falling Needle Rheometer, Special Track on Bio- and Medical Informatics and Cybernetics, Business Management International Conference 2015, Thailand (2015).
- (6) T. Suzuki, H. Yamamoto, K. Kawamura, E. Tamura, H. Aida, K. Wochner, R. Plasenzotti, Measurement of Flow Properties of Mammalian Blood Using Compact-sized Falling Needle Rheometer, 12th International Conference on Flow Dynamics, OS7-2, Miyagi, Japan (2015).
- (7) T. Suzuki, S. Araki, K. Kawamura, E. Tamura, H. Aida, K. Wochner, R. Plasenzotti, H. Yamamoto, Measurement of Flow Properties of Horse Arterial Blood with Different Hematocrit Values Using Falling Needle Rheometer, Nineteenth Symposium on Thermophysical Properties, 2916, USA (2015).
- (8) G. Kimura, H. Aihara, H. Kamijo, M. Katsuragi, Y. Fukushima, S. Uesato, T. Sumiyoshi, Y. Nagaoka, Design and

- Synthesis of PEGylated Hydroxamic Acid-Type Histone Deacetylase Inhibitor Prodrugs Having Targeting Ability to Cancer Tissues, The 2015 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies, HLTH671, USA (2015).
- (9) Y. Tanaka, Y. Hirata, D. Iibata, S. Kitayama, M. Tamano, Y. Yoshimoto, N. Fukata, T. Sumiyoshi, Y. Nagaoka, Neuroprotective Effect of Biflavones Isolated from Leaves of *Sciadopitys verticillata*, The 2015 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies, ORGN2074, USA (2015).
- (10) R. Nishimura, H. Aihara, M. Katsuragi, Y. Fukushima, S. Uesato, T. Sumiyoshi, Y. Nagaoka, Combination of Histone Deacetylase Inhibitors and Lipofection-Mediated INF- β Gene Therapy, The 2015 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies, BIOL1339, USA (2015).
- (11) N. Fukata, C. Yoneyama, T. Sumiyoshi, H. Kawahara, Y. Nagaoka, Control of Melanogenesis by Natural Products Derived Analogs, The 10th International Symposium in Science and Technology 2015, Thailand (2015).
- (12) T. Sumiyoshi, Y. Yamai, K. Ishida, M. Shimizu, Z. Lintao, 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, MC-O-13, Thailand (2015).
- (13) R. Iiji, K. Ishida, Y. Nagaoka, T. Sumiyoshi, Intramolecular Macrocyclic Cyclization by Photo-affinity Reaction of Benzophenone with Alcohol, The 10th International Symposium in Science and Technology 2015, LS-P-5, Thailand (2015).
- (14) 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, LS-P-3, Thailand (2015).
- (15) 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, LS-P-4, Thailand (2015).
- (16) H. Ikeuchi, Psychology of Hoarding: From the Viewpoint of Animistic Thinking, The 11th Conference of Asian Association of Social Psychology, Philippine (2015).
- (17) K. Hamamoto, H. Ikeuchi, The Study of Selective Attention on Product Choice and Discussion about Future Study of Shelf Position, The 11th Biennial Conference of Asian Association of Social psychology, Philippine (2015).

国内学会

- (1) 楳畑智代, 山崎思乃, 片倉啓雄, 河原秀久, 小出芳栄, エノキタケ子実体由来熱水可溶性接着タンパク質の同定とその機能, 第67回日本生物工学会大会, 3P-110, 鹿児島 (2015).
- (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).
- (3) 高島望花, 篠永加奈, 河原秀久, 小池祥悟, 村田和巖, 北川学, 味噌成分中の味噌色素安定化剤の検索とその機能, 日本食品工学会 第16回(2015年度)年次大会, 2A5-08, 広島 (2015).
- (4) 袖岡優花, 田近正彦, 松原桂, 山本秀樹, Hansen溶解度パラメータを用いた炭酸カルシウムの表面特性及び印刷インキ用樹脂との親和性評価, 日本印刷学会 第134回秋期研究発表会, A-08, 京都 (2015).
- (5) 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, 化学工学会第47回秋季大会, ZC2P53, 北海道 (2015).
- (6) 袖岡優花, 松原桂, 堀場俊宏, 荒木貞夫, 山本秀樹, Hansen溶解度パラメータを用いた炭酸カルシウムの表面特性および分散性評価, 化学工学会第47回秋季大会, ZB2P52, 北海道 (2015).
- (7) 川村公人, 山本秀樹, 高精度粘度測定可能なレオメータの測定機構とその解析事例, 化学工学会第47回秋季大会, A215, 北海道 (2015).
- (8) 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, p53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, 28S-am10S, 神奈川 (2016).
- (9) 布袋彩葉, 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K-856の探索研究, 日本薬学会第136年会, 28S-am11S, 神奈川 (2016).
- (10) 平田弥久, 田中康晶, 吉本幸広, 竹森洋, 住吉孝明, 長岡康夫, グルタミン酸神経毒性に対するコウヤマキ由来ビフラボ

- ン類の保護作用, 日本薬学会第136年会, 27N-pm18S, 神奈川 (2016).
- (11) 米山千裳, 深田尚文, 住吉孝明, 長岡康夫, 多置換サリチル酸誘導体のメラニン産生抑制作用とその機構, 日本薬学会第136年会, 29Q-pm15, 神奈川 (2016).
 - (12) 相原浩人, 西村伶, 木村元気, 住吉孝明, 長岡康夫, IFN- β 発現遺伝子を用いたがん遺伝子治療に対するヒストン脱アセチル化酵素阻害剤の併用効果, 日本薬学会第136年会, 28O-am04, 神奈川 (2016).
 - (13) 米山千裳, 武富翔, 福本悠貴, 深田尚文, 住吉孝明, 長岡康夫, 多置換サリチル酸誘導体のメラニン産生抑制作用とその機構の解明, 第65回日本薬学会近畿支部総会・大会, C-10-5, 大阪 (2015).
 - (14) 平田弥久, 吉本幸広, 竹森洋, 住吉孝明, 長岡康夫, グルタミン酸の興奮毒性に対するピフラボン類の神経保護作用, 第65回日本薬学会近畿支部総会・大会, D-14-6, 大阪 (2015).
 - (15) 相原浩人, 西村伶, 木村元気, 住吉孝明, 長岡康夫, CDC6 ノックダウンによるがんの遺伝子治療とヒストン脱アセチル化酵素阻害剤の併用効果, 第65回日本薬学会近畿支部総会・大会, E-10-6, 大阪 (2015).
 - (16) 横尾達也, 北山真太郎, 住吉孝明, 長岡康夫, 酸化染毛剤による毛髪脂質の酸化とアルデヒド体の生成, 第65回日本薬学会近畿支部総会・大会, P-AM-4-28, 大阪 (2015).
 - (17) 西村伶, 相原浩人, 葛城美月, 福島悠也, 上里新一, 住吉孝明, 長岡康夫, インターフェロン β 遺伝子導入によるがん遺伝子治療に対するヒストン脱アセチル化酵素阻害剤の併用効果, 第65回日本薬学会近畿支部総会・大会, P-PM-3-13, 大阪 (2015).
 - (18) 木村元気, 相原浩人, 葛城美月, 福島悠也, 上條洋士, 住吉孝明, 長岡康夫, がん組織集積型HDAC阻害剤 ミセル化製剤の創製, 第65回日本薬学会近畿支部総会・大会, P-PM-3-43, 大阪 (2015).
 - (19) 田中康晶, 平田弥久, 玉野真子, 吉本幸広, 竹森洋, 住吉孝明, 長岡康夫, コウヤマキ葉から単離されたピフラボン類の神経保護作用の評価, 第65回日本薬学会近畿支部総会・大会, P-PM-4-12, 大阪 (2015).
 - (20) 山井悠介, 石田恭次, 周琳涛, 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, 1P-29, 大阪 (2015).
 - (21) 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, B-14-4, 大阪 (2015).
 - (22) 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, B-14-3, 大阪 (2015).
 - (23) 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(福岡大会), K11, 福岡 (2016).
 - (24) 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, 3-5-4, 北海道 (2015).
 - (25) 田坂英恵, 大藪博記, 池内裕美, CM提示タイミングと番組の感情価がCM評価に及ぼす影響, 日本グループ・ダイナミックス学会第62回大会, 09-04, 奈良 (2015).
 - (26) 池内裕美, アニミズムがホーディング傾向に及ぼす影響-日米比較の観点から-, 日本社会心理学会第56回大会, 07-04, 東京 (2015).
 - (27) 田坂英恵, 大藪博記, 池内裕美, CM提示タイミングと番組の感情価がCM評価に及ぼす影響, 日本社会心理学会第56回大会, 09-04, 東京 (2015).
 - (28) 池内裕美, モノの死を悼む心: モノ供養にみるアニミズム的世界観, 日本心理学会第79回大会(感じてしまう不思議: 文化とロボットから探るアニミズム), 愛知 (2015).

その他

・講演

- (1) 池内裕美, 苦情コミュニケーションの現状と課題: 法人営業における苦情・クレームの対処について, 株式会社ジーエークロッシング研修会, 大阪 (2016).
- (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).
- (3) 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~, 一般社団法人北海道損害保険代理業協会『公開講座』, 北海道 (2016).

- (4) 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～, パナソニック株式会社第3回消費者関連情報連絡会, 大阪 (2015).
- (5) 池内裕美, 衝動買いはなぜ起きるのか: ココロを動かす店舗のしかけ, 追手門学院大学「心理学総合科目2」, 大阪 (2015).
- (6) 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).
- (7) 池内裕美, 苦情対応の現状と課題: クレーマーの心理を探る!, トップ産業株式会社「商品開発と品質管理に関する勉強会」, 大阪 (2015).
- (8) 池内裕美, サービスマーケティングと顧客の対応: 感情労働者としての顧客の対応に関する学問的視点とは?, 2015年正統派美容室経営学研究会, 大阪 (2015).
- (9) 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北海道支部平成27年度企業・行政・団体と会員との交流会, 北海道 (2015).
- (10) 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).

・ワークショップ

- (1) 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)
- (2) 前田洋光, 秋山学, 池内裕美, 消費者行動における「時間」を問い直す, 日本社会心理学会第56回大会, 東京 (2015).

・新聞・TV報道

- (1) 池内裕美, 日本はクレーム社会その背景, 関西テレビ「ゆうがたLIVE ワンダー」コメント, 2016年1月8日放送.
- (2) 池内裕美, 「物欲」と上手につき合う, 中日新聞, 2015年9月5日付, 朝刊4面.

・その他刊行物

- (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食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).

私立大学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
研究分担者：河原 秀久・山本 秀樹・長岡 康夫・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、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の抽出を設計した。また、和歌山県特産の梅の製造過程から廃棄される梅のつけ汁（塩分20%）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に成功し、商品化された。

長岡はコウヤマキの葉由来でフラボン類の一種であるsciadopitysinに神経保護作用、具体的にはマウス大脳皮質神経細胞へのグルタミン毒性に対して強い保護作用があることを明らかにした。

河原は、味噌の粉末化の際に副生する焦げ味噌に、メイラード反応を阻害する物質を見出した。その成分は大豆の主要ポリフェノールであるダイゼインおよびゲニステインであると推定され、食品の加工や保存における褐変反応を制御する天然物質としての応用・商品化が期待できる。

住吉は抗ガン作用、抗肥満作用、抗酸化作用、抗炎症作用など様々な機能をもつカテキンの細胞膜透過性を改善するために、3位ヒドロキシ基をヘキサノイル化する

効率的な合成方法を見出した。また、一部のカテキンではIL-6産生抑制作用が増強されたことを示した。

山崎はバナナの外皮、ナスの葉、若ごぼうの非可食部などについて、マウスパイル板細胞を用いてIgA産生促進効果をマウス由来マクロファージ様RAW 264細胞を用いて抗炎症作用を調べた。その結果、ある廃棄物に抗炎症作用を見出した。

林は、黒酢もろみを原料として含窒素活性炭の製造を検討した。炭酸カリウムをはじめとする賦活剤を検討した結果、塩化亜鉛を賦活剤とすれば45.0 wt%の収率で1100 m²/gの比表面積を有し、窒素を2.54 wt%含む活性炭を製造することができた。

片倉は、残渣からのバイオエタノール生産を食品工場や加工場で行うことを考慮して、遺伝子組換えを用いない古典的な交雑育種によって、耐熱性とエタノール耐性を合わせ持つ酵母 (*Saccharomyces cerevisiae*) の造成に成功した。

池内は、ハンドクリームを対象として視覚刺激（色）と嗅覚刺激（香り）の一致／不一致が感情評価に及ぼす影響について検討し、両者から生じる感情が不一致の場合、視覚刺激に対する処理が優先されるが、一致しているからといって、必ずしも効果が最大になるとは限らないことを明らかにした。

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20 wt%）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。和歌山県と田辺市の後援を受け、農業法人「株式会社きてら」が実生産して進物用として商品化された。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。河原は、エノキダケ由来の接着タンパク質エキスを株式会社KUNAI

*1 化学生命工学部教授 農学博士

から製品化し、らぼぽぽベーカリー（白ハト食品工業株式会社）から「おいもぬくもりパン」が発売された。また、株式会社おびなたから、エキス入りそばが発売され、関西大学のレストランルココで提供されている。さらには、酒粕由来のバイオフィラクタンが大関株式会社から製品化されている。

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

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）の生体調節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、高純度の目的物質を得るためにはコスト高になることが多く問題である。このような社会的背景から、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おり、本研究では、この技術開発を和歌山県田辺市と連携して行った。蜜柑などの柑橘類にはモノテルペン類のlimonene、フラボノイドのhesperidin、水溶性食物繊維のペクチン類、リモノイド類などの様々な抗酸化物質が含まれている。本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（HSP値）¹⁾を用いた天然由来の機能性物質の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。一例として蜜柑の種皮から、がん細胞の増殖抑制、アポトーシス誘導、解毒酵素の合成促進といった効果があると報告されているd-limonene（Fig. 1）の抽出分離について検討した。



Fig. 1. d-Limonene

2.2. 実験結果および考察

(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_d が最小となる組成比を求めた。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_d 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. 2に示す。Fig. 2について R_d 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_d 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。これらの結果より、d-limoneneとの R_d 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出来ると考えられる。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。

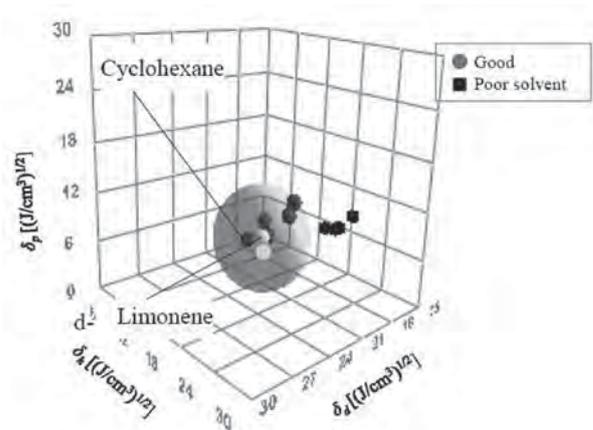


Fig. 2. Hansen solubility sphere method

(2) 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「株式会社きてら」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%）と蜜柑種皮から抽出した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に成功した。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 の梅蜜柑塩が得られた。Fig. 3a, bは生成した梅蜜柑塩とその製品である。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。梅蜜柑塩の他にも蜜柑の皮と梅エキスを混合することにより梅蜜柑ペースト Fig. 3cを生成した。本研究は食品加工工程から排出される食品廃棄物の有効活用にも役立つと考える。

*2 環境都市工学部教授 博士（工学）

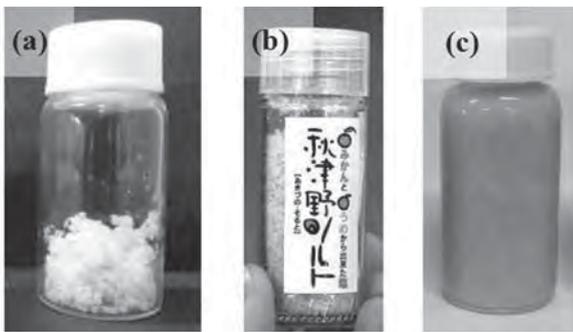


Fig. 3. 梅と蜜柑エキスから製造した製品
(a)・(b) 梅蜜柑塩, (c) 梅蜜柑ペースト

3. コウヤマキ由来フラボン類Sciadopitysinの神経保護作用

長岡康夫*³

3.1. 神経変性疾患と神経保護作用

神経変性疾患は、神経系において進行性の機能不全を引き起こすことにより、認知障害や運動障害の原因となる。特に、我が国では急速な高齢化の進展により、アルツハイマー病やパーキンソン病などの神経変性を主因とする中枢性疾患の患者数が増加しており、これらの疾患に対する治療薬や予防薬の開発が求められている。しかしながら、これらの疾患に対して、現在まで開発されてきた治療薬の多くは、中枢での神経伝達に関与することにより対症的に作用するものが多く、神経の変性を抑制することを主査用とするものは、ほとんど無い。一方、天然の抗酸化物質であるフラボノイド類に代表されるポリフェノールの幾つかには、神経保護作用が認められている²⁾。

我々は、フラボノイドの一群であるフラボン類の生理活性について調べてきた³⁻⁵⁾。その中で、コウヤマキ (*Sciadopitys verticillata*) の葉由来で、フラボン類の一種であるsciadopitysin (Sci) (Fig. 4) に神経保護作用があることを見出したので、その作用の特性について解説する。

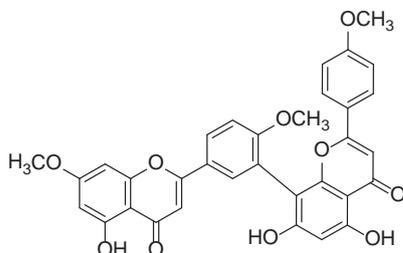


Fig. 4. Sciadopitysin (Sci) の構造

3.2. マウス大脳皮質由来細胞へのグルタミン酸神経毒に対する保護作用

脳梗塞等で引き起こされる虚血性の神経変性におい

て、細胞外に高濃度で存在するグルタミン酸 (Glu) が、神経毒として作用することが知られている。Gluは、アルツハイマー病患者などの脳にも高濃度で存在することが知られており、Glu受容体の一つであるNMDA受容体の阻害剤がアルツハイマー病の治療薬としても用いられている。

そこで我々は、NMDA受容体を発現しているC57BL6/J胎児マウス大脳皮質由来の培養神経細胞に対するGlu毒性の抑制を指標にした神経保護作用の評価を行った。その結果、Gluによる細胞障害がSciの投与により、抑制されることが示された (Fig. 5)。

神経細胞のGlu毒性は、過剰なNMDA受容体刺激による細胞内Ca²⁺濃度の急激な上昇に起因することがわかっている。そこで、神経細胞に過剰なGluを投与した場合の細胞内Ca²⁺濃度の上昇に対するSciの影響を調べた。その結果、Glu刺激で引き起こされる細胞内Ca²⁺濃度の上昇がSci (20 μM, 24 h) の添加により、顕著に抑制されることがわかった。この抑制効果と同濃度同条件で比較すると、既存のNMDA受容体阻害剤であるMK-801 (dizocilpine) や非NMDA受容体の阻害剤である6,7-dinitroquinoxaline-2,3-dione (DNQX) よりも高いことが明らかになった (Fig. 5)。

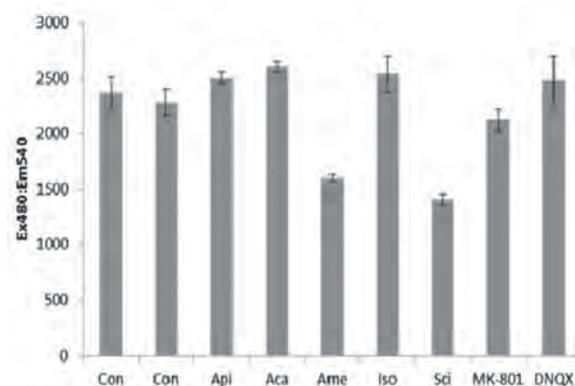


Fig. 5. 過剰なGlu刺激による細胞内Ca²⁺濃度上昇に対するフラボン類 (Sciを含む) や既存のGlu受容体阻害剤の影響

次に、Sciの神経保護効果の機構を解明するため、Sci投与後に活性化される神経保護関連細胞内因子を調べた。その結果、Sci投与 15~18 分後にERKのリン酸化、1~3 時間後にはCREBのリン酸化が上昇していることが示された (Fig. 6)。また、12~48 時間後に神経成長因子であるBDNFの発現量が増加していた。BDNFに関しては、ELISA法による測定で細胞外濃度の上昇も観測されたことから、傍分泌による保護作用が働いたことが示唆された (Fig. 7)。さらに、15~180 分後にはAktのリン酸化と 1~6 時間後にはFoxOのリン酸化が促進されたことから、抗アポトーシス作用が働いた可能性が示された。実際に、アポトーシスの指標となるcleaved

*3 化学生命工学部教授 博士 (薬学)

caspace-3 の発現量は、Sciの前処理により減少した。

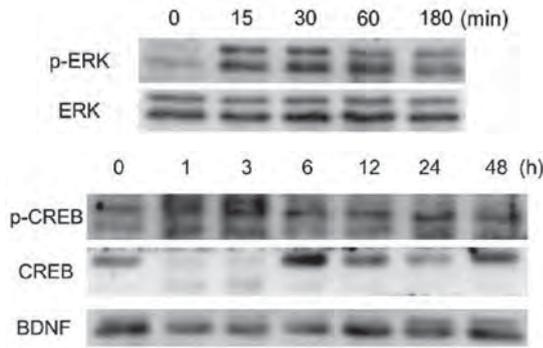


Fig. 6. Sci投与によるERK及びCREBのリン酸化上昇とそれと関連したBDNF発現上昇

最後に、Glu毒性による神経突起形成の抑制に対するSciの効果を免疫蛍光染色した細胞の蛍光顕微鏡を用いた観察により評価した。その結果、神経細胞の突起伸長はGluの過剰投与により顕著に抑制されたが、Sciの投与によりその抑制が改善された。

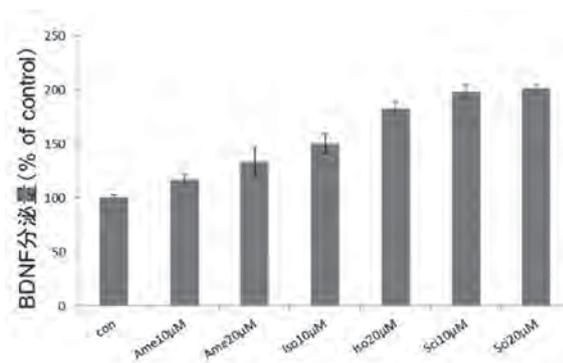


Fig. 7. ELISA法による細胞外BDNFの定量

3. 3. 結論

以上、我々は天然由来ビフラボン類の一種であるSciが、マウス大脳皮質神経細胞へのGlu毒性に対して強い保護作用を示すことを明らかにした。この作用は、神経毒性の原因となる細胞内Ca²⁺濃度上昇の抑制、神経成長因子BDNFの発現及び分泌促進、抗アポトーシス活性の作用が合わさって効果を示すと考えられる。

4. 焦げ味噌由来メイラード反応阻害物質の構造とその機能解析

河原秀久^{*4}

4. 1. 日本における加工食品廃棄物について

食品加工廃棄物や食品廃棄物は、年々増加しており、特に食品卸売業者やコンビニエンスストアでの商品の廃棄における分別の問題も大きな課題である。食品リサイ

*4 化学生命工学部教授 学術博士

クル法に従って、食品加工業者における加工残渣の廃棄物の処理では、焼却処理による廃棄物処理費用よりも食品循環資源化の費用の方が高くなっており、大部分は焼却処分されているのが現状である。この現状を打開するためには、食品加工残渣のこれまでに報告のない新たな機能性を見出すことが重要である。

味噌は日本特有の発酵調味料の一つであり、全国で46万トン製造されており、2015年の輸出量は1万4千トンにまでなっている。国内外市場および海外工場においては、粉末味噌の製造も増えており、その増加に伴って、粉末焦げ味噌（温風乾燥による褐変）が利用用途のないために廃棄される量も増えてきている。

味噌は淡色味噌、赤みそ、白みそなど色によって分類される場合もあるが、この色は製造工程の違いによって生産されている。この色の相違は、糖とアミノ酸の反応で起きるメイラード反応で起きたメラノイジン色素量によって決まってくる。しかしながら、このメラノイジン色素生成は製造販売された味噌および醤油において、空気に触れる部分に徐々に起きており、味噌の変色、醤油の褐変が商品の品質安定化の妨げとなっている。このメラノイジン色素生成の制御は、加工食品メーカーの解決すべき課題となっている。

そこで本研究室では、味噌および醤油などのメラノイジン主成分の一つであるグリシン-キシロース系の反応物の抑制効果を指標にして、種々の食品加工廃棄物の抽出物の検索を行った。その結果、前述した焦げ味噌由来の抽出物が抑制効果を示すことを明らかにした⁶⁾。この抽出物中のどの化合物が抑制効果を示すのかを検討した。

4. 2. メラノイジン色素について

メラノイジンは、トーストを焼いたり、タマネギを炒めたり砂糖を鍋で焦がした時にアミノ酸と糖質が結合してできる褐色の物質である。この褐変の反応を最初に報告したのがMaillard⁷⁾であるためにメイラード反応と呼ばれている。長時間の加工工程がある醤油や味噌もメイラード反応によってメラノイジンをつくり出す。メラノイジンは食品の風味や味わいに関わる要素で、抗酸化作用や便秘予防効果を持つ一方、多く生成されすぎると食品の風味を損なうことから、その変色の度合いは、食品の加工後の品質低下の指標としても使われる。この反応初期においては、非酵素的褐変の生産物である蛍光発色する蛍光性化合物が生成し、その後この化合物が高分子化することによって高分子量のメラノイジン色素となる。

4. 3. 焦げ味噌成分のメイラード反応阻害効果

未利用資源 10 gを十分に乾燥、ミキサーで粉碎した。これを円筒濾紙に入れ、ソックスレー抽出器の中間の位

置にセットした。エタノール 150 mlを下部のフラスコにいれ、ソックスレー抽出を 60℃で 48 h加熱した。メイラード反応阻害効果は、醤油 10 mlに対して、試料を 1%添加して、色の変化を指標にして行った。試料は室温保存した後、色の変化は色彩色差計（コニカミノルタ製、CR-5）で測定した。色の濃淡L*値に着目し、変化を観察し、以下の式1を用いて、濃淡安定率（%）を算出した。

$$\text{色濃淡安定率(\%)} = 100 - \left(\frac{0 \text{ 日目のL*値} - X \text{ 日目のL*値}}{0 \text{ 日目のL*値}} \times 100 \right) \dots \text{式 1}$$

なお、L*値は、淡い色ほど高い値を示し、濃い色ほど低い値を示す。このため本試験では、高いL*値を保っているほど効果が高いとした。

その結果、焦げ味噌エタノールエキスを添加した醤油の色は、ブランクよりも色の濃淡安定率が 10%以上高いことがわかった。このことから、焦げ味噌中に醤油や味噌のメラノイジン色素生成を抑制する成分があることが明らかになった。そこで、醤油のメラノイジン色素の主反応である各濃度 0.1 M D-xyloseと glycineを含む 67 mMリン酸緩衝液（pH 7.2）を指標にした。この反応は、恒温恒湿度器を用いて温度 60℃、湿度 50%で 48 時間インキュベートした。メイラード反応後期生成物質である経口性色素である AGEsの生成阻害率を算出した（X, X'': 順に試料、0 hの試料、ブランク、0 hのブランクの蛍光強度）。なお、励起波長 390 nm、蛍光波長 450 nmであった。

$$\text{阻害率(\%)} = \left\{ 1 - \frac{X - X''}{Y - Y''} \right\} \times 100$$

さらに、高分子化したメラノイジンの色素変化ΔLは色彩色差計で測定した（L*値の 0 日目と 2 日目の値の比較）。

エタノール抽出画分は、シリカゲルクロマトグラフィー（シリカゲル 60, 70-230 mesh）によるオープンカラムによって、極性の相違により分画を行った。ヘキサン100%溶出からクロロホルム：メタノール：水=5：5：1.5（v/v/v）溶出まで 10 段階の極性の変化した溶出液で分画を行った。その結果、ヘキサン：酢酸エチル=1：1（v/v）画分にグリシン-キシロース系のメラノイジン色素生成に関して高い抑制効果がみられた。つまり、画分 0.5 mg使用で、AGEs阻害率は 27%であった。さらに、高分子化指標であるΔLは 53.3 となり、無添加のΔLは 55.5であるので抑制効果を確認できた。この結果から、焦げ味噌由来エタノール抽出物のある特定の化合物がメイラード反応を阻害していることが判明した。

4.4. 焦げ味噌由来メイラード反応阻害物質の構造解析

シリカゲル分画して得られた活性画分は、Sephadex LH20 を用いたゲルろ過クロマトグラフィーによって分画を行った。紫外吸収を示したので、254 nmの吸収を指標にして分画した。その結果、Fig. 8に示したように二つのピークに分離することができた。溶出量 210 mlはピーク 1、溶出量 280 mlはピーク 2として、両ピークのAGEs生成阻害活性とメラノイジンの高分子化の指標になるΔL値について分析を行った。その結果、AGEs生成阻害活性では、ピーク 1は53%、ピーク 2は3.2%となった。一方、ΔL値では、ピーク 1は52.8、ピーク 2は53.3となった。分画前のサンプルのΔL値（53.3）とほぼ同じであったので、初期反応はピーク 1の化合物、高分子化の反応はピーク 1およびピーク 2の化合物で活性を示していると予測できた。

両ピークの化合物とも、TLC分析において、ワンスポットであったので、LC-MS分析およびH-NMR分析を行った。その結果、ピーク 1の分子量は 254、ピーク 2の分子量は 270 となり、NMR分析の結果から、ピーク 1はダイゼイン、ピーク 2はゲニステインであるとほぼ同定している。

現在、市販試薬を用いた阻害効果の確認と混合物中の両化合物比について明らかにし、阻害効果のメカニズムについても検討を行っている。

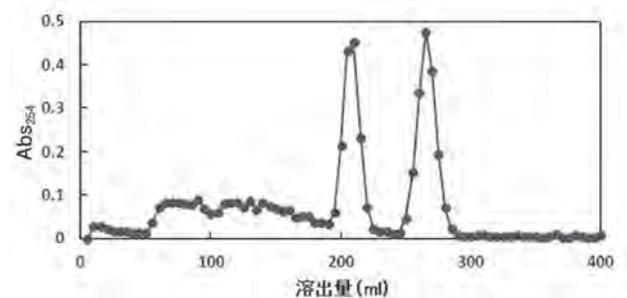


Fig. 8. ゲルろ過クロマトグラフィー

4.5. 展望

今回、焦げ味噌成分中に食品の褐変反応の抑制剤として、大豆の主要ポリフェノールであるダイゼインおよびゲニステインの混合比であることが明らかになった。焦げ味噌エタノール抽出物のシリカゲルクロマトグラフィーによる分画サンプルでは他の機能性成分についても検討を行っている。

5. カテキンの化学修飾による高機能化

住吉孝明*⁵

5.1. 緒言

ポリフェノール的一种であるカテキンは、種々の生理活性を有することが知られている。特に、緑茶に含まれる epicatechin (EC)、epigallocatechin (EGC)、epicatechingallate (ECG)、epigallocatechin gallate (EGCG) の4つのカテキンは緑茶の健康増進作用の主角と考えられる (Fig. 9)。これらのカテキンには、抗ガン作用、血圧上昇調節作用、抗菌・抗ウイルス作用、抗肥満作用、抗酸化作用、抗炎症作用などの生理活性を有することが報告されており、健康食品等への応用が期待される。しかしながら、カテキン類は親水性のヒドロキシ基 (-OH基) を分子内に多く含んでいるため、細胞膜透過性が低く、生体内に取り込まれにくい。しかしながら、カテキン類を大量服用すると肝毒性の懸念があることから、吸収性の改善が望まれている。

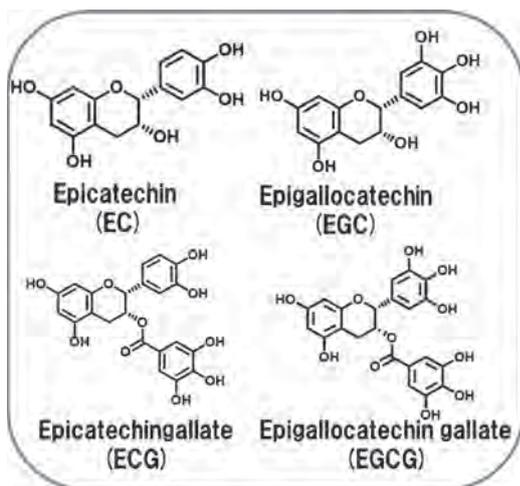


Fig. 9. 緑茶に含まれる主なカテキン類

5.2. カテキンの化学修飾による高機能化

本研究は、カテキン類の低細胞膜透過性を改善すべく、脂肪酸とのエステル化によって脂溶性を高めるカテキンプロドラッグの合成方法の確立と評価を目的とし、研究に着手した。具体的には、抗酸化作用に直接寄与しないと考えられるカテキン類の3位水酸基を、脂肪酸で選択的にエステル化して脂溶性を高め、プロドラッグ化する合成方法の開発に取り組んだ。得られた目的化合物は細胞膜を通過して体内に取り込まれた後に、生体内に存在するエステラーゼで脂肪酸エステル部位が加水分解され、カテキンが生成する。

5.3. カテキン3位のエステル化法の開発

(+)-catechin(1)をDMF溶媒中で炭酸カリウム存在下、臭化ベンジル2と反応させ、24時間攪拌した。2-propanolで再結晶し、収率45%で化合物4を得た。次に、化合物4をTHF用溶媒中でトリアルアミン存在下、ヘキサン酸クロリド3と反応させ、24時間攪拌した。シリカゲルカラムクロマトグラフィーで精製し、化合物5を80%の収率で得た。最後に、化合物5をメタノール/酢酸エチル溶媒中で水素雰囲気下、Pd/C存在下で24時間攪拌した。シリカゲルカラムクロマトグラフィーで精製し、化合物6を41%の収率で得た (Fig. 10)。

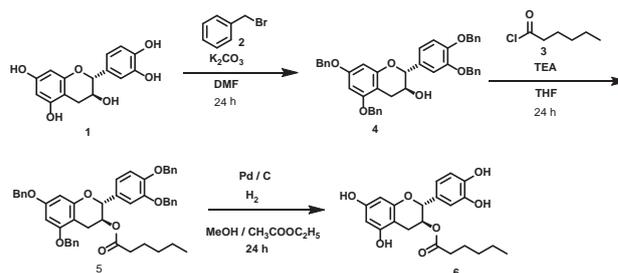


Fig. 10. カテキン3位選択的アシル化法

5.4. 合成化合物の抗炎症作用評価

これら合成品の生理活性を検証するため、抗炎症作用を評価した。具体的には、マクロファージ様細胞RAW264を大腸菌由来リポ多糖 (LPS) で刺激することで誘導されるIL-6をELISA法により定量した。化学修飾を行っていない(+)-catechin、化合物4、化合物5、化合物6の抗炎症作用を評価したところ、LPS刺激により誘導されるIL-6が、全ての化合物で濃度依存的に低下した。

5.5. 考察

カテキンの低細胞膜透過性を改善するために3位ヒドロキシ基をヘキサノイル化する効率的な合成方法を見出した。興味深いことに、(+)-catechin(1)に種々の置換基を導入した化合物群4~6は、元の化合物に比べて強いIL-6産生抑制作用を示した。今後、細胞膜透過性を評価する予定である。高い吸収性と強い抗炎症作用を有する新規カテキン誘導體を見出すことができれば、健康食品等への応用が期待できる。

*5 化学生命工学部准教授 博士 (薬学)

6. 免疫調節作用をもつ廃棄農産物由来成分の探索

山崎(屋敷)思乃^{*6}、橘田浩二^{*7}、片倉啓雄

6.1. 緒言

健康志向の高まりから、トクホ（特定保健用食品）や機能性表示食品などの保健機能食品を積極的に摂取する消費者が増えている。本研究では、廃棄されている農産物に健康の維持増進に関わる機能性を有する成分を見出すことで、高付加価値を付与することを目的としている。中でも、経口摂取した成分が直接作用する腸管には全身の免疫細胞の60%が集中し、腸管免疫系が発達していることから、農産物に含まれる成分に適度な免疫系の活性化や過度な炎症の抑制などの免疫調節作用を見出すことができれば、食餌成分による免疫系の制御が可能となり、健康の維持増進に非常に有用である。

本年度は、評価対象の廃棄農産物アイテムをさらに増やし、大阪府八尾市にて栽培され、冬期に廃棄量が増える「若ごぼう」をはじめとした廃棄農産物からエキスを抽出し、*in vitro*評価系において、腸管免疫系を活性化させる成分および炎症を抑制する成分のスクリーニングを行った。

6.2. 実験

(1) 廃棄農産物の熱水抽出

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。乾燥試料5gにイオン交換水100mlを加え、pH 2、6およびpH 10に調整しながら、それぞれ100℃にて90分間熱水抽出した。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、エキスを乾燥後、重量を測定することで算出した。

(2) 腸管免疫系の活性化作用の評価系

腸管免疫系の活性化の指標として、免疫グロブリン(Immunoglobulin ; Ig) MおよびIgA抗体の産生増強を評価した。パリエル板細胞は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、パリエル板を採取した。パリエル板細胞は、パリ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、100 U/mlのペニシリン、100 μg/mlストレプトマイシンおよび55 μMの2-メルカプトエタノールを含むRPMI培地を用いた。パリエル板細胞に所定濃度で各種エキスを添加した後、96穴プレートに1.0×10⁵ 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。

(3) 抗炎症作用の評価系

抗炎症作用の指標として、大腸菌由来リポ多糖(lipopolysaccharide ; LPS)の刺激により誘導される炎症性サイトカインIL-6を評価した。マウス由来マクロファージ様RAW 264細胞は10%ウシ胎児血清、100 U/mlのペニシリンおよび50 ng/mlストレプトマイシンを含むDMEM培地中にて維持した。RAW 264細胞を96穴プレートに1.0×10⁵ 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500 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細胞を96穴プレートに1.0×10⁵ 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

廃棄農産物については、廃棄量、入手しやすさ、安全性の観点から選定し(Table 1)、熱水抽出エキスの評価を行った。まず、腸管免疫系では抗体が生体防御に重要であることから、病原体などの異物に対する初期の応答に必須なIgMと、細菌やウイルスに結合して上皮細胞への感染を防御するIgAの産生の増強作用を評価した。その結果、いずれの熱水抽出エキスにも有意な抗体産生増強作用は確認できなかった。ただし、ある廃棄物XのpH2および6で抽出したエキスについては、ネガティブコントロールより抗体産生を顕著に抑制し、抗炎症作用がある可能性が示唆された。

Table 1. エキス抽出に使用した廃棄農産物とその部位

若ごぼうの葉	大根の葉
若ごぼうの軸	キャベツの芯
若ごぼうの根	ナスの葉
バナナの外皮	大根の葉
かぼちゃの種子	廃棄物X

一方で、近年、過剰な炎症は生体組織の損傷や機能の低下のみならず、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⁸⁾。炎症時には、tumor necrosis factor (TNF)-αやIL-6などの炎症性メディエーターがマクロファージから産生されることから、マクロファージ様細胞RAW 264を大腸菌由来リポ多糖で刺激することで誘導されるIL-6を指標とし、熱水抽出エキスによるIL-6産生抑制作用を評価した。その結果、ある廃棄物XのpH2および6で抽出したエキスに有意なIL-6産生抑制作用を確認した。さらに、本エキスには細胞毒性が見られなかったことから、本エキス

*6 化学生命工学部助教 博士(工学)

*7 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

のIL-6の抑制作用は、LPSのシグナル伝達が直接阻害されたことによるものであると考えられた。

6.4. 結言

廃棄農産物から熱水抽出したエキスの腸管における抗体産生増強作用および抗炎症作用を評価し、ある廃棄物Xに抗炎症作用を見出した。今後、本エキスの分画を行い、抗炎症作用を有する成分を同定するとともに、マウス個体レベルでの抗炎症作用についても検証する。これにより、「食」を介した免疫系の制御の可能性を明らかにしていきたい。

7. 黒酢もろみを原料とした含窒素活性炭の製造

林順一*⁸

7.1. 緒言

活性炭は吸着剤としてよく知られており、様々な産業で分離精製操作に用いられている。最近では、キャパシタやガス吸蔵剤などのエネルギーデバイスとしても注目されている。活性炭は、ほぼ炭素で構成されており、その表面は疎水性である。しかし、この中に窒素が含まれると表面の親水性が増す。このように、窒素を含む活性炭は従来の活性炭と異なる特性を有することが期待できる。

窒素を含む活性炭の製造には窒素を含む原料を用いることが考えられる。窒素を含む原料として、本研究では粉末黒酢もろみ（福山黒酢株式会社提供）を用いた。もろみは、麴を含んでいるため窒素を含む原料となる。そこで、ここでは黒酢もろみを原料とし、種々の賦活方法で活性炭を製造し、製造条件が細孔構造に及ぼす影響、窒素含有量に及ぼす影響について検討した。

7.2. 実験

(1) 原料

原料として用いた粉末黒酢もろみの元素分析値をTable 2に示した。

Table 2. もろみの元素分析値

	Elemental analysis [wt% (d.b.)]			
	C	H	N	O (diff.)
Moromi	56.56	8.28	2.30	32.86

(2) 活性炭の製造

活性炭の製造は炭酸カリウム、塩化亜鉛、リン酸を賦活剤として用いる薬品賦活法によって行った。まず、もろみに賦活剤を含浸した。炭酸カリウム、塩化亜鉛を用いた場合、含浸率を1.0、リン酸を用いた場合には2.0とした。炭化・賦活条件は窒素气流中で昇温速度10℃/min

*8 環境都市工学部教授 博士(工学)

で所定の炭化・賦活温度400~800℃まで昇温し、その温度で1時間保持の後、室温まで冷却して炭化物を得た。この得られた炭化物を炭酸カリウムを賦活剤に用いた場合には熱水で、塩化亜鉛、リン酸を賦活剤に用いた場合には、1.00 mol/Lの塩酸および熱水を用いて炭化物中に残留している賦活剤を除去した。その後、乾燥して活性炭を得た。

(3) 炭化物の物性

• 細孔構造

得られた各炭化物に対する液体窒素温度における窒素吸着等温線を定容式吸着量測定装置BELSORP-mini（マイクロトラック・ベル製）を用いて測定し、BET式を適用して比表面積を求めた。また、相対圧0.10における吸着量からマイクロ孔容積を相対圧0.95と0.10における吸着量の差からメソ孔容積を求めた。なお、測定前に試料の表面の洗浄のために200℃で2時間脱気処理を行った。

• 元素分析

活性炭の元素分析値（C, H, N, O）を全自動元素分析計2400II（パーキンエルマー社製）を用いて乾量基準で求めた。

7.3. 結果と考察

(1) 炭化・賦活温度、賦活剤の比表面積への影響

Fig. 11に炭化・賦活温度、賦活剤が比表面積に及ぼす影響について示した。

炭酸カリウムを賦活剤に用いた場合、炭化・賦活温度の上昇に伴い、比表面積が大きくなっている。特に、600℃を越えると急激な比表面積の増加が見られた。塩化亜鉛を賦活剤に用いた場合、500℃までは比表面積が増加するが、それ以上の炭化・賦活温度では温度の上昇に伴い、比表面積が緩やかに減少している。リン酸を賦活剤に用いた場合、比表面積の変化の傾向は塩化亜鉛の場合と似ており、600℃で比表面積が最大となった後、緩やかに比表面積は減少している。このように、炭酸カ

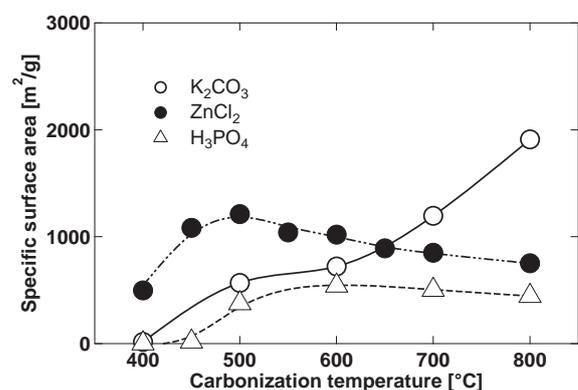


Fig. 11. 炭化・賦活温度、賦活剤が比表面積に及ぼす影響

リウム、塩化亜鉛を用いた場合には、比表面積が1000 m²/gを越える活性炭を製造することができた。特に、炭酸カリウムを用いた場合は2000 m²/g近い大きな比表面積を有する活性炭を製造できた。

(2) 炭化・賦活温度、賦活剤の細孔容積への影響

Fig. 12 に炭化・賦活温度、賦活剤が細孔容積に及ぼす影響について示した。

炭酸カリウムを賦活剤に用いた場合は、炭化・賦活温度の上昇に伴い細孔容積が増加している。特に600～800℃の間で大きく増加していることがわかる。塩化亜鉛を賦活剤に用いた場合は450℃で細孔容積が大きく増加し、その後緩やかに減少していることがわかる。リン酸を賦活剤に用いた場合は450～500℃の間で細孔容積が大きく増加し、600℃で最大となった後、徐々に小さくなっていることがわかる。収率については炭酸カリウ

ムを賦活剤に用いた場合、500℃で18.0 wt%であったが、800℃では4.51 wt%と大きく減少している。つまり、揮発分の生成によって細孔容積、比表面積が大きくなっていると考えられる。これに対して、塩化亜鉛、リン酸を賦活剤として用いた場合、炭化・賦活温度が500、600℃までは減少するが、それ以降の収率の変化はあまり見られず、ほぼ45.0 wt%であった。このように、塩化亜鉛、リン酸を賦活剤として用いると比表面積は炭酸カリウム賦活の場合よりも小さいが、高い収率で活性炭が得られることがわかった。また、500、600℃以上で収率の変化がほぼないことから、塩化亜鉛、リン酸を賦活剤として用いた場合、熱収縮によって細孔容積、比表面積が減少したと考えられる。

Table 3 に得られた活性炭及び、もろみ炭化物の元素分析値をまとめた。

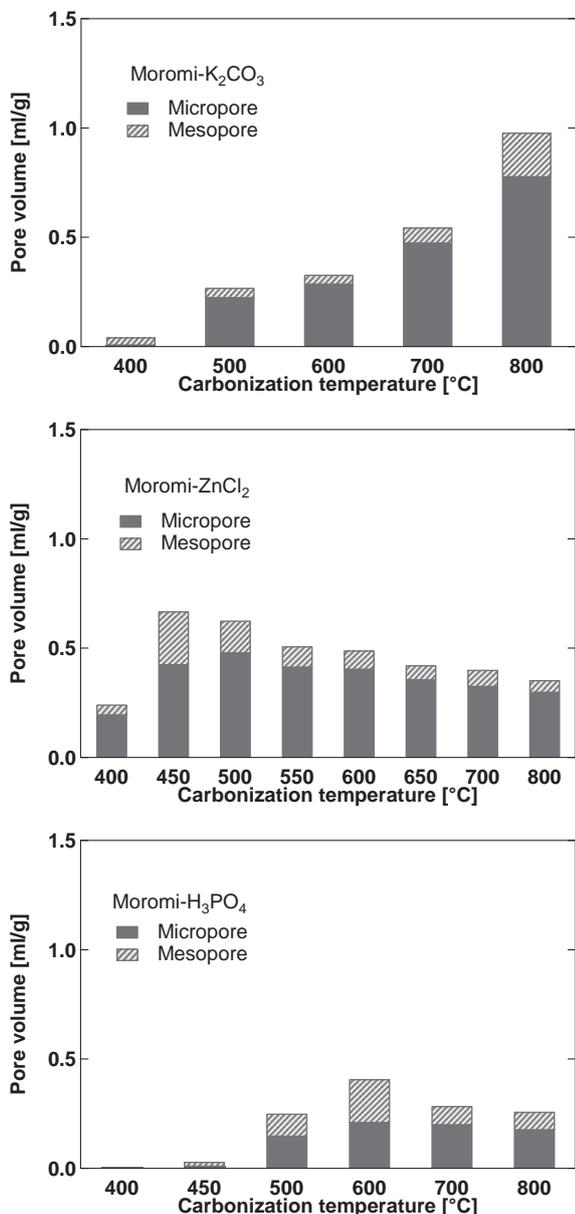


Fig. 12. 炭化・賦活温度、賦活剤が細孔容積に及ぼす影響

Table 3. 活性炭の元素分析値

Carbonization temp. [°C]	Elemental analysis [wt% (d.b.)]				
	C	H	N	O (diff.)	
K ₂ CO ₃	400	78.01	4.79	2.77	14.43
	500	75.13	1.31	3.07	20.49
	600	78.00	1.15	2.68	18.17
	700	78.47	0.63	1.45	19.45
	800	87.26	0.64	0.33	11.77
ZnCl ₂	400	79.77	1.87	2.67	15.69
	500	81.80	2.29	2.54	13.37
	550	82.30	1.64	2.63	13.43
	600	84.49	1.53	2.88	11.10
	700	85.75	1.34	2.83	10.08
H ₃ PO ₄	400	67.34	2.84	1.64	28.18
	450	70.20	2.31	1.32	26.17
	500	70.77	1.80	1.02	26.41
	600	77.15	1.43	1.24	20.18
	700	78.88	0.70	1.23	19.19
Moromi	800	87.77	0.71	2.83	8.69
	500	77.28	3.36	5.82	13.54
	600	81.76	1.98	5.64	10.62
	700	82.75	1.25	5.11	10.89
	800	83.60	0.98	4.73	10.69
900	84.40	0.73	4.30	10.57	
1000	87.07	0.59	3.30	9.04	

(3) 活性炭の元素分析値

賦活していない、もろみ炭化物の窒素含有量は炭化温度の上昇に伴い減少している。炭酸カリウムを賦活剤に用いた場合、窒素含有量は炭化物よりもかなり小さく、炭化・賦活温度700～800℃の間で含まれる窒素がほとんど散逸し、比表面積が最大となる炭化温度800℃では0.33 wt%しか含まれていなかった。塩化亜鉛を賦活剤とした場合、窒素の含有量が2.5～2.9 wt%の間でほぼ一定であった。この値は、もろみ炭化物の窒素含有量よ

りも少ないが、用いた賦活剤の中で最も含有量が多かった。リン酸を賦活剤に用いた場合は、窒素含有量は塩化亜鉛の場合より少なく、炭酸カリウムの場合より多い結果となった。

以上のことから、炭酸カリウムを賦活剤に用いた場合には、比表面積は2000 m²/g近くの大きな値が得られたが、収率が4.51 wt%と低くなり、窒素含有量も非常に低い値となった。リン酸を賦活剤に用いた場合は窒素を含むが、比表面積が600 m²/g以下と小さな結果となった。塩化亜鉛を用いた場合には、比表面積が1000 m²/gを越え、収率が45.0 wt%程度で得られ、比表面積が最大となる炭化・賦活温度も500℃と炭酸カリウムと比べて低い温度で製造できた。また、窒素含有量も炭化物よりは少ないが、今回の賦活剤の中では最大となった。

7.4. 結言

黒酢もろみを原料として含窒素活性炭を製造するには、塩化亜鉛を賦活剤に用いた薬品賦活法によって、炭化・賦活温度500℃で45.0 wt%の収率で1100 m²/gの比表面積を有する活性炭を製造することができた。この活性炭は窒素を2.54 wt%含むことがわかった。

8. バイオエタノール生産に適した酵母の交雑による育種 片倉啓雄

8.1. 緒言

バイオエタノール生産に用いる微生物には、蒸留コストと設備費の低減の観点からエタノール耐性が、冷却コストと酵素コストの低減の観点から耐熱性が、リグノセルロース系バイオマスを原料とする場合は収率向上の観点からペントース発酵能が求められるが、これら全てを兼ね備えた微生物はまだ報告されていない。

これまでに、清酒酵母ではストレス応答に関与する制御遺伝子*LIM15*をホモで欠失させると、エタノール濃度が高くなっても比生産速度が低下せずエタノール耐性を付与できることが知られている⁹⁾。また、*Kluyveromyces marxianus*が42℃を超える環境でもエタノールを生産できることが知られており¹⁰⁾、原島らは*Saccharomyces cerevisiae*の耐熱性には6つの遺伝子が関与することを明らかにしている¹¹⁾。ペントース発酵については、*Pichia*属、*Candida*属の酵母にキシロース発酵能を持つものがあるが¹²⁾、耐熱性もエタノール耐性も十分とは言えない。キシロースを発酵する酵母では、キシロースがまずキシロースレダクターゼ(XR)によってキシロースに、キシロースがキシロースデヒドロゲナーゼ(XDH)でキシロースに、さらに、キシロースがキシロースキナーゼ(XK)によってキシロース-5-リン酸

に変換され、その後、ペントースリン酸経路から解糖系に入ってエタノールに変換される¹³⁾。エタノール発酵に汎用される*S. cerevisiae*では、ほとんどの株がXR、XDH活性を持たず、多くの株でXK活性も微弱であるため、キシロースを発酵することができない。他の微生物のXR、XDH遺伝子、あるいはキシロースイソメラーゼを組み込んだ*S. cerevisiae*も造成されているが^{13,14)}、工業スケールのバイオエタノール生産において、拡散防止措置を講じて組換え体を扱うことは容易ではなく、仮に講じることができたとしても、本プロジェクトで目指す六次産業化において、食品工場で組換え体を扱うことは事実上不可能である。

そこで本研究では、古典的な交雑育種によってバイオエタノールに適した酵母を育種した。*S. cerevisiae*は α もしくは α の性を持ち、異なる性をもつ1倍体が接合すれば接合子を形成して2倍体となる。2倍体も1倍体と同様に栄養増殖するが、貧栄養状態になると減数分裂して1倍体の胞子を4つ作るため、この生活環を利用した交雑育種が可能である。しかし、実用酵母の多くは高次倍数体であったり、胞子の形成もしくは発芽能を欠失しているため、通常の交雑育種を行えない。ところが、 a/α の2倍体は 10^{-5} ~ 10^{-6} の頻度で性転換し、 a/a もしくは α/α となり、異なる性をもつ1倍体と接合することができる。この現象をレアメーティングと言い¹⁵⁾、得られた3倍体に再度1倍体をレアメーティングすれば4倍体を作製することができ、この4倍体に胞子を形成させれば、エタノール耐性のように劣性の優良形質をもつ酵母を育種することもできる。

そこで本研究では、エタノール耐性と耐熱性を兼ね備えた*S. cerevisiae*、および、キシロースを発酵できる*S. cerevisiae*を育種する。

8.2. 材料と方法

NBRC、酒類総合研究所などの公的バンクまたは機関から購入した酵母、共同研究先から提供された酵母、大阪大学大学院工学研究科の金子嘉信教授から提供された*S. cerevisiae*計157株を用いた。胞子離はRockmillの方法¹⁶⁾で単離し、接合型はBY4741(MATa)とBY4742(MAT α)を標準株として顕微鏡下で接合子を確認することによって行った。エタノールとグルコースは酵素法で測定した。候補株はYPG培地(1%酵母エキス、2%ペプトン、2%グリセリン)で一晩前培養し、100 mLのYPDX培地(1%酵母エキス、2%ペプトン、2%グルコース、10%キシロース)で2日間振盪培養した。培養後、OD₆₆₀が270となるように菌体を懸濁し、0.5 mmのガラスビーズと共にボルテックスして細胞を破碎し、遠心分離した上清を粗酵素液とした。XR活性はキシロースを

基質としてNADPHの吸光の減少で、XDH活性はキシロトールを基質としてNADHの吸光の増加で、XK活性はキシロースを基質として生じるADPをpyruvate kinaseとlactate dehydrogenaseによってNADHの減少に置き換えて測定した。いずれの酵素も1分間に1 μmolの生産物を与える酵素量を1 Uとした。

8.3. キシロース発酵能をもつ*S. cerevisiae*の育種

一般に、*S. cerevisiae*キシロース発酵能はないとされているが、XR活性をもつ株もあり¹⁷⁾、*Pichia*属酵母のXDHに相当するホモログを強制発現させればXDH活性を示すことも報告されている¹⁸⁾。このため、広く検索すればXR、XDH、XK活性をもつ株が得られると考え、研究室保有の*S. cerevisiae* 157株のこれら酵素活性を測定した。

(1) 酵素活性の測定と1倍体の分離

有意な活性が確認された株について、孢子形成培地に植菌して孢子を単離し、接合型を決定し、各酵素の活性を測定した。XRについては、対照とした*P. stipitis* NBRC10007株の活性が20 U/mLであったのに対して、0.05 U/mL以上の活性をもつものが60株存在した。孢子を形成し、その接合型の確認できた株の中で最も活性が高かったのはNo.43株の0.10 U/mLであった。XDHについては、*P. stipitis*の活性が63 U/mLであったのに対して、1.0 U/mL以上の活性をもつものが32株存在し、孢子を形成しその接合型の確認できた株の中で最も活性が高かったのは、No.98株の2.3 U/mLであった。XKについては、*P. stipitis*の活性が60 U/mLであったのに対して、2.0 U/mL以上の活性をもつものが12株存在し、孢子を形成しその接合型の確認できた株の中で最も活性が高かったのはNo.135株の2.6 U/mLであった。

(2) XRとXDH活性を併せ持つ株の造成

No.43株とNo.98株の孢子発芽株を単離し、親株と同等の活性をもつことを確認した上で、接合型が異なる株を混合培養した。その後、YPD (1%酵母エキス、2%ペプトン、5%グルコース) 寒天培地での生育速度の差を利用して2倍体をいくつか分離した。培養してXRとXDHの活性を測定したところ、それぞれ0.9 U/mL、2.0 U/mLとなり、2つの酵素活性を併せ持つ株43×98株を得た。

(3) XR、XDH、XK活性を合わせ持つ株の取得

43×98株に孢子を形成させ、発芽株からXRとXDHの活性がそれぞれ1.0 U/mLと2.1 U/mLの43×98-s5株(MATa)を得た。また、XK活性が高いNo.135株に孢子を形成させ、XK活性が3 U/mLの135-s5株(MATa)を得た。これらの株を(2)と同様に交雑したところ、XR、XDH、XK活性がそれぞれ0.08 U/mL、2.2 U/mL、

2.8 U/mLの株が得られた (Table 4)。また、XR活性が高いNo.62株とXK活性が高いNo.135株を交雑し、これにXDH活性が高いNo.81株を交雑したところ、XR、XDH、XK活性がそれぞれ0.47 U/mL、1.0 U/mL、6.6 U/mLの株を得ることもできた。これらの株はキシロースを唯一の炭素源とするYPX培地で増殖することができた。

Table 4. 交雑株のキシロース発酵関連酵素の活性

菌株	XR	XDH	XK
No.43	0.10	0.4	0.6
No.98	0.08	2.3	1.0
No.135	0.01	0.1	2.6
43×98	0.09	2.2	n.d.
43×98×135	0.08	2.2	2.8
<i>P. stipitis</i>	20	63	60

8.4. 耐熱性とエタノール耐性を兼ね備えた株の育種

(1) 親株の選定

研究室保有株の157株から、42℃でYPD寒天培地で増殖できる耐熱性株を4株得た。このうち、PS-28株は孢子を形成し1倍体を単離することができ、単離した孢子発芽株のうちPS-28-6s株(MATa)を交雑に用いた。エタノール耐性株は次のように選抜した。研究室で保有している41株について、20%グルコースを含む50 mLの高糖培地にて30℃で29時間静置培養後、50%グルコースを12.5 mL添加し、さらに23時間培養し、10% (w/v) を超えるエタノール濃度でのエタノール比生産速度を比較した。その結果、日本酒醸造に用いる協会6号酵母(以下K6株と表記)が平均エタノール濃度14% (w/v) でも0.35 g·g·cell⁻¹·h⁻¹の比生産速度を維持しており、最もエタノール耐性があると考えられた。

(2) レアメーティング

K6株を20 g/mLの臭化エチジウムを含むYPD培地で培養し、呼吸欠損株を得た。この株の培養液50 μLとPS-28-6s株の培養液50 μLを5 mLのYPD培地に植菌し、一晚静置培養した後、非発酵性のグリセリンを炭素源とするYPG培地で好氣的に植え継ぐことによって3倍体を単離した(呼吸欠損のK6株はYPG培地で生育できず、1倍体のPS-28-6s株はレアメーティングした3倍体に比べて増殖が遅い)。得られた3倍体を、臭化エチジウム処理して呼吸欠損とし、再度PS-28-6s株とレアメーティングさせて、4倍体のK6PP株を得た。K6PP株に孢子を形成させ、孢子の混合物を20%グルコースと5%エタノールを含むYNB培地(1.7 g/L Yeast Nitrogen Base (w/o amino acids and ammonium sulfate)、5.0 g/L 硫酸アンモニウム、2.3 g/L アスパラギン酸ナトリウム、2.5 g/L クエン酸二水素ナトリウム、pH 5.5)に植菌して37℃で静置培養した。生育が確認できた時点で新鮮な培地に

植え継ぎ、次第に培養温度を上げて培養することで、両耐性を合わせ持つ株を濃縮した。40℃で生育した株を4株単離し、40℃で15%グルコースを含むYNB培地を用いた発酵試験を行ったところ (Table 5)、そのうちのK6PP-S1株は、2~4時間目のエタノール比生産速度が0.50 g·g-dry-cell⁻¹·h⁻¹となり、両親株を上回った。また、エタノール濃度が5%を超える4~7時間目でも両親株を上回った。以上のことから、耐熱性とエタノール耐性を兼ね備えた株を造成することができた。

Table 5. 交雑株のエタノール比生産速度

菌株	エタノール比生産速度 (g·g-cell ⁻¹ ·h ⁻¹)		
	0~2h	2~4h	4~7h
K6PP-S1	0.84	0.50	0.15
K6PP-S2	0.78	0.45	0.12
K6PP-S3	0.81	0.44	0.10
K6PP-S4	0.85	0.47	0.12
PS-28	0.73	0.36	0.13
K6	0.91	0.39	0.07

8.5. 総括

研究室保有の157株から、キシロース代謝に関連するXR、XDH、XKの活性の高い株をそれぞれスクリーニングし、接合によって全ての活性を兼ね備えた株を造成したところ、キシロース培地で生育できるようになった。しかし、その生育は遅く、最も活性が低いXRが律速になっていると考えられた。今後は、戻し交雑によってXR活性を高めた上でキシロースを唯一の炭素源とし、変異剤を含む培地で連続培養するなどしてキシロース発酵能を高める。

一方、エタノール耐性株をもつ協会6号酵母に対して、耐熱性株をもつPS-28株の1倍体を2回レアメーティングし、胞子発芽株を単離することによって、耐熱性とエタノール耐性を合わせ持つ株を造成することができた。今後は更に高温で発酵できる株をスクリーニングするとともに、キシロース発酵性酵母と交雑して、キシロース発酵能、耐熱性、エタノール耐性を合わせ持つ酵母を育種する。

9. 感覚モダリティの一致/不一致が刺激対象の感情評価に及ぼす影響—視覚刺激と嗅覚刺激に焦点を当てて—

池内裕美*9

9.1. 問題

「感覚モダリティ」(modality)とは、視覚・嗅覚・味覚・聴覚・触覚といった5つの異なる皮膚感覚から得られる体験や経験のことである。しかし、これらの感覚は

*9 社会学部教授 博士(社会学)

完全には独立しておらず、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。特に、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く、例えば庄司の化粧クリームを対象とした研究¹⁹⁾や、菊地、秋田、阿部のリップクリームを対象とした研究²⁰⁾などがみられる。

しかし、こうした感覚モダリティの相互作用による体験、すなわち複数の情報刺激に対する知覚判断は極めて不安定であり²¹⁾、いずれか一方の知覚がより優位に働く可能性も十分考えられる。例えば、視覚刺激と嗅覚刺激に着目したZellner & Kautzは、香りを添加した無色の水溶液に色をつけ、香りの嗜好性の変化を検討した結果、香りの評価は色の強度に誘導されることを見出している²²⁾。荒尾、鈴木、八木も、香りから喚起される感情は、先行呈示された色の感情特性に誘導されることを指摘している²³⁾。また、Zellner、Bartoli & Eckardは、色と香りの組み合わせに注目し、それらが一致している場合(赤色の水溶液からストロベリーの場合)は、不一致な組み合わせ(赤色の水溶液からレモンの場合)に比べ、快評価が高くなることを実証している²⁴⁾。

そこで、これらの議論を踏まえ、本研究では視覚刺激と嗅覚刺激といった感覚モダリティの一致/不一致が、刺激対象に対する感情評価(印象形成)に及ぼす影響に着目する。より具体的には、色と香りの両方を兼ね備えた製品である「ハンドクリーム」を刺激対象に、色から喚起される感情と香りから喚起される感情が同じ、あるいは異なる場合、ハンドクリームに対してどのような感情を抱くのかを検討する。Zellner, *et al.*に基づく、色と香りの印象が一致している場合、最も喚起される感情が強くなると思われる²⁴⁾。また、Zellner & Kautz²²⁾や荒尾ほか²³⁾の知見に基づく、色と香りでは色に対する感情の方がより影響力が大きいことが予想される。よって、本研究では以下の2つの仮説を立て、検証を試みる。

仮説1「刺激対象に対する感情評価において、色と香りから喚起される感情が一致している場合、その影響は最大となる」

仮説2「刺激対象に対する感情評価において、色と香りから喚起される感情が不一致の場合、香りから喚起される感情は、色から喚起される感情に誘導される」

9.2. 予備実験1

【目的】

本実験に用いる色の選定を目的とする。

【方法】

実験参加者：正常な視覚機能をもつ女子大学生 29 名(平均年齢20.69歳, $SD = .97$)。なお、評価対象がハンドクリームのため、本研究では女性のみを実験参加者とした。

実験期間：2016 年 7 月

実験手続き：本研究で測定する感情としては、荒尾他²³⁾を参考に相反する感情である「高揚感」と「リラックス感」を取り上げる。そして、色彩の持つ心理的効果を元に、高揚条件、リラックス条件それぞれにおいて 4 種類ずつ計 8 種類の色刺激を選出した(高揚感を喚起する色：赤、オレンジ、黄色、黄緑、リラックス感を喚起する色：青、紫、緑、水色)。各色刺激としては、市販の透明のハンドクリーム容器に、カラーでペイントしたものを呈示した (Fig. 13 参照)。

すべての実験参加者が、全 8 種類のハンドクリームの容器の色について感情評価を行った。実験を始める前の教示文として、「今からハンドクリームの容器の色に関する印象をお尋ねします。感じたままに質問紙の項目に回答してください。回答中は容器を何回見ても構いません。」と伝え、その後質問紙に回答してもらった。質問紙への回答は色を 1 種類呈示するごとに行い、また 8 種類の色の呈示順序は、順序効果を避けるためランダム化した。



Fig. 13. 実験で色刺激として使用した容器例

質問項目 (感情評価の測定)：色から喚起される高揚感とリラックス感の測定に当たり、「多面的感情状態尺度」²⁵⁾の活動的快因子(高揚)と非活動的快因子(リラックス)から因子負荷量が大きい順に各 5 項目を選出した。活動的快因子に属する項目は、「陽気な」、「はつらつとした」、「元気いっばいの」、「気力に満ちた」、「活気のある」、一方、非活動的快因子に属する項目は、「のどかな」、「おっとりした」、「のんきな」、「ゆっくりした」、「のんびりした」であり、「全くそう思わない (1点)」～「とてもそう思う (5点)」の 5 件法で評定させた。

【結果と考察】

(1) 多面的感情尺度の因子分析結果

色刺激に対する多面的感情状態尺度を因子分析したところ(最尤法、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 2 因子が抽出された (Table 6)。因子 I は、「陽気な」、「はつらつとした」、「元気いっばいの」といった項目が高い因子負荷量を示したことから、因子 I を「高揚感情因子」と命名した ($\alpha = .958$)。因子 II は「のどかな」、「のんびりした」、「のんきな」といった項目が高く負荷したことから、「リラックス感情因子」と命名した ($\alpha = .913$)。

Table 6. 色刺激に対する多面的感情状態尺度因子分析結果

No.	高揚	リラックス	共通性
1) 陽気な	.927	.114	.797
3) はつらつとした	.918	-.005	.845
7) 元気いっばいの	.909	-.029	.846
4) 気力に満ちた	.897	.014	.795
9) 活気のある	.891	-.055	.832
5) のんきな	-.026	.865	.677
8) のんびりとした	.136	.862	.765
10) のどかな	.157	.850	.651
6) おっとりした	-.146	.775	.703
2) ゆっくりした	-.180	.754	.698
因子間相関			
高揚感情因子		-.359	
リラックス感情因子			

(2) 色の選定を意図した分散分析結果

本実験で使用する高揚感情を喚起する色とリラックス感情を喚起する色を選出するため一要因の分散分析を行った。独立変数を 8 種類の色別要因、従属変数を多面的感情状態尺度の各下位概念の尺度項目得点とした。その結果、高揚感情因子、リラックス感情因子ともに色の主効果が有意となった(順に、 $F(7,196) = 278.3, p < .001$ 、 $F(7,196) = 109.6, p < .001$)。そこでまず、高揚感情因子において Bonferroni による多重比較を行ったところ、オレンジが最も高得点であり、かつ黄色を除くすべての色との間に有意差が認められたので ($p < .05$)、高揚感を喚起する色として「オレンジ」を用いることにした (Table 7 参照)。

Table 7. 高揚感情得点の平均値と標準偏差 (色別)

	黄	青	赤	緑	水色	オレンジ	黄緑	紫
平均値	4.39	2.11	3.89	2.71	1.92	4.53	2.90	1.73
標準偏差	.22	.30	.46	.48	.24	.19	.53	.30

一方、リラックス感情因子においても Bonferroni にて多重比較を行ったところ、緑色が最も高得点であり、かつ他の全ての色との間に有意差が認められたため ($p < .05$)、リラックス感を喚起する色として「ミドリ」

を用いることにした (Table 8 参照)。

Table 8. リラックス感情得点の平均値と標準偏差 (色別)

	黄	青	赤	緑	水色	オレンジ	黄緑	紫
平均値	2.55	2.95	2.04	4.11	3.70	2.30	3.74	2.27
標準偏差	.49	.52	.34	.32	.61	.56	.56	.50

9.3. 予備実験 2

[目的]

本実験に用いる香りの選定を目的とする。

[方法]

実験参加者: 予備実験 1 には参加しておらず、かつ正常な嗅覚機能をもつ女子大学生 28 名 (平均年齢 20.92 歳, $SD = .51$)。

実験期間: 2016 年 7 月

実験手続き: 本研究で測定する感情としては、予備実験 1 同様、荒尾他²³⁾を参考に相反する感情である「高揚感」と「リラックス感」を取り上げる。そして、アロマオイル効能ガイドに記された香りの持つ心理的効果を元に、高揚条件、リラックス条件それぞれにおいて 4 種類ずつ計 8 種類の香り刺激を選出した (高揚感を喚起する香り: シトロネラ、ペパーミント、レモン、スイートオレンジ、リラックス感を喚起する香り: ユズ、ベルガモット、ユーカリ、ゼラニウム)。各香り刺激は、刺激間の強度が大きく異なるないように、紙コップに 3 滴ずつ滴下したものを呈示した。

すべての実験参加者が、全 8 種類の香りについて感情評価を行った。実験を始める前の教示文として、「香りから受ける印象についてお尋ねします。感じたままに質問紙の項目に回答してください。回答中は何度香りを嗅いでも構いません。」と伝え、その後質問紙に回答してもらった。質問紙への回答は香りを 1 種類呈示するごとに行い、また順序効果を避けるため、呈示順序はランダム化した。

質問項目 (感情評価の測定): 香りから喚起される高揚感とリラックス感の測定に当たり、予備実験 1 同様、「多面的感情状態尺度」²⁵⁾の活動的快因子 (高揚) と非活動的快因子 (リラックス) から因子負荷量が大きい順に各 5 項目を用いた (項目と回答形式の詳細は「予備実験 1」を参照のこと)。

[結果と考察]

(1) 多面的感情尺度の因子分析結果

香り刺激に対する多面的感情状態尺度を因子分析したところ (最尤法、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 2 因子が抽出された (項目の詳細は Table 6 を参照のこと)。因子 I は、「元気がいいの」、「気力に満ちた」等の項目が高い因子負荷量を示したことから、「高揚感情因子」と命名した ($\alpha = .888$)。

一方、因子 II は「おっとりした」、「のんびりした」等の項目が高く負荷したことから、「高揚感情因子」と命名した ($\alpha = .903$)。

(2) 香りの選定を意図した分散分析結果

本実験で使用する高揚感情を喚起する香りと、リラックス感情を喚起する香りを選出するため、一要因の分散分析を行った。独立変数を 8 種類の香り別要因、従属変数を多面的感情状態尺度の各下位概念の尺度項目得点とした。その結果、高揚感情因子、リラックス感情因子ともに香りの主効果が有意となった (順に、 $F(7,189) = 3.89$, $p < .01$, $F(7,189) = 17.80$, $p < .001$)。そこで、まず高揚感情因子において Bonferroni による多重比較を行ったところ、レモンが最も高得点であり、他の香りとの間に最も多くの有意差が認められたので (レモン > ユズ = ベルガモット, $p < .05$)、高揚感情を喚起する香りとして「レモン」を用いることにした (Table 9 参照)。

Table 9. 高揚感情得点の平均値と標準偏差 (香り別)

	ユーカリ	シトロネラ	スイートオレンジ	ベルガモット	ユズ	ペパーミント	ゼラニウム	レモン
平均値	3.01	3.28	3.26	2.79	3.04	3.21	3.04	3.44
標準偏差	.53	.42	.59	.45	.60	.63	.55	.59

一方、リラックス感情因子においても Bonferroni にて多重比較を行ったところ、スイートオレンジが最も高得点であり、かつベルガモットとゼラニウムを除く他の全ての香りとの間に有意差が認められた ($p < .05$)。しかし、一般的に「スイートオレンジ」は高揚感を喚起する香りとしてされており、高揚感を喚起する香り刺激として選んだ「レモン」とはいずれも柑橘類で似た香りを放つ。よって、本実験では 2 番目にリラックス感情得点の高かった「ベルガモット」を、リラックス感情を喚起する香りとして用いることにする (Table 10 参照)。ちなみに多重比較の結果は、ベルガモット > ユーカリ = シトロネラ = ペパーミントであった。

Table 10. リラックス感情得点の平均値と標準偏差 (香り別)

	ユーカリ	シトロネラ	スイートオレンジ	ベルガモット	ユズ	ペパーミント	ゼラニウム	レモン
平均値	2.56	2.64	3.36	3.31	2.84	2.36	3.24	2.94
標準偏差	.60	.47	.46	.63	.61	.56	.56	.50

9.4. 本実験

[目的]

色から喚起される感情と香りから喚起される感情が、同じあるいは異なる場合、刺激対象であるハンドクリームに対してどのような感情を抱くのかを検討する。

[方法]

実験参加者: 予備実験には参加しておらず、かつ正常な視覚機能と嗅覚機能をもつ女子大学生 28 名 (平均年齢

19.17 歳, $SD=1.18$)。

実験期間：2016 年 11 月

実験刺激：予備実験 1 より高揚感を喚起する色として選出された「オレンジ」、リラックス感を喚起する色として選出された「ミドリ」を塗装したハンドクリームの容器を使用した (Fig. 6 参照)。そして、より実際のハンドクリームに近づけるため、水にゼラチンを溶かし予備実験 2 で選出した 2 種類の香り (レモンとベルガモット) を 3 滴ずつ垂らしたものを容器に注入した。

実験手続き：すべての実験参加者が 4 種類すべてのハンドクリームに対し感情評価 (印象評定) を行った。具体的には、①高揚感情を喚起する色 (オレンジ) と高揚感情を喚起する香り (レモン)、②高揚感情を喚起する色 (オレンジ) とリラックス感情を喚起する香り (ベルガモット)、③リラックス感情を喚起する色 (ミドリ) と高揚感情を喚起する香り (レモン)、④リラックス感情を喚起する色 (ミドリ) とリラックス感情を喚起する香り (ベルガモット) の 4 パターンのハンドクリームを作成した。

実験参加者には、「今からハンドクリームの印象について回答していただきます。感じたままに回答してください。回答中は何度香りを嗅いでも、容器をさわっていただいても構いません。また、指示があるまで次のページに進まないでください。」と教示し、ハンドクリームの蓋を開けてから手渡した。その際、順序効果をなくすため、呈示順序はランダム化した。その後、1 パターンを呈示するごとに、質問紙の該当箇所に回答してもらうという手続きを、全 4 パターンの容器に対して行った。

質問紙の構成：主な質問項目は、次の 2 問から構成された。

(1) 多面的感情尺度項目

香りから喚起される高揚感とリラックス感の測定に当たり、予備実験 1、2 同様、「多面的感情状態尺度」(寺崎他、1992)²⁵⁾ の活動的快因子 (高揚) と非活動的快因子 (リラックス) から因子負荷量が大きい順に各 5 項目を用いた (項目と回答形式の詳細は「予備実験 1」を参照のこと)。

(2) ハンドクリームの購入時に重視するポイント

実験参加者がハンドクリームを購入する際、何を重視して選択するのかを調べるため、次の 10 項目に対して「全く重視しない (1 点)」～「非常に重視する (5 点)」の 5 件法で評定させた。ここで用いた 10 項目とは、1. 価格、2. 使用感 (べたつかない・しっかりと潤うなど)、3. 肌に合うか (刺激が少ないなど)、4. 効果の持続性、5. 香り、6. メーカー・ブランド名、7. 内容量、8. 中身の形状 (クリーム・ジェル・ローションなど)、9. 容器の大きさ・形状、10. パッケージデザインであった。

【結果と考察】

(1) 色と香りが刺激対象の感情評価に及ぼす影響

喚起される感情が、色と香りで異なる場合 (不一致な場合)、刺激対象への印象はいずれから受ける感情が優位に働くのだろうか。この問題を検討するために、独立変数を色別要因 (高揚感⇒オレンジ、リラックス感⇒ミドリ) と香り別要因 (高揚感⇒レモン、リラックス感⇒ベルガモット)、従属変数を多面的感情状態尺度の各下位概念 (高揚得点、リラックス得点) の尺度項目得点とする 2 要因の分散分析 (参加者内要因) を行った。

まず、高揚得点を従属変数とした結果、色別要因の主効果が有意傾向を ($F(1,27)=3.29, p<.10$, オレンジ： $M=3.53, SD=.70$ 、ミドリ： $M=3.32, SD=.70$)、香り別要因の主効果が有意となった ($F(1,27)=4.21, p<.10$, レモン： $M=3.57, SD=.73$ 、ベルガモット： $M=3.28, SD=.67$, Fig. 14 参照)。

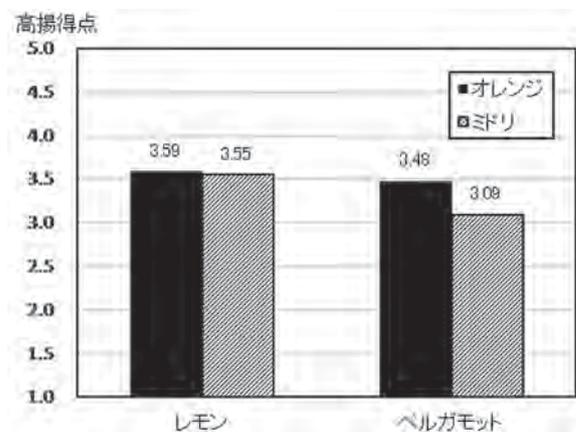


Fig. 14. 高揚得点の色別×香り別平均値

また、交互作用が有意傾向を示したので ($F(1,27)=3.66, p<.10$)、単純主効果の検定を行った。その結果、色別要因が「ミドリ」の時に香り別要因の単純主効果が有意となり ($F(1,27)=6.66, p<.05$)、ベルガモットに比べてレモンの香りを添加した方が、より高揚得点が高くなることを見出された (レモン： $M=3.55, SD=.69$ 、ベルガモット： $M=3.09, SD=.71$)。しかし、色別要因が「オレンジ」の時は、香り別要因の単純主効果は有意とならなかった ($F(1,27)=4.83, n.s.$, レモン： $M=3.59, SD=.77$ 、ベルガモット： $M=3.48, SD=.63$)。また、香り別要因が「ベルガモット」の時に色別要因の単純主効果が有意となり ($F(1,27)=10.10, p<.01$)、ミドリに比べてオレンジの色を添付した方が、より高揚得点が高くなることを見出された (オレンジ： $M=3.48, SD=.63$ 、ミドリ： $M=3.09, SD=.71$)。しかし、香り別要因が「レモン」の時は、色別要因の単純主効果は有意とならなかった ($F(1,27)=.04, n.s.$, オレンジ： $M=3.59, SD=.77$ 、ミドリ： $M=3.55, SD=.69$)。つまり、これら

Table 11. ハンドクリーム購入時に重視する項目の平均値および標準偏差

	価格	使用感	肌に合うか	効果の持続性	香り	ブランド名	内容量	中身の形状	容器の形状	パッケージ
平均値	3.61	4.46	3.61	3.25	4.68	3.18	3.11	3.50	3.42	3.43
標準偏差	0.74	0.64	1.12	0.93	0.55	1.02	0.92	0.88	1.00	0.92

の結果は高揚感の形成に際し、香りがリラックスを誘うベルガモットの時は、オレンジ色の影響力がより大きいことを示唆している。

次に、リラックス得点を従属変数として上記同様、分散分析(参加者内)を行った結果、色別要因、香り別要因ともに主効果が認められた(順に、 $F(1, 27) = 14.05$, $p < .001$ 、オレンジ: $M = 2.25$, $SD = .88$ 、ミドリ: $M = 2.78$, $SD = .94$, $F(1, 27) = 5.53$, $p < .05$ 、レモン: $M = 2.45$, $SD = .82$ 、ベルガモット: $M = 2.78$, $SD = .99$, Fig. 15 参照)。しかし、交互作用は有意とならなかった($F(1, 27) = .03$, $n.s.$)。

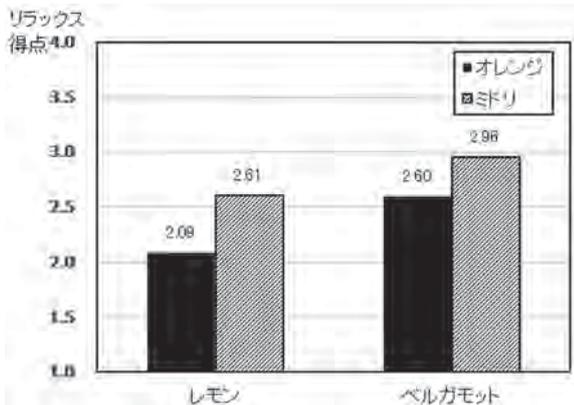


Fig. 15. リラックス得点の色別×香り別平均値

以上の結果より、色別要因においてオレンジは高揚感情を、ミドリはリラックス感情を、また、香り別要因においてレモンは高揚感情を、ベルガモットはリラックス感情を高めることが示された。また、リラックス得点においてミドリ×ベルガモットの組み合わせが最も高い値となったものの交互作用は認められず、色と香りから喚起される感情が一致しているからといって、特に喚起される感情が強まる傾向は見出されなかった。よって、仮説1「刺激対象に対する感情評価において、色と香りから喚起される感情が一致している場合、その影響は最大となる」は、支持されなかったといえる。

一方、色と香りから喚起される感情が異なる場合は、特に高揚感において、色の印象がハンドクリーム全体の感情評価(印象形成)に対し、より大きな影響を及ぼすことが示唆された。よって、仮説2「刺激対象に対する感情評価において、色と香りから喚起される感情が不一致の場合、色から喚起される感情は、香りから喚起され

る感情に誘導される」は、高揚感においてのみ、つまり部分的に支持されたといえる。しかし、リラックス得点においては、交互作用は有意にならなかったものの、香りがレモンであれベルガモットであれ、オレンジ色に比べてミドリ色の方が、より強くリラックス感を喚起することが示された。

(2) ハンドクリームの購入時に重視するポイント

ハンドクリームを購入する際のポイント(重要な属性)について検討した結果、「香り」が最も重視され、次いで「使用感」、「価格」、「肌に合うか」、「パッケージ」となることが見出された。この結果は、ハンドクリームの購入においては、他の属性はさておき、まずは「香り」が重要となることを示唆している。その一方で、色を含む「パッケージデザイン」の重要度は、比較的低いことが認められた。

9.5. 本研究の総括

本研究では、「ハンドクリーム」を刺激対象に、感覚モダリティが一致、あるいは不一致の時、すなわち色と香りから喚起される感情が同じ、あるいは異なる場合、ハンドクリームに対する感情評価(印象形成)には、いずれの要因がより強く働くのかについて実証を試みた。その結果、ベルガモット×オレンジ色が高揚感に及ぼす影響のみに限定されるものの、Zellner & Kautz (1990)²²⁾ や荒尾他 (2011)²³⁾ の知見同様、色と香りの印象が不一致の場合、香りから喚起される感情は、色から喚起される感情に誘導されることが確かめられた。また、リラックス感においては、いずれの香りを呈示してもオレンジ色に比べてミドリ色の方が、より強くリラックス感を喚起したことから、色と香りの一致、不一致にかかわらず、色の影響が大きいことが示唆された。これは、視覚や嗅覚といった複数の感覚モダリティが競合する場合、視覚刺激に対する処理が優先されることを示唆している。実際、長澤 (2012)²⁶⁾ によると、人間の五感はそれぞれ均等に使われているわけではなく、脳にインプットされている割合は、圧倒的に視覚刺激が大きいという(視覚83%、聴覚11%、嗅覚3.5%、触覚1.5%、味覚1.0%)。我々は情報を処理する際、視覚に依存する割合が大きいゆえ、本研究においても色と香りでは色が優先して感情評価(印象形成)に影響を及ぼしたと考えられる。

しかし、その一方で、高揚感を喚起するレモンの香り

を呈示した際、色の単純主効果は認められなかった。また、本研究ではZellner *et al.* (1991)²⁴⁾ の指摘に反し、刺激対象への感情評価（特に高揚感）において、色と香りから喚起される感情の一致は、必ずしも効果的な結果をもたらさなかった。この一因としては、本研究で用いたレモンの香りの効果が色の効果を消してしまう位、高揚感の形成に強い影響を及ぼしていたことが考えられる。また、レモンは馴染みのある香りゆえ単純接触効果が働き、結果的にベルガモットに比べて気持ちを高揚させた可能性も否定できない。よって、“ハンドクリーム”という刺激対象の特殊性が色の効果を低減させたのではないかと考察される。実際、本研究では、ハンドクリームの購入ポイントとして、「色」よりも「香り」の方が重視されることが見出されている。

以上、本研究結果からマーケティング・インプリケーションを提唱すると、パッケージの「色」は「香り」に比べて商品の印象形成に大きな影響を及ぼすが、これは特に消費者があまり馴染みのない香りを用いた商品において、より効果的であるといえる。今後は、感覚モダリティが競合する際の感情評価について、視覚刺激や嗅覚刺激以外にも注目し、五感の中での関連性について、より多面的な視点から検討を試みたい。

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（2013年度～2017年度）」によって実施されたものである。また、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、関西大学社会学部心理学専攻の池内ゼミ 2016年度卒業生である川崎彩衣氏、貴志杏莉氏、林田若葉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たい。

参考文献

- 1) H. Yamamoto *et al.*, 化学工学論文集, 34, 331 (2008).
- 2) C. Spagnuolo *et al.*, Curr. Top. Med. Chem., 16, 1943 (2016).
- 3) I. Horibe *et al.*, J. Nat. Med., 67, 705 (2013).
- 4) N. Horike *et al.*, Pigment Cell Melanoma Res., 23, 809-819 (2010).

- 5) M. Yamahara *et al.*, J. Nat. Med., 70, 28 (2016).
- 6) 河原秀久 他, 特願2016-131996.
- 7) L. C. Maillard, C. R. Acad. Sci. 154, 66-8 (1912).
- 8) L. M. Coussens *et al.*, Science, 339, 286 (2013).
- 9) D. Watanabe *et al.*, Appl. Environ. Microbiol., 78, 4008 (2012).
- 10) M. Ballesteros *et al.*, Process Biochem., 39, 1843 (2004).
- 11) S. Benjaphokee *et al.*, New Biotechnol., 29, 166 (2012).
- 12) J. P. Delgenes *et al.*, Enzyme Microbial Technol., 19, 220 (1996).
- 13) T. Hasunuma *et al.*, Microbial Cell Factories, 10 : 2 (2011).
- 14) M. H. Toivari *et al.*, Appl. Environ. Microbiol., 70, 3681 (2004).
- 15) N. Gunge, Y. Nakatomi, Genetics, 70, 41 (1972).
- 16) B. Rockmill *et al.*, Methods Enzymol., 194, 146 (1991).
- 17) Kuhn *et al.*, Appl. Environ. Microbiol., 61, 1580 (1995).
- 18) P. Richard *et al.*, FEBS Letters, 457, 135 (1999).
- 19) 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 (2005).
- 20) 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).
- 21) 坂井信之, 小早川達, 戸田英樹, 山内康司, 斉藤幸子, 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).
- 22) D. A. Zellner, M. A. Kautz, Color Affects Perceived Odor Intensity, Journal of Experimental Psychology, Human Perception and Performance, 16, 391-397 (1990).
- 23) 荒尾真理, 鈴木まや, 八木昭宏, ニオイの感情効果はプライムされた色によって変化する, 感情心理学研究, 19, 10-18 (2011).
- 24) D. A. Zellner, A. M. Bartoli, R. Eckard, Influence of color on odor identification and liking rating, The American Journal of Psychology, 104, 547-561 (1991).
- 25) 寺崎正治, 岸本陽一, 古賀愛人, 多面的感情状態尺度の作成, 心理学研究, 62, 350-356 (1992).
- 26) 長澤良介, Vision Trainingの効果検討, 第48回日本理学療法学会大会抄録集, 40(2) (2012).

私立大学戦略的研究基盤形成支援事業プロジェクト (2013~2017年度)

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

2016年度 研究成果一覧表

論文

- (1) Y. Itoh, Y. Nagaoka, Y. Katakura, H. Kawahara, H. Takemori, Simple chronic colitis model using hypopigmented mice with a *Hermansky-Pudlak syndrome 5* gene mutation, *Pigment Cell & Melanoma Research*, 29, 578-582 (2016).
- (2) S. Uesato, Y. Matsuura, S. Matsue, T. Sumiyoshi, Y. Hirata, S. Takemoto, Y. Kawaratani, Y. Yamai, K. Ishida, T. Sasaki, M. Enari, Discovery of new low-molecular-weight p53-Mdmx disruptors and their anti-cancer activities, *Bioorganic & Medicinal Chemistry*, 24, 1919-1926 (2016).

国際学会

- (1) S. Yamasaki-Yashiki, T. Toramoto, J. Kunisawa, Y. Karakura, Characterization and Modulation of Cell Wall Components of *Lactobacillus antri* for the Enhanced Production of Intestinal IgA Antibody, 5th Asian Federation of Societies for Lactic Acid Bacteria International Symposium, P015, Taiwan (2016).
- (2) M. Takashima, H. Kawahara, M. Kitagawa, M. Murata, S. Koike, Screening and identification of Maillard reaction-inhibiting material from Miso, The 17th International Biotechnology Symposium and Exhibition, 65, Australia (2016).
- (3) S. Hiranaka, Y. Nagaoka, S. Uesato, A. Ito, M. Yoshida, T. Sumiyoshi, Synthesis and biological evaluation of CNS-penetrant histone deacetylase inhibitor. The 11th International Symposium in Science and Technology at Kansai University 2016, LF-O-05, Osaka, Japan (2016).
- (4) S. Mashi, T. Sumiyoshi, Y. Nagaoka, Histone Deacetylase Inhibitors as Lipofection Enhancer, The 11th International Symposium in Science and Technology at Kansai University 2016, LF-O-06, Osaka, Japan (2016).
- (5) M. Noor, H. Aihara, R. Nishimura, M. Katsuragi, Y. Nagaoka, Enhanced Effect of Histone Deacetylase Inhibitors on Expression of Therapeutic shRNA Gene Targeting Proto-Oncogenic Factor, Cdc6, The 11th International Symposium in Science and Technology at Kansai University 2016, LF-O-07, Osaka, Japan (2016).
- (6) G. Kimura, H. Aihara, H. Kamijo, M. Katsuragi, T. Inada, S. Uesato, T. Sumiyoshi, Y. Nagaoka, Design and Synthesis of PEGylated Hydroxamic Acid-Type Histone Deacetylase Inhibitor Prodrugs Having Targeting Ability to Cancer Tissue, The 11th International Symposium in Science and Technology at Kansai University 2016, LF-P-20, Osaka, Japan (2016).
- (7) Y. Tanaka, Y. Hirata, K. Kawakami, Y. Yoshimoto, M. Tamano, T. Sumiyoshi, Y. Nagaoka, Neuroprotective Effect of Biflavones Isolated from Leaves of *Sciadopitys verticillata* on Primary Cultured Neuronal Cells, The 11th International Symposium in Science and Technology at Kansai University 2016, LF-P-21, Osaka, Japan (2016).
- (8) R. Nishimura, H. Aihara, M. Katsuragi, Y. Fukushima, S. Uesato, T. Sumiyoshi, Y. Nagaoka, Epigenetic Control of Therapeutic Gene Expression in Breast Cancer Cells with Histone Deacetylase Inhibitors, The 11th International Symposium in Science and Technology at Kansai University 2016, LF-P-22, Osaka, Japan (2016).
- (9) R. Inoue, S. Takemoto, Y. Nakatsuji, Y. Nagaoka, S. Uesato, S. Oishi, M. Enari, T. Sumiyoshi, Synthesis and biological evaluation of benzamide derivatives as anti-cancer prodrugs, The 11th International Symposium in Science and Technology at Kansai University 2016, LF-P-23, Osaka, Japan (2016).
- (10) S. Kitayama, T. Yoko, Y. Kokuwano, K. Kamishita, T. Sumiyoshi, Y. Nagaoka, Analysis of Products Derived from Oxidation of Hair Lipids with Bleaching Agents and UV Irradiation, The 11th International Symposium in Science and Technology at Kansai University 2016, LF-P-24, Osaka, Japan (2016).
- (11) K. Kawaguchi, S. Uesato, Y. Nagaoka, S. Yamasaki, T. Sumiyoshi, Synthesis and biological evaluation of catechin

- derivatives, The 11th International Symposium in Science and Technology at Kansai University 2016, LF-P-26, Osaka, Japan (2016).
- (12) R. Iiji, Y. Nagaoka, T. Sumiyoshi. Intramolecular macrocyclic cyclization employing photo-affinity reaction. The 11th International Symposium in Science and Technology at Kansai University 2016, MC-P-63, Osaka, Japan (2016).
- (13) M. Shimizu, Y. Yamai, K. Ishida, Y. Nagaoka, T. Sumiyoshi. Asymmetric synthesis of 3,3-disubstituted oxindoles using chiral acids, The 11th International Symposium in Science and Technology at Kansai University 2016, MC-P-64, Osaka, Japan (2016).
- (14) K. Takeuchi, K. Ishida, Y. Yamai, Y. Nagaoka, T. Sumiyoshi, Efficient synthesis of (±)-coerulescine. The 11th International Symposium in Science and Technology at Kansai University 2016, MC-P-65, Osaka, Japan (2016).
- (15) I. Natsutani, R. Iwata, Y. Yamai, K. Ishida, Y. Nagaoka, T. Sumiyoshi, Concise synthesis of spiro-fused oxindole derivatives. The 11th International Symposium in Science and Technology at Kansai University 2016, MC-P-66, Osaka, Japan (2016).
- (16) N. Fukatsu, H. Yamamoto, Determination of fluorine parameter (-F) for Hansen solubility parameter estimation, 66th Canadian Chemical Engineering Conference, 213, Canada (2016).
- (17) Y. Agata, H. Yamamoto. Measurement of Hansen solubility parameters of ionic liquids, 66th Canadian Chemical Engineering Conference, 215, Canada (2016).
- (18) T. Sato, H. Yamamoto, Separation of valuable components in foods and Their Separability Evaluation Using Hansen Solubility Parameters, 66th Canadian Chemical Engineering Conference, 208, Canada (2016).
- (19) S. Yamane, H. Yamamoto, Evaluation of physical property for zeolite surface using Hansen solubility parameters, 66th Canadian Chemical Engineering Conference, 210, Canada (2016).
- (20) Y. Murakami, H. Yamamoto, Extraction and separation of valuable components in natural products and Their reparability evaluation using Hansen solubility parameters, The 3rd International Research Symposium on Engineering and Technology, IRSET-14739, Singapore (2016).
- (21) H. Yamamoto, T. Horiba, N. Fukatsu, R. Tanaka, M. Morimoto, T. Takanohashi, T. Morita, H. Kumagai, R. Tykwinski, J. Stryker, M. R. Gray, Measurement of Hansen Solubility Parameters of Asphaltene Model Compounds using Hansen Solubility Sphere Method, The 17th International Conference on Petroleum Phase Behavior and Fouling, PC-P25, Denmark (2016).
- (22) H. Ikeuchi, A Comparative Study of the Effect of Animistic Thinking on Hoarding Tendency Between Japan and the United States, The 31st International Congress of Psychology, PS26A-01-3, Kanagawa, Japan (2016).
- (23) H. Tasaka, H. Ikeuchi, How the timing of showing CM and the valence of the TV program effects has an effect on the CMs value, The 31st International Congress of Psychology, PS28A-07-367, Kanagawa, Japan (2016).

国内学会

- (1) 寅本拓, 山崎思乃, 國澤純, 片倉啓雄, 腸管IgA 産生を増強する*Lactobacillus antri*の細胞壁成分の解析, 第68回日本生物工学会大会, 1P-1p101-116, 富山 (2016).
- (2) 三田麻友華, 山本理奈, 大島悟, 依田伸生, 山崎思乃, 片倉啓雄, *Lactococcus lactis*のナイシン高生産株スクリーニング系の開発, 第68回日本生物工学会大会, 2P-1p098, 富山 (2016).
- (3) 高島望花, 河原秀久, 北川学, 村田和巖, 小池祥悟, 味噌成分中のメイラード反応阻害物質の機能解析とその構造解析, 日本食品工学会第17回 (2016年度) 年次大会, 2P05, 東京 (2016).
- (4) 田川絵理, 渡辺千尋, 濱田沙也加, 河原秀久, 松本幸則, 植物工場栽培作物に対する過冷却促進物質の効果, 日本食品工学会第17回 (2016年度) 年次大会, 2P07, 東京 (2016).
- (5) 平中誠弥, 上里新一, 伊藤昭博, 吉田稔, 長岡康夫, 住吉孝明, HDAC6選択的阻害活性を有するベンズアミド誘導体の探索研究, 日本薬学会第137年会, 25Q-pm09, 宮城 (2017).
- (6) 田中康晶, 河上佳奈, 平田弥久, 吉本幸広, 玉野真子, 住吉孝明, 長岡康夫, グルタミン酸毒性に対するコウヤマキ葉由来*Sciadopitysin*の神経保護作用の評価, 日本薬学会第137年会, 26Q-pm02S, 宮城 (2017).
- (7) 平中誠弥, 上里新一, 長岡康夫, 伊藤昭博, 吉田稔, 住吉孝明, ヒストン脱アセチル化酵素(HDAC)阻害剤亜鉛結合部位

- の構造活性相関によるHDAC6選択的阻害剤の創製, 第21回関西大学先端科学技術シンポジウム, 92, 大阪 (2017).
- (8) 田中康晶, 平田弥久, 河上佳奈, 吉本幸広, 玉野真子, 住吉孝明, 長岡康夫, 初代培養神経細胞におけるコウヤマキ葉由来ビフラボン類の神経保護作用の評価, 第66回日本薬学会近畿支部総会・大会, D-10-5, 大阪 (2016).
 - (9) 平中誠弥, 上里新一, 長岡康夫, 伊藤昭博, 平田佳之, 吉田稔, 住吉孝明, 脳移行性を有するヒストン脱アセチル化酵素(HDAC)阻害剤の探索研究, 第66回日本薬学会近畿支部総会・大会, G-16-3, 大阪 (2016).
 - (10) 西村伶, 末吉療平, 上里新一, 住吉孝明, 長岡康夫, ヒストン脱アセチル化酵素阻害剤の遺伝子増強作用を利用したがん遺伝子治療の効率化, 第66回日本薬学会近畿支部総会・大会, G-16-4, 大阪 (2016).
 - (11) 木村元気, 葛城美月, 稲田巧, 上條洋士, 上里新一, 住吉孝明, 長岡康夫, がん組織集積型HDAC阻害剤ミセル化製剤の創生—がん細胞における増殖抑制効果—, 第66回日本薬学会近畿支部総会・大会, 大阪 (2016).
 - (12) 山本秀樹, 村上優, 養父市農産物からの生体調整機能物質の高度分離による新規機能性食品の開発, “知と創造” 農学セミナー, 兵庫 (2017).
 - (13) 縣優介, 山本秀樹, Hansen Solubility Sphere法を用いたイオン性物質のHansen溶解度パラメータの算出, 第7回イオン液体討論会, PO15, 石川 (2016).
 - (14) 村上優, 山本秀樹, 混合溶媒のHansen溶解度パラメータの算出, 化学工学会第48回秋季大会, F105, 徳島 (2016).
 - (15) 深津直矢, 山本秀樹, Hansen溶解度パラメータ推算のための新規パラメータ, 化学工学会第48回秋季大会, LP214, 徳島 (2016).
 - (16) 川原倫太郎, 林順一, 長谷川功, もろみを用いた活性炭の製造, 第19回化学工学会学生発表会, J20, 大阪 (2017).
 - (17) 池内裕美, 感情労働としての苦情対応 民間企業と公的機関の感情管理の特性に着目して, 日本グループ・ダイナミックス学会第63回大会, 福岡 (2016).
 - (18) 池内裕美, ネットショッピング依存傾向尺度の作成—尺度の開発と信頼性・妥当性の検討—, 日本社会心理学会第57回大会, O201-6, 兵庫 (2016).
 - (19) 池内裕美, 秋山学, 前田洋光, 社会心理学における「産学連携活動の意義」を問い直す, 日本社会心理学会第57回大会, 自主企画ワークショップWS204, 兵庫 (2016).
 - (20) 池内裕美, モノの死を悼む心: 日本人のアニミズム的思考とモノ供養, 日本パーソナリティ心理学会第25回大会シンポジウム「文化とパーソナリティ—心理学 枠を越えて—」, 大阪 (2016).

その他

・講演会

- (1) 池内裕美, 困った当事者に対応するために～苦情行動の心理学, 大阪弁護士会第3回公正フォーラム, 大阪 (2017).
- (2) 池内裕美, 対応困難な相談者の心理とは: 相手を理解する, 平成28年度消費生活相談員研修 専門・事例講座 (第3回), 徳島 (2017).
- (3) 池内裕美, 対応困難な相談者の心理とは—相手を理解する—, 平成28年度消費生活相談員研修 専門・事例講座 (第2回), 神奈川 (2016).
- (4) 池内裕美, モノの死を悼む心—アニミズム的思考と多様化するモノ供養—, 追手門学院大学心理学部2016年度心理学科講演会, 大阪 (2016).
- (5) 池内裕美, 苦情解決の現状と課題: 複雑・多様化する苦情と疲弊する対応者, 平成28年度福祉サービスに関する苦情解決セミナー, 兵庫 (2016).
- (6) 池内裕美, 苦情解決の現状と課題: 複雑・多様化する苦情と疲弊する対応者, 豊中市社会福祉協議会福祉サービス課内研修, 大阪 (2016).
- (7) 池内裕美, 理不尽な苦情に対する対応の現状と課題～利用者により良き関係性を構築するために～, 平成28年度福祉サービス苦情解決事業セミナー, 京都 (2016).
- (8) 池内裕美, 対応困難な相談者の心理とは: 相手を理解する, 平成28年度消費生活相談員研修 専門・事例講座 (第1回), 神奈川 (2016).

・総説・報告書

- (1) 池内裕美, ネットショッピング依存傾向尺度の作成および心理的規定因の検討, 特定非営利活動法人依存学推進協議会研究助成プログラム研究成果報告書2016, 47-63 (2016).
- (2) 池内裕美, 苦情の心理学③: エスカレーションの未然防止と対応者のストレス軽減方法, 国民生活センター地方支援

便り, 22, 1-5 (2017).

(3) 池内裕美, 苦情の心理学②: コミュニケーションとしての苦情対応, 国民生活センター地方支援便り, 21, 1-5 (2016).

(4) 池内裕美, 苦情の心理学①: 苦情行動者の心理的变化, 国民生活センター地方支援便り, 20, 1-5 (2016).

・報道

(1) 池内裕美, 不寛容社会の果てに, 毎日放送「VOICE」スタジオ出演, 2016年12月27日放映.

(2) 池内裕美, 消費者行動 ついつい買いたくなる心理効果とは, 読売テレビ「かんさい情報ネットten.」, 2016年6月17日放映.

・新聞

(1) 池内裕美, 「クレーム受け? 車掌飛び降り 広がる同情論: モンスター生むクレーム社会」, 朝日新聞 (全国版), 2016年11月11日付朝刊35面.

(2) 池内裕美, 「モノ供養 時代映す」, 朝日新聞 (名古屋版), 2016年11月7日付夕刊8面.

2017年度 技苑「プロジェクト研究報告概要」

私立大学戦略的研究基盤形成支援事業プロジェクト

地域資源を高度利用す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
 研究分担者：河原 秀久・山本 秀樹・長岡 康夫・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の抽出条件を設計した。和歌山県特産の梅の製造過程から廃棄される梅のつけ汁（塩分20%）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に成功し、商品化された。さらに、レモングラスからの香気成分の抽出条件を検討した。

長岡は、頭皮や毛髪の脂質から、ヘアブリーチ剤や紫外線で生じる過酸化物質について検討し、不飽和化した脂肪酸の他に、予想外の短鎖脂肪酸を見出した。最終産物として様々な鎖長のアルデヒド類が生じ、これらが美容の観点から好ましくない現象や悪臭の原因となり得ることを明らかにした。

河原は、食品等のメイラード反応を抑制する天然物質を探索して、乾燥味噌製造の際に副生する焦げ味噌にその活性を見出した。その有効成分は、大豆に含まれるポリフェノールであるダイゼインとゲニステインであることを明らかにし、米飯の保存料として添加するグリシンによる褐変を抑制し得ることを示した。

住吉は、カテキンの3位水酸基を種々の脂肪酸で選択的にエステル化すると抗菌活性や抗腫瘍活性などの機能性をもつことを既に明らかにしている。そこで、3位水酸基を効率的にアシル化する方法を検討し、フェノール性水酸基をベンジル保護する新規合成方法を確立した。

山崎らは、ある食品廃棄物の熱水抽出物の低分子画分に抗炎症作用を見出した。既報の抗炎症成分は、LPSにより誘導されるTNF- α とIL-6産生を同時に抑制するものが多いのに対して、本研究で見出した成分はIL-6産生を抑制するがTNF- α を抑制しないユニークな作用機序を持ち、新たな炎症の制御の可能性を示すものと期待される。

林は、バナナの皮の炭化物が調湿材、硫化水素やカドミウムの除去剤として優れ、それには塩化カリウムと窒素分が寄与することを明らかにしたが、炭化物の比表面積が非常に小さいことが課題であった。そこで種々の方法を検討した結果、リン酸賦活法を用いると、結晶化はされないものの比表面積を拡大できることを明らかにした。

片倉はエタノール濃度が上昇しても発酵力が低下しない酵母と40℃で生育できる酵母をレアメーティング法で交雑し、両親の優良形質を合わせ持つ株を非組換えで育種することに成功した。

池内は消費者が商品のどこを見るかについて検討した。擬人化商品に対する消費者の感情移入について検討したところ、商品が破損した場合、擬人化商品は非擬人化商品に比べてネガティブな印象をもつことを明らかにした。

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、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

*1 化学生命工学部教授 農学博士

*2 環境都市工学部教授 博士（工学）

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、高純度の目的物質を得るため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、柑橘類からのd-Limoneneの分離および今年度新たに東南アジアで生育し、虫よけ効果のあるレモンガラス由来のシトラールおよびシトロネラル(レモンガラス構成成分:シトラール(70~80%)、リモネン(<5%)、シトロネラル(<10%)、ゲラニオール(<5%))などの成分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。

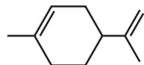


Fig. 1. d-Limonene

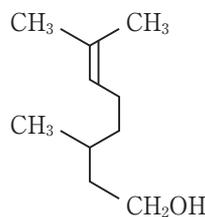


Fig. 2. Citronellal

2. 2. 理論

(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) Hansen Solubility Parameter (HSP値)

C. M. Hansenは分子間に働く相互作用を主に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⁾。

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

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 i 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。

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

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。

(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をプロットした時、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。

(4) 混合溶媒のHSP

異なる種類の溶媒を混合し、混合溶媒とすることでHSPは変化する。混合溶媒のHSPは、純溶媒のHSPに体積比を用いて平均化して推算されてきた。以下のように表される。

$$\delta_{mix} = \phi_1 \cdot \delta_1 + \phi_2 \cdot \delta_2 \quad (4)$$

ここで ϕ は体積分率、添字1および2は成分1および成分2を表す。しかし、これでは混合による非理想性の影響が明確でない。そこで、物性値を用いて混合溶媒のHSPを算出する。表面張力から δ_s 、屈折率から δ_n 、誘電率から δ_p 、そして溶媒極性パラメータから δ_h を算出することができる。

2.3. 実験方法

(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たら）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) 4種類の蜜柑種皮によるd-limoneneの抽出

(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、(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。

(3) d-Limoneneの抽出および蜜柑塩の生成

(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。

(4) 混合溶媒のHSP算出

体積比が(1:9, 2:8, 3:7, 4:6, 5:5)となるように混合溶媒を調製した。無極性-無極性、極性-無極性および極性-極性の混合溶媒を42系調製した。無極性溶媒としてhexane、tolueneおよびo-xyleneなど5種類、極性溶媒としてacetone、ethanolおよび水など9種類を用いた。混合溶媒の密度、表面張力、屈折率および誘電率はそれぞれ密度・音速計（Anton Paar, DSA 5000M）、表面張力計（Biolin Scientific, Sigma701）、デジタル屈折計（株式会社アタゴ, RX7000α）および液体用誘電率計（日本ルフト株式会社, Model871）を用いて液温 298 Kにした後、測定した。

(5) レモンガラス抽出デモ実験

レモンガラス約 10 gに対して溶媒 30 mlを添加し、抽出温度 298 K、抽出時間 24 hで溶媒抽出した。抽出溶媒はethyl acetate、methyl ethyl ketone、1-butanolおよび水を用いた。

2.4. 実験結果および考察

(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

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

る組成比を求めた。結果をTable 1に示す。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との関係から描いたHansen Solubility SphereをFig. 3に、抽出量との相関を行った結果をFig. 4に示す。Fig. 3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。これらの結果より、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出来ると考えられる。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。

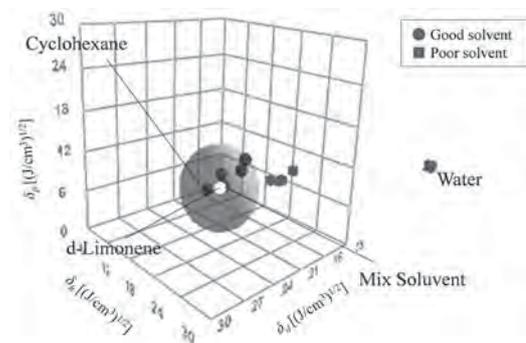


Fig. 3. Hansen solubility sphere method

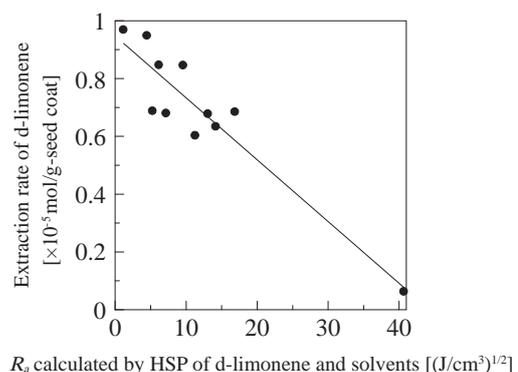


Fig. 4. Relationship between R_a and extraction rate of d-Limonene

(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Table 2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。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い。

Table 2. Amount of extracted d-limonene of various

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

(3) 混合溶媒のHSP算出

無極性-無極性混合溶媒ではHSPに非理想性は見られないが、極性溶媒を混合した場合はHSPに非理想性が見られることがわかった。Fig. 5にWater-Ethanol混合系の結果を示す。

直線は体積比より推算した混合溶媒のHSPで、●は物性値から算出した混合溶媒のHSPである。混合溶媒には非理想性が見られることから、混合溶媒を抽出溶媒として用いる場合は注意せねばならない。

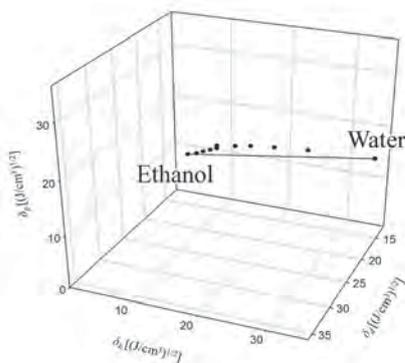


Fig. 5. 3D plot of Water-Ethanol mixed solvent

(4) d-Limoneneの抽出および蜜柑塩の製造

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%)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風味豊かな塩を生成することに成功した。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の梅蜜柑塩が得られた。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。梅蜜柑塩の他にも蜜柑の皮と梅エキスを混合することにより、梅蜜柑ペーストを生成した。本研究では蜜柑種皮からの抽出液を用いていることから、食品加工工程から排出される食品廃棄物の有効活用にも役立つと考える。

(5) レモングラス抽出デモ実験

レモングラス抽出デモ実験により得られた抽出液をFig. 6に示す。芳香成分との R_d が小さい溶媒を用いて抽出した液は、色の濃い部分が多く抽出されていることが確認できた。

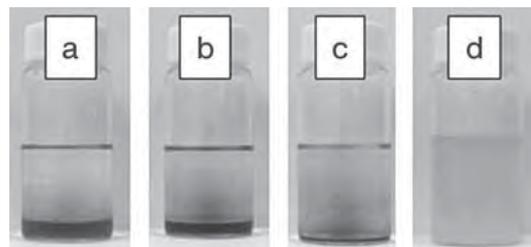


Fig. 6. Extraction liquid of lemongrass using some solvents (a) Ethyl acetate, (b) Methyl ethyl ketone, (c) 1-Butanol, (d) Water

(6) レモングラス抽出デモ実験

水を抽出液としてレモングラスの葉と茎から芳香成分を抽出した結果をTable 3に示す。留出液中に含まれているcitral、citronellalおよびgeraniolは茎よりも葉の方から多く抽出されていることが分かった。d-limoneneは、抽出液からはピークが確認できなかった。

Table 3. Distillate extracted from Lemongrass

部位	Citral [wt%]	Citronellal [wt%]	Geraniol [wt%]	Limonene [wt%]	aroma components [wt%]
茎	>7.3	>4.0	>1.7	-	>13.1
葉	>15.5	>8.7	>10.6	-	>24.1

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、蜜柑塩をはじめ様々な天然物の製品化に適用できると考える。

3. 脂質に対するヘアブリーチ剤添加や紫外線照射で生じる過酸化最終産物としてのアルデヒド類の分析

長岡康夫*³

3.1. 頭皮や毛髪の脂質成分とその酸化

毛髪は繊維状のタンパク質が束のように集まっており、その隙間に脂質や水分、微量元素など他の成分が近接した状態で構成されている。それらの成分組成は、タンパク質が80~90%、水分が12~13%であり、脂質が1~8%を占める。この毛髪脂質の脂肪酸組成は、直鎖飽和脂肪酸が約35%、分岐飽和脂肪酸が約20%、そして、不飽和脂肪酸が約45%と報告されている⁶⁾。また、頭皮の皮脂腺から分泌される皮脂には、多くの脂質成分が含まれており、その一部である脂肪は、微生物による分解を受けて脂肪酸となり、それが頭皮を覆っている⁷⁾。このように頭皮および頭皮には高い割合で脂肪酸成分が含まれており、これらの酸化が及ぼす影響が予測される。特に、頭皮と頭皮においては、太陽からの紫外線の照射や毛髪美容に伴うヘアブリーチ剤や染毛剤の使用など、外因性の酸化要因を強く受ける。そこで我々は、これらの要因が脂質酸化に与える影響について調べることにした。

不飽和脂肪酸の酸化課程については、多くの報告があり、過酸化最終生成物としてアルデヒド体が生成することが知られている⁸⁻¹⁰⁾。Fig. 7には、オレイン酸の過酸化反応機構と予測されるアルデヒド体を示した。

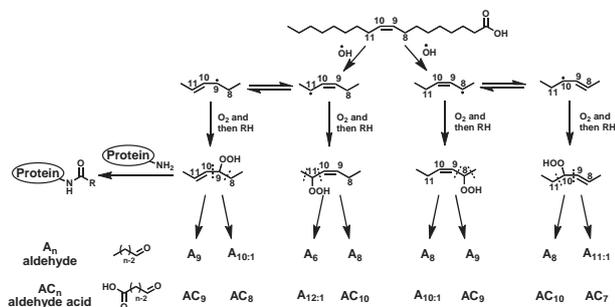


Fig. 7. オレイン酸の酸化反応機構と酸化最終産物として生成が予測されるアルデヒド類の構造

本研究では、毛髪や皮脂に含まれる脂肪酸のUV照射やヘアブリーチ剤による酸化を過酸化最終産物であるアルデヒド類の生成を指標に検証した。

3.2. ヘアブリーチ剤による脂肪酸の酸化とアルデヒド類生成

各種脂肪酸にヘアブリーチ剤(2%アンモニア水と6%過酸化水素水と1:1で用事混合した液)を加え、37°Cで30分間攪拌し、生成するアルデヒド類をCHD(1,3-シクロヘキサジオン)法を用いて同定・定量を行った。

*3 化学生命工学部教授 博士(薬学)

その結果、Table 4に示すように不飽和脂肪酸において、予測通りに不飽和結合の位置の酸化により生成したと考えられる鎖長のアルデヒド類が検出された。それと共に予想外の短鎖アルデヒド類も検出された。

Table 4. 脂肪酸をヘアブリーチ処理した際に生じるアルデヒド

	脂肪酸	脂肪 1 mmol当りのアルデヒド生成量(10 ⁻² nmol)							
		A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	A ₆	A ₇	A ₈	A ₉
飽和脂肪酸	パルミチン酸 (16:0)	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.18
不飽和脂肪酸	パルミトレイン酸 (16:1, n-7)	2.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.98	0.00	0.08
	オレイン酸 (18:1, n-9)	4.89	0.00	0.00	0.00	0.88	0.17	0.25	2.74
多価不飽和脂肪酸	リノール酸 (18:2, n-6)	0.90	0.00	0.00	3.47	10.7	0.00	0.00	1.05
	α-リノレン酸 (18:3, n-3)	0.80	3.47	0.00	0.00	0.21	0.00	0.00	0.00
分枝脂肪酸	スクアレン	0.00	0.00	0.00	0.00	0.43	0.00	0.00	0.47

*各値はコントロールにおけるアルデヒド量を差し引いた値である。

3.3. 紫外線照射による脂肪酸の酸化とアルデヒド類生成

次に、各種脂肪酸に約160 mW/cm²の強度のUV照射を3時間行った。これは、8月の東京での2~3週間の照射量に相当する。その結果、Table 5に示すように不飽和脂肪酸において、予測通りに不飽和結合の位置の酸化により生成したと考えられる鎖長のアルデヒド類が検出された。それと共に、ブリーチ剤による処理の時と同様に予想外の短鎖アルデヒド類が検出された。ただし、その割合はブリーチ剤の時と比べて多くなった。

Table 5. 脂肪酸にUV照射した際に生じるアルデヒド類

	脂肪酸	脂肪 1 mmol当りのアルデヒド生成量(10 ⁻² nmol)							
		A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	A ₆	A ₇	A ₈	A ₉
飽和脂肪酸	パルミチン酸 (16:0)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
不飽和脂肪酸	パルミトレイン酸 (16:1, n-7)	4.41	0.00	0.00	12.1	11.1	14.5	0.83	0.44
	オレイン酸 (18:1, n-9)	2.65	3.49	0.66	1.73	6.21	2.09	1.62	6.57
多価不飽和脂肪酸	リノール酸 (18:2, n-6)	4.11	1.68	5.88	11.1	92.5	1.82	0.00	6.06
	α-リノレン酸 (18:3, n-3)	106	704	18.9	0.00	23.3	0.00	0.00	0.00
分枝脂肪酸	スクアレン	1.42	0.55	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00

*各値はコントロールにおけるアルデヒド量を差し引いた値である。

短鎖アルデヒド類の生成については、不飽和脂肪酸の二重結合の酸化により生成した長鎖アルデヒド類を基質とした二次的な反応により生成したと考えられる。例えば、Fig. 8に示すようなノリッシュII型の自己開裂型の遊離基を中間体とした反応により、長鎖アルデヒドからアセトアルデヒドが生成することが知られており、今回のUV照射実験においても同様の反応が進行した可能性がある。更に、不飽和脂肪酸の酸化による不飽和度の増加の可能性もあり、この場合も脂肪酸鎖の末端側に二重結合が形成されることにより、その部分の酸化開裂による短鎖アルデヒド形成が予測される。これらについては、今後その証拠となる反応中間体の検出による実証が待たれる。

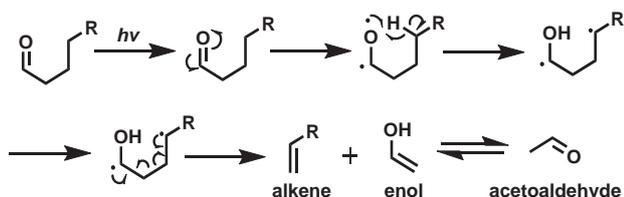


Fig. 8. 長鎖アルデヒドへのUV照射によるアセトアルデヒドの生成機構 (ノリッシュII型反応機構)

3.4. 結論

ヘアブリーチ剤やUV照射により、不飽和脂肪酸が酸化さら、様々な炭素鎖長のアルデヒド類が生成することが確認された。アルデヒド類は悪臭のもとになるだけでなく、アミノ酸側鎖の修飾によるタンパク質変性作用も有する。このことから、頭皮や頭髮での同様の化学反応は美容の観点から好ましくない現象であり、今後、今回の知見を基に頭髮や頭皮で同様の反応が生じていないか検証すると共に、その予防・改善法の開発が求められる。

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*4

4.1. 味噌とメイラード反応について

味噌は日本古来の伝統的な食材であるが、近年、日本人の食の洋風化や嗜好の変化などで味噌の消費量は年々減少している。1990年に2人以上の世帯の味噌年間消費量は約9.5kgであったが、2016年には5.4kgまで減少している。この消費量の減少の要因の一つが、即席味噌汁の消費量の増加が挙げられる。即席味噌汁には、生味噌と粉末あるいはフリーズドライ味噌として使用している。前者の場合には、長期間保存による味噌色の褐変の問題と後者の粉末味噌の場合には、製造時の焦げ味噌の生成の問題が挙げられる。この二つの問題は、何れも糖とアミノ酸の反応で起きるメイラード反応が要因である。

メイラード反応は、最初はアミノ基とカルボニル基による Schiff 塩基が形成され、次いでこれがアマドリ転位してアマドリ転位生成物となる。この生成物がさらに反応して、反応性の高い中間体を形成した後、最終的にはメラノイジンと呼ばれる重合体の褐色生成物を形成する¹¹⁾。しかしながら、メイラード反応機構およびメラノイジンの化学構造は、出発材料の多様性もあり確定されていないのが現状である。本反応の後期段階において AGEs と称される物質 (終末糖化産物、後期糖化生成物) が生成され、病気の原因になり得ることが確認されている。この抑制物質の一つとしてアミノグアニジンが報告され、この化合物は糖尿病性腎症治療薬として開発され

*4 化学生命工学部教授 学術博士

たが、実用化には至っていない。

食品におけるメイラード反応を抑制することは、多くの加工食品における色の安定化には重要な課題となっている。我々の研究室では褐変を抑制するために、食品加工廃棄物からメイラード反応阻害物質を広く探索し、醤油粕やそば殻、餡粕などのポリフェノール化合物が有効であることを明らかにしている¹²⁾。これらポリフェノールのような抗酸化物質は、後期課程反応の進行を抑制し、メイラード反応阻害剤となり得ることが明らかになっている。そこで、味噌の主メラノイジン生成物となり得るキシロース・グリシン反応系の前期反応生成物である蛍光物質の生成の阻害物質の探索を目標に、種々の食品加工廃棄物の探索を再度行った。その結果、焦げ味噌エタノール抽出物にメイラード反応阻害効果を見出した¹³⁾。そこで、メイラード反応の前期反応生成物の抑制効果を見出す化合物の同定を試みた。その結果、メイラード反応阻害物質は大豆中に含まれるポリフェノールであった。分子量254のダイゼイン、分子量270のゲニステインであった。本年度は、実際に抽出物ではなく、試薬での評価と実際に試薬を使用した時の加工食品における評価系の検討について報告する。

4.2. 焦げ味噌成分であるポリフェノールのメイラード反応阻害効果の検証

醤油のメラノイジン色素の主反応である各濃度0.1M D-xyloseとglycineを含む67mMリン酸緩衝液 (pH 7.2) を指標にした。この反応は、恒温恒湿度器を用いて温度60℃、湿度50%で48時間インキュベートした。メイラード反応後期生成物質である経口性色素であるAGEsの生成阻害率を算出した。

$$\text{阻害率(\%)} = \left\{ 1 - \frac{X - X''}{Y - Y''} \right\} \times 100$$

(X, X'', Y, Y'' : 順に試料, 0hの試料, ブランク, 0hのブランクの蛍光強度)

なお、励起波長390nm、蛍光波長450nmであった。

焦げ味噌エタノール抽出物からシリカゲルクロマトグラフィーおよびゲルろ過クロマトグラフィーによって、阻害活性成分の同定を行ったところ、反応系5mlに0.5mg添加した場合、ダイゼインと同定されたピークは52.5%阻害し、ゲニステインと同定されたピークは3.2%阻害であった。この二つの化合物は以下の違いであり、水酸基の有無によって活性が影響されることが判明した。シリカゲル後の混合エキスの両ポリフェノールの存在比は、2.1:1.0であった。そこで、市販試薬においても同様に検証したところ、同様の阻害活性を確認することができた。

4.3. ダイゼインおよびゲニステインを用いたグリシン添加米飯への応用試験

一般に、静菌剤にはグリシンが添加されており、グリシンは枯草菌の胞子の発芽抑制効果があるために利用されている。しかしながら、炊いたり、蒸したりする加工食品においては、グリシンは糖と反応して褐変化するために、静菌剤に利用されていない。その結果、お弁当の米飯および蒸しパンなどの消費期限は短くなっている。そこで、今回、一般に利用されているグリシン濃度およびグリシン無添加の静菌剤の米飯への使用量を考慮して、以下の反応系におけるダイゼインおよびゲニステインの効果について検討を行った。白米 300 g に対し、水 350 ml 中にグリシン 0.37 g 添加した。そこで、グリシン-キシロース反応系でのポリフェノール効果の濃度比を計算して、この米飯系においては、ダイゼイン 5.0 mg、ダイゼインとゲニステインを各々 3.4 mg と 1.6 mg の添加を行い、褐変化の阻害効果を比較した。米飯後の色の変化は、分光計測計（コニカミノルタ CM5）を用いて、黄色の指標である b 値の比較検討を行った。

その結果、通常の米飯の b 値は 8.6 に対し、グリシン添加で 13.4 に上昇した。ダイゼイン単独では、その b 値は 10.1 に低下し、ダイゼインおよびゲニステインの混合添加の場合には 9.4 まで低下した。図に示しているように、グリシンのみ添加の場合、褐変しているがポリフェノール添加で褐変が抑制される傾向になった。今後はこの濃度の影響なども検討する必要があると思われる。



Fig. 9. グリシン添加した米飯への影響

4.4. 展望

今回、ダイゼインおよびゲニステインの添加によって、グリシン添加した米飯の褐変化を抑制できる可能性が示唆された。しかしながら、試薬として添加した場合に、その価格などの問題から、この代替品の模索も必要であると思われる。また、このダイゼインのメイラード反応阻害効果は、メイラード反応中間体の生成や中間体物質同士の重合、縮合の抑制による可能性を予測できた¹³⁻¹⁵⁾。さらに、ダイゼインとゲニステインの抑制効果の差を考えると、抑制効果はポリフェノール中のケトン基であると予測できた。今後は、様々な類似したポリフェノール化合物を用いた阻害効果の検証も必要である。

5. カテキン 3 位水酸基アシル化体の効率的合成法の開発

住吉孝明*⁵

5.1. 緒言

ポリフェノールの一種であるカテキンは、種々の生理活性を有することが知られている。特に、緑茶に含まれる epicatechin (EC)、epigallocatechin (EGC)、epicatechingallate (ECG)、epigallocatechin gallate (EGCG) の 4 つのカテキンは、緑茶の健康増進作用の主役と考えられる (Fig. 10)。世界的な健康志向の高まりから、近年緑茶の需要が増加している。それに伴い、緑茶生産から生じる茶葉等の廃棄物の有効利用法の開発が望まれている。使用済みの茶葉にはまだ多くのカテキン類が残存しており、それらの効率的抽出法が報告されている。本研究では、これらのカテキン類を化学修飾により高機能化し、廃棄物から利用価値の高い化合物を創製することを目的とする。

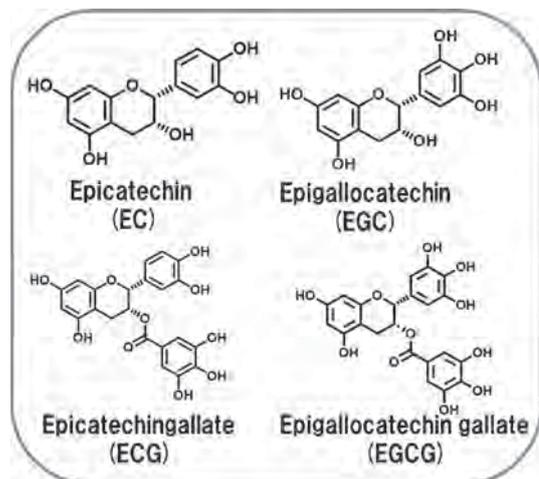


Fig. 10. 緑茶に含まれる主なカテキン類

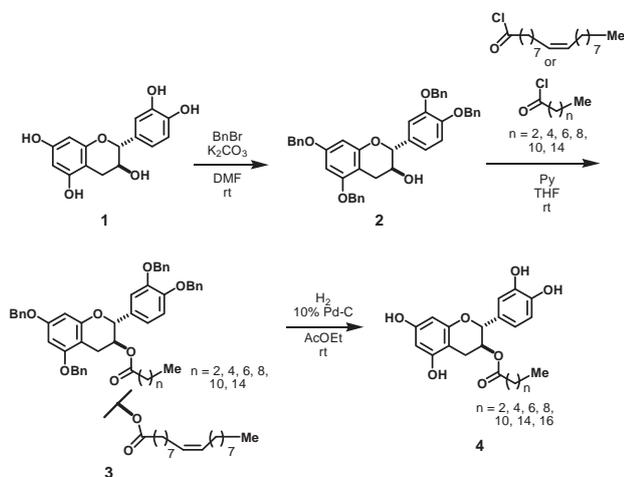
5.2. カテキン 3 位アシル化反応開発の意義

カテキンには合計 5 つの水酸 (-OH 基) があり、それらのうち 4 つのフェノール性水酸基は抗酸化能を発現するために必須とされている。これまでに、抗酸化作用に直接寄与しないと考えられるカテキン類の 3 位水酸基を、種々の脂肪酸で選択的にエステル化した化合物群が抗菌活性や抗腫瘍活性を示すことを報告した。しかしながら、従来の合成方法は毒性の高いトリフルオロ酢酸が必須であるとともに、アシル化反応が非選択的に起こった副生成物が複数生じるため、精製が煩雑で実用化は困難であった。そこで、本研究では 3 位水酸基の効率的なアシル化反応を確立することを目的とする。また、種々の誘導体を合成して新たな生理活性を見出すべく、検討を行った。

*5 化学生命工学部准教授 博士 (薬学)

5.3. カテキン 3 位のエステル化法の開発とカテキン誘導体の合成

(+)-catechin(1)をDMF溶媒中で、炭酸カリウム存在下、臭化ベンジルと反応させ、24時間攪拌した。2-propanolで再結晶し、収率45%で化合物2を得た。次に、化合物2をTHF溶媒中で、ピリジン存在下、種々の炭素鎖長をもつ脂肪酸クロリドと反応させ、3位をアシル化した化合物3を固体として取り出すことに成功した。精製後、水素雰囲気下でPd/Cを用いて接触還元して、目的とする3位アシル化体を高純度で得た (Scheme 1)。本方法は、毒性のあるトリフルオロ酢酸の使用と副生成物生成を回避することができるため、これらの化合物の大量生産により適した方法である。



Scheme 1. カテキンの3位水酸基の効率的アシル化法

5.4. 3位アシル化体の炭素鎖に着目した構造活性相関

これらの化合物群を用いて、新たな3位アシル化体の生理活性を見出すべく、抗炎症作用を評価した。マクロファージ様細胞RAW264を大腸菌由来リポ多糖 (LPS) で刺激することで誘導されるIL-6をELISA法により定量した。化学修飾を行っていない(+)-catechin、各3位アシル化体の抗炎症作用を評価したところ、各アシル化体は(+)-catechinよりも強いIL-6産生抑制作用を濃度依存的に示した。また、これらの抗炎症作用はエステル脂肪鎖の炭素数が多くなるにつれて強まる傾向を示した。

5.5. 考察

従来のカテキン3位アシル化反応の課題であった、高毒性試薬の使用と副生成物生成に由来する低収率を改善すべく、フェノール性水酸基をベンジル保護する新規合成方法を確立した。本方法を用いて、炭素数の異なる脂肪酸の酸クロリドを用いて誘導体を簡便に合成することができた。得られた化合物群を用いて抗炎症作用の有無を調べたところ、化学修飾する前の(+)-catechinに比

べて、各3位アシル化体は強いIL-6産生抑制作用を示した。本方法を用いれば、現在廃棄されている茶葉から抽出できるカテキン類を効率的に化学修飾し、機能を高めた製品として有効活用することが期待できる。

6. 食品廃棄物の熱水抽出物による抗炎症作用

山崎(屋敷)思乃*⁶、橋田浩二*⁷、片倉啓雄

6.1. 緒言

炎症は内的・外的ストレスに対する生体防御反応である。炎症は大きく急性炎症と慢性炎症に分類され、急性炎症は、微生物の感染や創傷などにより一過的に誘導されるのに対し、慢性炎症は非感染性の炎症であり、軽度ではあるが炎症反応が持続することで正常な細胞や組織を傷害し、自己免疫疾患や生活習慣病の要因となる¹⁷⁾。したがって、慢性炎症の制御は重要な課題であり、特に、日々の食や食由来成分による制御が期待されている。

2016年度までに、腸管における抗体産生を増強する食品廃棄物の熱水あるいはエタノール抽出物の探索を行い、食品廃棄物Xの熱水抽出物が抗体産生を抑制することを明らかにしていた。このことから、本年度は食品廃棄物Xの熱水抽出物の抗炎症作用を評価することとした。炎症には、マクロファージなどにより産生されるInterleukin (IL)-6およびTNF- α などの炎症性サイトカインが関与することから、抗炎症作用はマウス由来マクロファージ様細胞であるRaw264細胞をリポ多糖(Lipopolysaccharide; LPS)で刺激することで誘導されるIL-6およびTNF- α の産生が抑制されるかどうかで評価した。また、この熱水抽出物による抗炎症作用の作用機序の解明と抗炎症作用をもたらす成分の同定を試みた。

6.2. 実験

(1) 熱水抽出

食品廃棄物Xを60℃で乾燥後、粉碎し、粒径225~335 μm の乾燥試料を得た。乾燥試料5gにイオン交換水100mlを加え、pH 2、6およびpH 10に調整しながら、100℃にてそれぞれ90分間熱水抽出した。その後、吸引ろ過により残渣を除いた可溶性画分を熱水抽出物とした。熱水抽出物の濃度は、エキスを乾燥後、重量を測定することで算出した。

(2) 抗炎症成分の分画

熱水抽出物をCentriprep[®] Centrifugal Filter 30K (Merck Millipore)を用いて限外ろ過し、高分子画分と低分子画分に分画した。pH 2あるいは7に調整した低分子画分に2容の酢酸エチルを加え攪拌し、水層と酢酸

*6 化学生命工学部助教 博士 (工学)

*7 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

エチル層に分画した。各画分をエバポレータにより濃縮乾固し、超純水に溶解して実験に供した。

(3) 抗炎症作用の評価

RAW264 細胞は 10%ウシ胎児血清、100 U/mlのペニシリンおよび 50 ng/mlストربتマイシンを含む DMEM 培地中にて維持した。RAW 264細胞を 96穴プレートに 1.0×10^5 cells/wellとなるように播種し、37°C、5%CO₂ 存在下で 3時間前培養した。熱水抽出物あるいはその分画画分を添加して 3時間培養した後、LPS (*Escherichia coli* O55 : B5由来) 10 ng/mlを添加し、24時間培養した。培養上清中の IL-6 および TNF- α 濃度は、ELISA法により測定した。

細胞毒性は、細胞生存率の測定により評価した。すなわち、RAW264 細胞を 96 穴プレートに 1.0×10^5 cells/wellとなるように播種した。37°C、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. 結果と考察

・食品廃棄物Xの熱水抽出物の抗炎症作用

食品廃棄物Xから調製した熱水抽出物の抗炎症作用を評価したところ、pH 2 および 6にて調製した熱水抽出物は、LPSにより誘導されるIL-6 産生を濃度依存的に抑制した (Fig. 11)。また、これらの熱水抽出物による細胞毒性は観察されなかったことから、抗炎症作用であることが明らかとなった。一方で、いずれの熱水抽出物においても、LPSにより誘導されるTNF- α 産生の抑制は確認されなかった。LPSは免疫細胞に発現するToll様受容体 (TLR) 4 から細胞内にシグナルを伝達するが、その下流において、IL-6 産生にはI κ Bをリン酸化し、最終的に転写因子NF- κ Bを活性化する経路、TNF- α にはJNKを活性化し、最終的に転写因子AP-1 を活性化する経路が関与することが報告されており¹⁸⁾、本熱水抽出物に含まれる抗炎症成分は、I κ Bをリン酸化や複合体の形成の阻害に関与する可能性が示された。

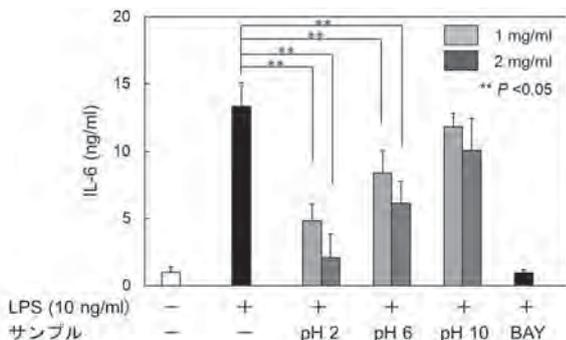


Fig. 11. 食品廃棄物Xの熱水抽出物によるIL-6産生の抑制
BAY : 抗炎症作用のポジティブコントロール
BAY11-7085 (5 μ g/mL)

限外ろ過により分子量 30,000 で分画を行ったところ、低分子画分にIL-6 産生の抑制作用が認められた (Fig. 12)。また、pH 2 あるいは 7 に調整した低分子画分を酢酸エチルでさらに分画すると、いずれも水層画分に抗炎症作用が確認された。本研究で見出した抗炎症成分は、これまでに食品廃棄物Xの抗炎症成分として報告がある脂肪酸エタノールアミドとは異なると考えられ、食品廃棄物Xの熱水抽出物中の抗炎症成分のさらなる分画と同定を進めている。

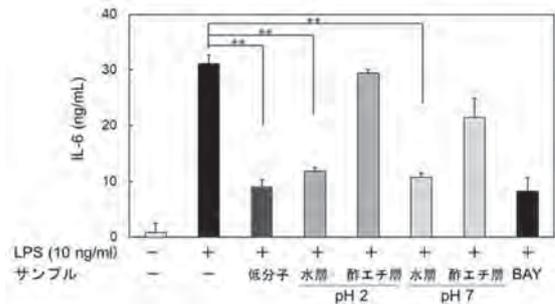


Fig. 12. 熱水抽出物の分画成分によるIL-6産生の抑制

6.4. 結言

食品廃棄物Xの熱水抽出物の低分子画分に抗炎症作用を見出した。既報の抗炎症成分は、LPSにより誘導されるTNF- α とIL-6 産生を同時に抑制するものが多いのに対して、本研究で見出した成分はIL-6産生を抑制するが、TNF- α を抑制しないユニークな作用機序を持ち、新たな炎症の制御の可能性を示すものと期待される。

7. バナナの皮からの活性炭製造

林順—*8

7.1. 緒言

本研究室では、バナナの皮の炭化物が調湿材、硫化水素除去、カドミウム除去剤として高い性能を有していることを明らかにしてきた。そして、バナナの皮炭化物に含まれる塩化カリウムと窒素分が高性能化に重要な役割を果たすことを明らかにした。しかし、バナナの皮炭化物の比表面積は非常に小さく (10 m²/g以下)、これを大きくすることができれば更なる性能の向上が期待できる。そこで、バナナの皮を原料とし、種々の方法で活性炭を製造し、製造方法が高性能に重要な役割を果たす塩化カリウム、窒素の含有量に及ぼす影響について検討した。

7.2. 実験

(1) 活性炭の製造

活性炭は炭酸カリウム、塩化亜鉛、リン酸を用いた薬品

*8 環境都市工学部教授 博士 (工学)

賦活法と二酸化炭素によるガス賦活法によって製造した。

• 薬品賦活法

炭酸カリウムを用いた場合の含浸率は1.0、塩化亜鉛、リン酸を用いた場合は含浸率を2.0とした。炭化・賦活条件は、窒素気流中で昇温速度10℃/minで所定の炭化・賦活温度(400~900℃)まで昇温し、その温度で1時間保持の後、室温まで冷却して炭化物を得た。この得られた炭化物を炭酸カリウムを賦活剤に用いた場合には熱水で、塩化亜鉛、リン酸を賦活剤に用いた場合には、1.00 mol/Lの塩酸および熱水を用いて炭化物中に残留している賦活剤を除去して活性炭を得た。

• ガス賦活法

バナナの皮を窒素気流中で炭化温度850℃まで10℃/minで昇温し、1時間保持して炭化を行い、二酸化炭素に切り替えて1時間賦活を行って活性炭を製造した。

(2) 活性炭の物性

• 細孔構造

得られた各炭化物に対する液体窒素温度における窒素吸着等温線を定容式吸着量測定装置BELSORP-mini(マイクロトラック・ベル製)を用いて測定し、BET式を適用して比表面積を求めた。また、相対圧0.10における吸着量からミクロ孔容積を相対圧0.95と0.10における吸着量の差からメソ孔容積を求めた。なお、測定前に試料の表面の洗浄のために200℃で2時間脱気処理を行った。

• 元素分析

活性炭の元素分析値(C, H, N, O)を全自動元素分析計2400 II(パーキンエルマー社製)を用いて乾量基準で求めた。

7.3. 結果と考察

(1) 薬品賦活法による活性炭の製造

Fig. 13に薬品賦活法における炭化・賦活温度、賦活剤が比表面積に及ぼす影響について示した。

炭酸カリウムを賦活剤に用いた場合、炭化・賦活温度800℃までは温度の上昇に伴い、比表面積が大きくなっている。炭化・賦活温度800℃で最大となり、約2500 m²/g

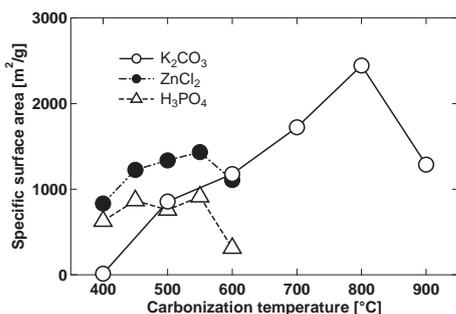


Fig. 13. 炭化・賦活温度、賦活剤が比表面積に及ぼす影響

という非常に大きな比表面積を有する活性炭を製造できた。塩化亜鉛、リン酸を賦活剤に用いた場合、550℃で比表面積が最大となり、その値は塩化亜鉛の場合、約1500 m²/g、リン酸の場合約1000 m²/gとなった。いずれにしても炭化物の比表面積よりも大きな比表面積を得ることができた。

Fig. 14に炭化・賦活温度が細孔容積に及ぼす影響について示した。炭酸カリウムを賦活剤に用いた場合は、ミクロ孔が主体の細孔構造となっている。これに対して、塩化亜鉛、リン酸を賦活剤に用いた場合、炭酸カリウムと比較してミクロ孔容積は小さいがメソ孔容積が大きく、メソ孔が発達した細孔構造であることがわかる。

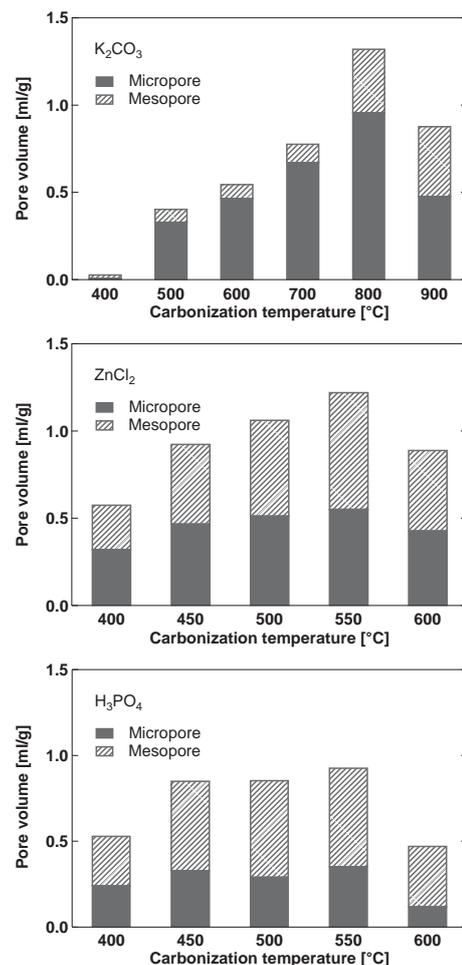


Fig. 14. 炭化・賦活温度、賦活剤が細孔容積に及ぼす影響

各々の賦活剤を用いて製造した活性炭で比表面積が最大となった活性炭の元素分析を行った。塩化亜鉛の場合活性炭中に窒素が2.31%、リン酸を用いた場合には4.73%含まれていたが、炭酸カリウムを用いた場合は0.53%とほぼ窒素は含まれていなかった。また、XRD分析の結果、すべての活性炭について塩化カリウムのピークが見られなかった。薬品賦活法では熱水、塩酸による洗浄過程があり、このときに塩化カリウムも洗い流されたと考えられる。

(2) ガス賦活法による活性炭の製造

ガス賦活法による活性炭では洗浄過程が無い場合、塩化カリウムを含む活性炭が期待できる。そこで、850℃で1時間炭化を行った後、さらに850℃で1時間、二酸化炭素賦活を行った。そして、得られた活性炭の比表面積は4.7 m²/gと非常に小さな値となった。これは、塩化カリウムが賦活の際に触媒として作用するために、賦活が炭化物の細孔内で起こらず、細孔の入口付近のみで起こるために細孔構造が発達しなかったためだと考えられる。

そこで、バナナの皮あるいはバナナの皮炭化物を熱水で洗浄して塩化カリウムの含有量を低減させて炭化、賦活を行って活性炭の製造を試みた。Table 6にその結果をまとめた。

Table 6. 脱灰が比表面積、細孔容積に及ぼす影響

	Specific surface area [m ² /g]	Micropore volume [ml/g]	Mesopore volume [ml/g]
none	4.7	0.002	0.011
raw	727.5	0.284	0.159
400℃ char	933.6	0.367	0.098
600℃ char	963.4	0.387	0.125

バナナの皮を洗浄した後に炭化・賦活するよりも、一度、低温で炭化してから洗浄した後に賦活の方が比表面積が大きくなることがわかった。

ガス賦活法で得られた活性炭に対して元素分析を行った。その結果、600℃の炭化物を脱灰してガス賦活法で得られた活性炭中に含まれる窒素の割合は2.55%であった。また、XRD分析の結果KClのピークが確認できた。

(3) 得られた活性炭に対する水蒸気吸着特性

得られた活性炭およびバナナの皮炭化物（炭化温度800℃）に対する水蒸気吸着等温線を測定し、その結果をFig. 15に示した。

炭酸カリウム、塩化亜鉛賦活で得られた活性炭については、低相対圧領域での吸着量が小さく、相対圧0.5付近からの吸着量の大きな増加が見られる。これに対して、リン酸賦活で得られた活性炭は、窒素を他の活性炭よりも多く含むため低相対圧領域での吸着量が多い。また、相対圧0.8付近からの吸着量の増加が見られる。これは、バナナの皮炭化物の場合と似ている。しかし、XRD分析では、バナナの皮炭化物に含まれ、吸着量の増加の要因であると考えられる塩化カリウムのピークは見られなかった。リン酸賦活の場合、結晶化していない塩化カリウムが含まれている可能性があると考えられる。ガス賦活法によって得られた活性炭について、低相対圧領域での大きな吸着量は見られなかったが、相対圧0.8付近からの吸着量の増加が見られた。これは、活性炭に含まれる塩化カリウムのためだと考えられた。

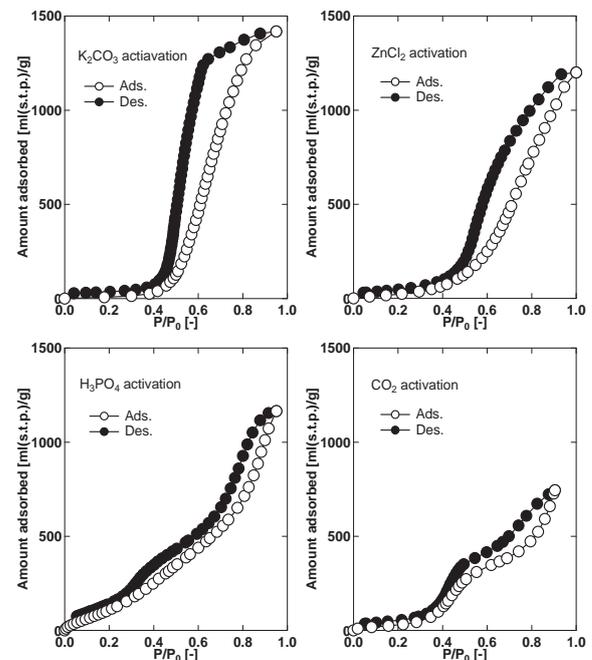


Fig. 15. 得られた活性炭に対する水蒸気吸着等温線 (25℃)

7. 4. 結言

バナナの皮を原料とし、リン酸賦活によって得られた活性炭は窒素を含み、結晶化されていないが塩化カリウムを含む可能性があることがわかった。このことから、バナナの皮炭化物の特性を維持したまま比表面積を拡大させるには、リン酸賦活が適していると考えられた。

8. バイオエタノール生産に適した酵母の交雑による育種

片倉啓雄、山崎(屋敷)思乃

8. 1. 諸言

バイオエタノール生産に用いる微生物には、蒸留コストと設備費の低減の観点からエタノール耐性が、冷却コストと酵素コストの低減の観点から耐熱性が、リグノセルロース系バイオマスを原料とする場合は収率向上の観点からペントース発酵能が求められるが、これら全てを兼ね備えた微生物はまだ報告されていない。

これまでに、清酒酵母ではストレス応答に関与するkinaseをコードする遺伝子LIM15をホモで欠失させると、エタノール濃度が高くなっても比生産速度が低下しないエタノール耐性を付与できることが知られている¹⁹⁾。また、原島らはSaccharomyces cerevisiaeの耐熱性には6つの遺伝子が関与することを明らかにしている²⁰⁾。Pichia属、Candida属などのキシロースを発酵する酵母では、キシロースがまずキシロースレダクターゼ (XR) によってキシロースに、キシロースがキシロースデヒドロゲナーゼ (XDH) でキシロースに、さらに、キシロースがキシロースキナーゼ (XK) によってキシロース-5-リン酸に変換され、その後、ペントースリン

酸経路から解糖系に入ってエタノールに変換される²¹⁾。エタノール発酵に汎用される*S. cerevisiae*では、ほとんどの株がXR、XDH活性を持たず、多くの株でXK活性も微弱であるため、キシロースを発酵することができない。他の微生物のXR、XDH遺伝子、あるいはキシロースイソメラーゼを組み込んだ*S. cerevisiae*も造成されているが^{21,22)}、工業スケールのバイオエタノール生産において、拡散防止措置を講じて組換え体を扱うことは容易ではなく、仮に講じることができたとしても、本プロジェクトで目指す六次産業化において、食品工場で組換え体を扱うことは事実上不可能である。

そこで本研究では、古典的な交雑育種によってバイオエタノールに適した酵母を育種した。*S. cerevisiae*はaもしくはαの性を持ち、異なる性をもつ1倍体が接合すれば接合子を形成して2倍体となる。2倍体も1倍体と同様に栄養増殖するが、貧栄養状態になると減数分裂して1倍体の胞子を4つ作るため、この生活環を利用した交雑育種が可能である。しかし、実用酵母の多くは高次倍数体であったり、胞子の形成もしくは発芽能を欠失しているため、通常の交雑育種を行えない。ところが、a/αの2倍体は 10^{-5} ~ 10^{-6} の頻度で性転換し、a/aもしくはα/αとなり、異なる性をもつ1倍体と接合することができる。この現象をレアメーティングと言²³⁾、得られた3倍体に再度1倍体をレアメーティングすれば4倍体を作製することができ、この4倍体に胞子を形成させれば、エタノール耐性のように劣性の優良形質をもつ酵母を育種することもできる。

そこで本研究では、エタノール耐性と耐熱性を兼ね備えた*S. cerevisiae*、および、キシロースを発酵できる*S. cerevisiae*の育種を進めてきた。ここでは、昨年度造成した耐熱性株の評価結果について報告する。

8.2. 材料と方法

NBRC、酒類総合研究所などの公的バンクまたは機関から購入した酵母、共同研究先から提供された酵母、大阪大学大学院工学研究科の金子嘉信教授から提供された*S. cerevisiae*計157株を用いた。胞子はRockmillの方法²⁴⁾で単離し、接合型はBY4741 (MATa)とBY4742 (MATα)を標準株として顕微鏡下で接合子を確認することによって行った。エタノールとグルコースは酵素法で測定した。

8.3. 結果と考察

まず、高いエタノール濃度でも高いエタノール比生産速度を保てる親株を選抜した。高糖培地（1%酵母エキス、2%ペプトン、20%グルコース、pH 5.5）で一晩培養後、1/4容の50%グルコースを追加し、エタノール比生産速度を比較したところ、手持ちの株の中では協会6

号酵母（以下K6株）が最も優れていた。次に、42℃で生育した4株のうちPS-28株を選抜して胞子を単離し、40℃で生育する一倍体PS-28-S6株を選抜した。K6株を20 μg/mLの臭化エチジウムを含むYPD培地で培養し、呼吸欠損株を得た。この株の培養液500 μLとPS-28-6s株の培養液50 μLを5 mLのYPD培地（1%酵母エキス、2%ペプトン、2%グルコース、pH 5.5）に植菌し、一晩静置培養した後、非発酵性のグリセリンを炭素源とするYPG培地（1%酵母エキス、2%ペプトン、2%グリセリン、pH 5.5）で好氣的に植え継ぐことによって3倍体を単離した（呼吸欠損のK6株はYPG培地で生育できず、1倍体のPS-28-6s株はレアメーティングした3倍体に比べて増殖が遅い）。得られた4倍体を、臭化エチジウム処理して呼吸欠損とし、再度PS-28-6s株とレアメーティングさせて、4倍体のK6PP株を得た（Fig. 16）。

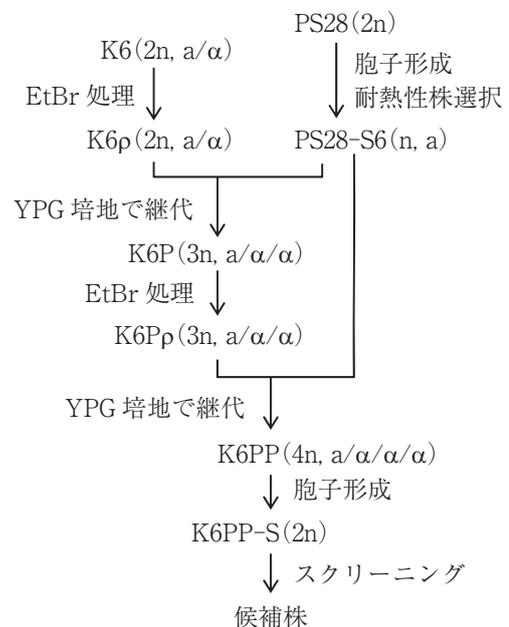


Fig. 16. 育種の概略

胞子形成は減数分裂を伴うため、得られた2倍体には、*LIM15*をホモで欠失してエタノール耐性を持ち、*HTG1*から*HTG6*の遺伝子を全てもつことによって耐熱性をもつ株が含まれているはずである。そこで、胞子の混合物を20%グルコースと5%(w/v)エタノールを含むYNB培地（1.7 g/L Yeast Nitrogen Base、5.0 g/L 硫酸アンモニウム、2.3 g/L アスパラギン酸ナトリウム、2.5 g/L クエン酸二水素ナトリウム、pH 5.5）に植菌して37℃で静置培養した。生育が確認できた時点で新鮮な同培地に植え継ぎ、次第に培養温度を上げて培養することで、両耐性を合わせ持つ株を濃縮した。40℃で生育した株を4株単離し、37℃で20%グルコースと3%(w/v)エタノールを含むYNB培地を用いて発酵試験を行ったところ、親株のK6株とPS-28株のエタノール比生産速度がそれぞれ0.77および0.58 g·g-dry-cell⁻¹·h⁻¹であったのに対

して、K6PP-S1株のそれは $1.22 \text{ g} \cdot \text{g-dry-cell}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ となり、両親株を上回る性能をもつ株を得ることができた (Fig. 17)。

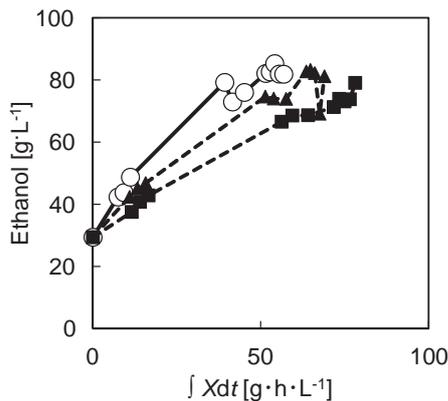


Fig. 17. 造成株の発酵試験
○K6PP-S1株、▲K6株、■PS-28株

8.4. 今後の展望

レアメーティングを用いた育種は幾つも報告されているが、3倍体を取得し両親の優性形質を合わせ持つ株を得るにとどまっている。これに対して本研究では、レアメーティングを2回行って4倍体とし、更に胞子形成に伴う減数分裂によって、劣性の形質を引き継ぐ育種を可能とした。今後、更に耐熱性とエタノール耐性を向上させると共に、ペントースの資化性の付与も行っていく。

9. 人はモノに感情移入できるか—擬人化商品への感情移入に関する探索的検討—

池内裕美*9

9.1. 問題

近年、人や動物を模った商品や、「顔」が印刷された商品パッケージ等、商品デザインや広告において、人でないものを人に擬した「擬人化」(personification)的な表現が多く見られるようになった。こうした擬人化商品は、見る者の注意を惹きつけ、双方性のつながりが期待できそうな印象を与えるといった特性を持つ。

では、なぜ擬人化商品が好まれるだろうか。その一因として、人間は社会的な生き物であるがゆえ、たとえ無生物であっても情動的な反応を読み取ろうとする点が挙げられる²⁵⁾。同様に、山根、佐藤²⁶⁾は、人間は擬人化された物から意思を読み取ることで感情移入(共感)し、それが擬人化商品への親しみや好印象につながり、擬人化商品に惹かれるものと考察している。しかし、消費者が擬人化商品に実際に感情移入するのか否かについては、半ば自明の理として扱われているため、未だ実証の余地が残されている。

*9 社会学部教授 博士(社会学)

そこで本研究では、擬人化商品への感情移入の有無について検討を行う。その際、他者への共感性研究の大半がネガティブな感情に注目してきたことから²⁷⁾、本研究でもモノに対してネガティブな感情状態を抱く場面(具体的には破損された状態)を想定する。そして、「非擬人化商品に比べ擬人化商品が破損された場合、人はより強くネガティブな感情を抱く」といった仮説を立て、その検証を試みる。

9.2. 実験

【実験計画】

擬人化の有無(2条件)×破損の有無(2条件)の2要因参加者内計画であった。

【参加者と実験時期】

大学生55名(男性17名、女性38名、平均年齢19.75歳、SD=1.40)、2017年6月に実施。

【実験材料】

擬人化商品画像(破損あり8枚、破損なし4枚)、非擬人化商品画像(破損あり4枚、破損なし4枚)の写真画像計20枚を作成(画像サイズは280px×550px)。擬人化商品としては、コアラ/ペンギンの形をしたクッキー、パンダ饅頭、たい焼きを、非擬人化商品としては知名度の高いシュークリーム、肉まん、ドーナツ、どら焼きを用いる(Fig.18参照)。

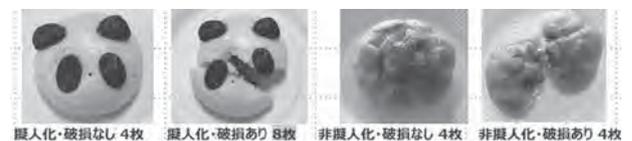


Fig. 18. 本実験の刺激画像

なお、本研究では2分割を「破損あり」としたが、擬人化商品の破損あり画像が8枚となっているのは、コアラのクッキーの破損画像のみ、2分割~5分割というように段階を設けたことによる(Fig.19参照)。



Fig. 19. コアラの分割画像

【実験手続き】

実験は、PC室にて一斉に実施された。商品画像が各自のモニタ中央に5秒間呈示され、その後注視点が20秒現れ、その間に従属変数となる感情移入項目群(「辛そうに感じる」、「可哀そうに思う」、「痛そうに感じる」、「何となく気持ちが悪い」等7項目)に6段階で評定することが求められた。これを1試行とし、評定はあらかじめ用意した質問紙に記入された。また、順序効果を抑制するために、呈示順序は個人によりランダム化された。

まず練習課題を2回行い、全20試行を終えた後、商品画像が何に見えたかに関する質問への回答、および「成人用アニミズム尺度」²⁸⁾と「共感的感情反応尺度」²⁷⁾に対して、5段階にて評定が求められた。

9.3. 結果

【操作性のチェック】

各商品が何に見えるか自由記述にて回答させたところ、擬人化商品220中201で擬人化的な回答が得られたので(約95.9%)、実験操作は成功したといえる(回答例:パンダ、パンダまん、パンダの饅頭、パンダのお菓子)。

【感情移入項目群の因子分析結果】

感情移入項目7項目を条件ごとに因子分析したところ、「可哀そうに思う」、「気の毒に思う」、「辛そうに感じる」、「苦しそうに感じる」、「痛そうに感じる」5項目と「なんとなく気持ちが悪い」、「なんとなく不快感を感じる」の2項目に分類された。よって前者を「ネガティブ感情移入因子」($\alpha=0.830\sim0.953$)、後者を「心理的抵抗因子」($\alpha=0.885\sim0.931$)と捉えることにする。

【擬人化×破損状態が感情移入に及ぼす影響】

擬人化の有無と破損の有無を独立変数、ネガティブ感情移入(ネガ感)と心理的抵抗(心抵)の尺度項目得点を従属変数として2要因の参加者内分散分析を行った。その結果、いずれも擬人化の有無、破損の有無の主効果、および交互作用が有意となった(ネガ感:順に $F(1, 54) = 227.69$, $F(1, 54) = 133.11$, $F(1, 54) = 215.35$, 全て $p < 0.001$; 心抵:順に $F(1, 54) = 251.32$, $F(1, 54) = 31.24$, $F(1, 54)$

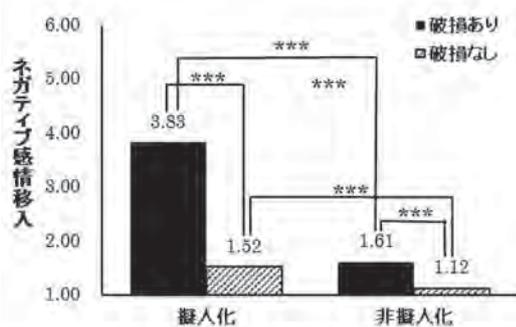


Fig. 20. 条件別ネガティブ感情移入得点

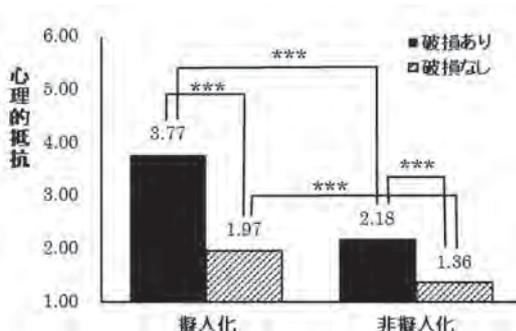


Fig. 21. 条件別心理的抵抗得点

= 113.12, 全て $p < 0.001$)。単純主効果検定の結果、Fig. 20、Fig. 21に示すように全ての条件間で有意差が認められ、擬人化×破損条件において最も感情移入および心理的抵抗感が高まること示された。

【破損状態が感情移入の程度に及ぼす影響】

破損状態5段階を独立変数、ネガティブ感情移入(ネガ感)と心理的抵抗(心抵)の尺度項目得点を従属変数として1要因の参加者内分散分析を行った。

その結果、いずれも主効果が有意となった(ネガ感: $F(4, 216) = 144.24$, $p < 0.001$; 心抵: $F(4, 216) = 76.61$, $p < 0.001$)。単純主効果検定の結果、Fig. 22、Fig. 23に示すように全ての条件間で有意差が認められ、分割数が多くなるほど感情移入および心理的抵抗感が高まること示された。

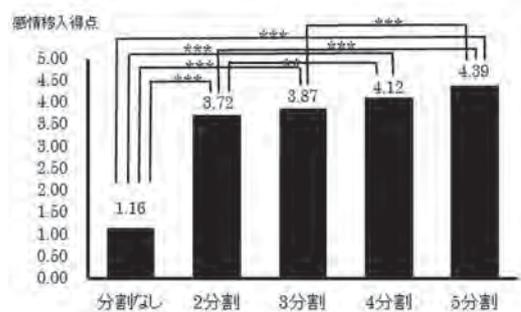


Fig. 22. 条件別ネガティブ感情移入得点

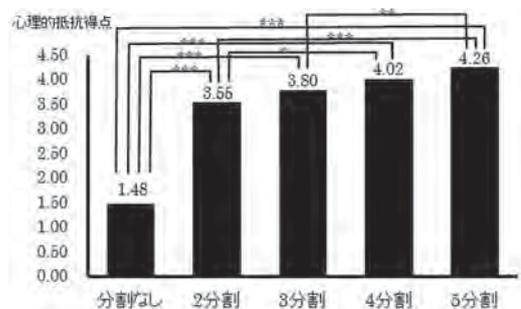


Fig. 23. 条件別心理的抵抗得点

9.4. 考察

本研究では、擬人化×破損条件において最も感情移入と心理的抵抗感が高まり、しかもその傾向は、破損状態が酷くなるほど、より顕著になることが示唆された。よって、仮説「非擬人化商品に比べ擬人化商品が破損された場合、人はより強くネガティブな感情を抱く」は支持され、Norman²⁵⁾や山根、佐藤²⁶⁾が主張するように、人には擬人化商品に対して少なからず感情を読み取ろうとする傾向が備わっていることが認められたといえる。

なお、本実験では、破損がなくても擬人化商品は非擬人化商品に比べて「可哀そう」や「痛そう」といった感情移入が有意に強くなること認められた。これは、日本人のアニミズム的思考の強さ²⁸⁾に基づく生物性知覚が反映された結果と考えられる。今後は、この点を明ら

かにするためにも、モノへの感情移入を規定する個人差要因に着目し、さらなる検討を行う必要があるといえる。

また、非擬人化商品においても、破損有り状態は無し状態に比べて、同様に「辛そう」などの感情移入が有意に強くなることが認められた。この理由としては、ネガティビティ・バイアス²⁹⁾により破損画像／箇所への注意が高まり、さらに視線カスケード効果 (gaze cascade effect)³⁰⁾により、好意度が高まったことに一因があると考えられる。なお、「視線カスケード効果」とは、視線を動かして対象を見るという行為と、好きなものを長く見るという行為が連鎖的に促進し合って、最終的な判断に至るというモデルである。上記の考察を確かめるためにも、視線計測法にて破損された擬人化商品への注目度を検討することも、モノへの感情移入を調べる上では興味深いアプローチの一つとして挙げられよう。この実験に関してはすでに着手しており、Fig. 24 はその結果の一部である ($n=28$)。今後は、多様な刺激画像を用いてより多くの参加者に実験を行い、結果の一般化を目指していきたい。

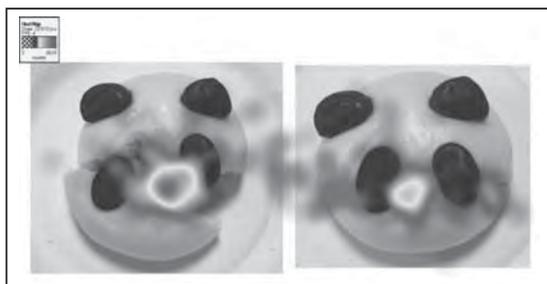


Fig. 24. 破損刺激に対する視線計測結果の一例
(ヒートマップ画像)

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 (2013 年度～2017 年度)」によって実施された。この場を借りて感謝の意を表したい。また、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。

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) T. Yamamoto *et al.*, *J. Soc. Cosmet. Chem. Jpn.*, 42, 185-200 (2008).
- 7) I. Byung *et al.*, *J. Investig. Dermatol. Symp. Proc.*, 10, 194-197 (2005).
- 8) J. Fangming *et al.*, *J. Bioresource Technol.*, 101, 7624-7634 (2010).
- 9) Y. Kato *et al.*, *J. Free Radical Biology & Medicine*, 37, 1864-1874 (2004).
- 10) K. Ishino *et al.*, *J. Chem. Res. Toxicol.*, 21, 1261-1270 (2008).
- 11) A. Pastore *et al.*, *Clin. Chem.*, 47, 1467-1469 (2001).
- 12) 長岡康夫, 河原秀久, 特許第4897229号.
- 13) 河原秀久 他, 特願2016-131996.
- 14) T. Gomyo *et al.*, *Agric. Biol. Chem.*, 53, 949-957 (1989).
- 15) H. Totsuka *et al.*, *Food Sci. Technol. Res.*, 15, 45-50 (2009).
- 16) M. D. Pacheco *et al.*, *American J. Food Technol.*, 7, 470-478 (2012).
- 17) L. M. Coussens *et al.*, *Science*, 339, 286-291 (2013).
- 18) W. J. Oh *et al.*, *Molecules*, 18, 9195-9206 (2013).
- 19) D. Watanabe *et al.*, *Appl. Environ. Microbiol.*, 78, 4008-4016 (2012).
- 20) S. Benjaphokee *et al.*, *New Biotechnol.*, 29, 166-176 (2012).
- 21) T. Hasunuma *et al.*, *Microbial Cell Factories*, 10 : 2 (2011).
- 22) M. H. Toivari *et al.*, *Appl. Environ. Microbiol.*, 70, 3681-3686 (2004).
- 23) N. Gunge, Y. Nakatomi, *Genetics*, 70, 41-58 (1972).
- 24) B. Rockmill *et al.*, *Methods Enzymol.*, 194, 146-149 (1991).
- 25) D. A. Norman, *Emotional Design: Why We Love (Or Hate) Everyday Things*, Basic Books (岡本明・安村通晃・伊賀聡一郎・上野晶子 (訳) エモーショナル・デザイン: 微笑を誘うモノたちのために 新曜社) (2004).
- 26) 山根生也, 佐藤弘喜, 日本デザイン学会第63回研究発表大会発表論文集, 96-97 (2016).
- 27) 櫻井茂男, 葉山大地, 鈴木高志, 倉住友恵, 萩原俊彦, 鈴木みゆき, 大内晶子, 及川千都子, 他者のポジティブ感情への共感的感情反応と向社会的行動, 攻撃行動との関係, 心理学研究, 82, 123-131 (2011).
- 28) 池内裕美, 成人のアニミズムの思考, 自発的喪失としてのモノ供養の心理, 社会心理学研究, 25, 167-177 (2010).
- 29) P. Rozin, E. B. Royzman, *Personality and Social Psychology Review*, 5, 296-320 (2001).
- 30) S. Shimojo *et al.*, *Nature Neuroscience*, 6, 1317-1322 (2003).

私立大学戦略的研究基盤形成支援事業プロジェクト (2013~2017年度)

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
2017年度 研究成果一覧表

論文

- (1) A. Kuroi, K. Sugimura, A. Kumagai, A. Kohara, Y. Nagaoka, H. Kawahara, M. Yamahara, N. Kawahara, H. Takemori, H. Fuchino, The Importance of 11 α -OH, 15-oxo, and 16-en Moieties of 11 α -Hydroxy-15-oxo-kaur-16-en-19-oic Acid in Its Inhibitory Activity on Melanogenesis, *Skin Pharmacology and Physiology*, 30(4), 205-215 (2017).
- (2) E. Tagawa, H. Kawahara, Anti-Ice Nucleation Activities of Adenine and Poly-A Nucleotides, *Biocontrol Science*, 22(4), 233-237 (2017).
- (3) H. Kawahara, E. Tagawa, C. Watanabe, J. Hamada, S. Hamada, Characterization of Anti-Ice Nucleation Activity of the Extract from Coffee Refuse, *Biocontrol Science*, 22(4), 205-211 (2017).
- (4) Y. Yamai, A. Tanaka, T. Yajima, K. Ishida, I. Natsutani, S. Uesato, Y. Nagaoka, T. Sumiyoshi, Synthesis of substituted *t*-butyl 3-alkyl-oxindole-3-carboxylates from di-*t*-butyl (2-nitrophenyl) malonates, *Heterocycles*, in press. [DOI: 10.3987/COM-17-S(T)2]
- (5) 林順一, バイオマスを原料とした分子篩炭素(MSC)の製造, 化学工学論文集, 43(4), 219-223 (2017).
- (6) 池内裕美, モノを溜め込む心理: 誰が, 何を, なぜ溜め込むのか?, 廃棄物資源循環学会誌, 28(3), 186-193 (2017).

図書

- (1) 山崎(屋敷)思乃, 谷口茉莉亜, 片倉啓雄, 乳酸菌と酵母との相互作用, および乳酸菌の炭水化物への接着現象の解析とプロバイオティクスへの応用, 「酵母菌・麹菌・乳酸菌の産業応用展開」, シーエムシー出版, 216-222, 総ページ数264 (2018).

国際学会

- (1) D. Fukuzaki, Y. Kokuwano, S. Kitayama, T. Sumiyoshi, Y. Nagaoka, Identification of aldehydes as lipid peroxidation end-product in hair and scalp formed under the hair bleaching or UV irradiation conditions, The 12th International Symposium in Science and Technology 2017, Penang, Malaysia (2017).
- (2) T. Inada, M. Katsuragi, G. Kimura, T. Sumiyoshi, Y. Nagaoka, Design and synthesis of PEGylated peptide micellar formulation for cancer gene therapy, The 12th International Symposium in Science and Technology 2017, Penang, Malaysia (2017).
- (3) R. Sueyoshi, R. Nishimura, T. Sumiyoshi, Y. Nagaoka, Effect of histone deacetylase inhibitors on transfection of IFN- β anti-cancer therapeutic gene into human breast cancer cells-toward combination gene therapy, The 12th International Symposium in Science and Technology 2017, Penang, Malaysia (2017).
- (4) H. Katsumoto, H. Iibata, H. Nishisako, T. Sumiyoshi, Y. Nagaoka, Substitution of oxygen to nitrogen in flavone structure, The 12th International Symposium in Science and Technology 2017, Penang, Malaysia (2017).
- (5) K. Kawakami, Y. Tanaka, T. Sumiyoshi, Y. Nagaoka, Neuroprotective mechanism of biflavones isolated from leaves of Japanese umbrella-pine tree, *Sciadopitys verticillata*, The 12th International Symposium in Science and Technology 2017, Penang, Malaysia (2017).
- (6) T. Nanbara, A. Nakamura, Y. Nagaoka, T. Sumiyoshi, Discovery of M₁ muscarinic acetylcholine receptor selective agonists, The 12th International Symposium in Science and Technology 2017, Penang, Malaysia (2017).
- (7) N. Kazama, T. Ito, Y. Nagaoka, T. Sumiyoshi, Development of novel protein-protein interaction assay using quartz crystal microbalance method, The 12th International Symposium in Science and Technology 2017, Penang, Malaysia (2017).

- (8) S. Imai, H. Yamamoto, Determination of Zn and Al parameters of molecular group contribution method for estimation of HSP value, 67th Canadian Chemical Engineering Conference, 0277, Edmonton, Canada (2017).
- (9) K. Hirao, H. Yamamoto, Evaluation of physical property for zeolite surface using Hansen solubility parameter, 67th Canadian Chemical Engineering Conference, 0269, Edmonton, Canada (2017).
- (10) N. Fujiwara, H. Yamamoto, Evaluation of Adsorption Efficiency of Hydrophobic Silica Adsorbents using Hansen solubility parameters, 67th Canadian Chemical Engineering Conference, 0263, Edmonton, Canada (2017).
- (11) N. Fujiwara, T. Sato, H. Yamamoto, Calculation HSP of gases by solubility in pure organic solvents, The historic 50th Anniversary HSP Conference, York, United Kingdom (2017).

国内学会

- (1) 山崎思乃, 倉光香奈, 谷口茉莉亜, 片倉啓雄, 乳酸菌と食物繊維およびムチンとの相互作用の解析, 第69回日本生物工学会大会, 2P-I124, 東京 (2017).
- (2) 河原秀久, 鍵山輝成, 富士剛宏, 天然物由来氷結晶制御物質による霜・氷制御技術の開発, 2017年度日本冷凍空調学会年次大会, D321, 東京 (2017).
- (3) 河原秀久, 過冷却促進技術による生鮮食材の革新的保存の開発, 日本食品工学会第18回年次大会, 大阪 (2017).
- (4) 高島望花, 河原秀久, 北川学, 村田和敏, 小池祥悟, 味噌成分中のメイラード反応阻害物質の機能解析とその構造解析, 日本食品工学会第18回年次大会, 大阪 (2017).
- (5) 村上遼, 渡辺千尋, 河原秀久, 松本幸則, コーヒー粕エキスで処理した水耕栽培レタスの未凍結保存, 日本食品工学会第18回年次大会, 大阪 (2017).
- (6) 平中誠弥, 手賀悠真, 樋口慧, 出口芳春, 伊藤昭博, 吉田稔, 長岡康夫, 住吉孝明, 脳標的薬物送達システム: ヒストン脱アセチル化酵素阻害剤とピリラミンからなるハイブリッド化合物の分子設計および機能評価, 日本薬物動態学会第32回年会, 東京 (2017).
- (7) 北山真太郎, 福崎大地, 光桑野有理, 堀部一平, 住吉孝明, 長岡康夫, 脂質に対するヘアブリーチ剤添加や紫外線照射で生じる過酸化最終産物としてのアルデヒド体の分析, 第67回日本薬学会近畿支部総会・大会, H-10-3, 兵庫 (2017).
- (8) 平中誠弥, 手賀悠真, 樋口慧, 出口芳春, 伊藤昭博, 吉田稔, 長岡康夫, 住吉孝明, 中枢移行性ヒストン脱アセチル化酵素(HDAC)阻害剤の探索研究, 第67回日本薬学会近畿支部総会・大会, G-14-5, 兵庫 (2017).
- (9) 田村卓也, 村上優, 山本秀樹, Hansen溶解度パラメータを用いた食品廃棄物からの生理活性物質の抽出分離, イノベーション創生センター入居企業・研究者交流会, 大阪 (2017).
- (10) 縣優介, 山本秀樹, イオン液体のHansen溶解度パラメータによる解析評価, 第8回イオン液体討論会, P001, 東京 (2017).
- (11) 縣優介, 山本秀樹, イオン液体のHansen溶解度パラメータの算出, 化学工学会第49回秋季大会, CB203, 愛知 (2017).
- (12) 平尾康城, 山本秀樹, Hansen溶解度パラメータを用いたゼオライト表面の物性評価, 化学工学会第49回秋季大会, PA222, 愛知 (2017).
- (13) 池内裕美, 人はモノに感情移入できるか—擬人化商品への感情移入に関する探索的検討—, 日本社会心理学会第58回大会, O204, 広島 (2017).
- (14) 池内裕美, 視線計測研究の現状と課題, 日本社会心理学会第58回大会(視線追跡(eye tracking)技法利用の可能性: 消費者行動研究を通して考える・話題提供), 広島 (2017).
- (15) 池内裕美, 弁護士の感情労働の特性: 感情的知性および主観的ストレスとの関係性に着目して, 日本グループ・ダイナミックス学会第64回大会, S4-2, 東京 (2017).
- (16) 田坂英恵, 池内裕美, CM提示タイミングがCMの評価に及ぼす影響: 番組の感情価とストーリー性の程度に着目して, 日本広告学会2016学会年度第4回関西西部会, 大阪 (2017).

その他

・講演

- (1) 池内裕美, 苦情行動者の心理と対応時の注意点: 理不尽な利用者に立ち向かうには, 介護老人保健施設友々苑研修会, 京都 (2017).
- (2) 池内裕美, 苦情の心理学: 苦情コミュニケーションの現状と課題, 平成29年度地方消費者行政担い手育成事業: 第2

回全道研修(高度専門), 北海道 (2017).

- (3) 池内裕美, 苦情コミュニケーションの現状と課題～複雑・多様化する苦情と疲弊する対応者, 平成29年度第2回福祉サービスに関する苦情解決セミナー, 兵庫 (2017).
- (4) 池内裕美, 苦情行動者の心理とコミュニケーション時の注意点, 鹿児島県消費者行政推進室: 第一回消費生活相談員等研修会, 鹿児島 (2017).
- (5) 池内裕美, 「苦情コミュニケーション」の理論と実践, テックデザイン講習会「苦情行動の心理メカニズムとネット炎上対策」, 東京 (2017).
- (6) 池内裕美, 苦情対応の現状と課題: 利用者により良き関係性を構築するために, 平成29年度乙訓若竹苑職員研修会, 京都 (2017).
- (7) 池内裕美, 苦情コミュニケーションの現状と課題～理不尽な相談者(利用者)に立ち向かうには, 平成29年度須磨区自立支援協議会講演会, 兵庫 (2017).

・ワークショップ

- (1) 秋山学, 池内裕美, 視線追跡(eye tracking)技法利用の可能性: 消費者行動研究を通して考える(企画), 日本社会心理学学会第58回大会, WS8, 広島 (2017).

・刊行物

- (1) T. Sumiyoshi, Recent progress in medicinal chemistry (Foreword), Chemical and Pharmaceutical Bulletin, 66(1), 20 (2018).
- (2) 林順一, バナナの皮の炭化物が持つ優れた調湿機能 灰成分が水蒸気を吸着、硫化水素の除去も, コンバーテック, 538(46), 34-36 (2018).

・報告書

- (1) 池内裕美, 苦情の心理学③—エスカレーションの未然防止と対応者のストレス軽減方法—国民生活センター地方支援便り, 22, 1-5 (2017).
- (2) 池内裕美, 社会問題化する「悪質クレマー」心理の特徴と社会的な背景, 情報労連レポート, 8-9 (2017).

・報道

- (1) 池内裕美, 「悪質クレマーへの対処法」, インタビュー&コメント, 読売新聞ONLINE「深読みチャンネル」, 2017年12月22日配信.
- (2) 池内裕美, 「もう限界! 悪質クレーム お客様は神様? それとも…」, NHK「週刊ニュース深読み」スタジオ出演, 2017年12月2日放映.
- (3) 池内裕美, 「《パネル》悪質クレーム」, テレビ朝日「グッドモーニング」, インタビュー&コメント, 2017年11月22日放映.
- (4) 池内裕美, 「流通クレーム流通業で働く人の7割が経験 初の実態調査」, NHKニュース(「ニュースウォッチ9」ほか)出演, 2017年11月9日放映.
- (5) 池内裕美, 「スーパーに“つつい行っちゃう”キャラリ」, 読売テレビ「かんさい情報ネットten.」出演, 2017年9月1日放映.

資料4. 商品化事例

養父市産ハバネロ入り



辛口

焼肉の他に焼肉たれ、焼き鳥、キョウサイにも！

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みがある味の本家のおいしさを引き出します。アクセント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爽やかな味わいに。

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、ソテーオニオン、ごま油、おろし生姜、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、こまを含む)

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チュ トマトとフレッシュハバネロのドレッシング!!

トマトのコクのある甘みを活かし、玄米糖化液とリンゴピューレでコクを出し、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(シシリアンルーチュ)、糖類(水あめ、砂糖)、リンゴ酢、食用植物油(菜種油、オリーブオイル)、玄米糖化液、食塩、ガーリックペースト、でん粉、コンヨウ、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
合成着色料
合成香料
不使用

豊かな自然に囲ま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

兵庫県養父市にて土作り、肥培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、ピリッ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



但馬朝来産

TABAMA NO HABANERO

化学調味料
合成着色料
合成香料
不使用

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

朝来産の「大粒」サイズのハバネロの辛さをマイルドに仕上げたハバネロソース。

養父市産ハバネロを使用した「焼肉たれ」。

養父市産ハバネロを使用した「ドレッシング」。

但馬のハバネロ 焼肉ソース

内容量:234g

【焼肉のたれ原材料】
しょうゆ、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、ソテーオニオン、ごま油、おろし生姜、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、こまを含む)

但馬のハバネロ パスタソース

内容量:200ml

【パスタソース原材料】
トマトピューレ、オリーブ油、しょうゆ、玄米糖化液、食塩、ソテーオニオン、酵母エキス、アンチョビペースト、食塩、食塩ペースト、ガーリックペースト、かぼちゃピューレ、醸造酢、食塩ペースト、五香ペースト、りんごピューレ、醸造酢、醸造酢ペースト、(原材料の一部に小麦を含む)

豊かな自然に囲ま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

吉井建設株式会社 AM TEL.079-670-2058 FAX.079-670-2059 〒669-5227 兵庫県朝来市和山町東和山136-1

- 103 -

地域密着型 バイオリファイナーリーユニット シンポジウム 2017

平成 25 年度 私立大学戦略的研究基盤形成支援事業採択事業
地域資源の高度利用を図る

資料5.
地域密着型
バイオリファイナーリー
シンポジウム2017

バイオリファイナーリー の基盤形成とその実用化

2017 **9/1** 金 13:00-17:00 [17:00-懇親会]
関西大学 100周年記念会館 参加無料
阪急千里線 関大前駅下車
南口よりエスカレーターで約5分 懇親会 3000円

13:00 プロジェクトの概要

basic

基礎研究編

13:15 - 15:35

- 13:15 エノキタケおよびコーヒー粕由来の天然エキスの機能性評価
化学生命工学部 河原秀久
- 13:35 天然物を利用した白髪改善
化学生命工学部 長岡康夫
- 13:55 化学修飾によるポリフェノール類の高機能化
化学生命工学部 住吉孝明
- 14:15 廃棄農産物や食品残渣由来エキスの免疫調節作用の評価
化学生命工学部 山崎思乃
- 14:35 関西大学 HSP 技術を利用した天然物からの各種機能性成分の
高効率分離プロセスの開発
環境都市工学部 山本秀樹
- 14:55 パナナの皮を原料とした機能性炭素材の製造
環境都市工学部 林 順一
- 15:15 固体連続併行複発酵による食品残渣からのバイオエタノール生産と
それに用いる非組換え酵母の育種
化学生命工学部 片倉啓雄

15:35 休憩

Practical

実用化編

15:45 - 16:55

- 15:45 関西大学 HSP 技術を利用した食品廃棄物からの新機能性食品の
開発事例
環境都市工学部 山本秀樹
- 16:05 購入場面における未知商品の選択可能性の検討
社会学部 池内裕美
- 16:25 エノキタケ接着タンパク質を利用した商品化へのアプローチ
化学生命工学部 河原秀久

16:45 外部評価委員からのコメント

16:55 おわりに

17:00 懇親会 (会場内のレストラン紫紺にて) - 104 -



お申し込みとお問い合わせ

- ①ご所属 ②氏名 ③電話番号
- ④E-mail アドレス⑤懇親会参加の有無をご記入の上、メールまたはFAXでお申し込みください。

メールでのお申し込み
sentan@ml.kandai.jp
件名に「9/1シンポジウム参加申し込み」とご記入ください。

FAXでのお申し込み
06-6368-0080

申込期限
8/28

大阪府吹田市山手町 3-3-35
関西大学化学生命工学部
担当: 片倉啓雄
TEL:06-6368-0809
mail:katakura@kansai-u.ac.jp

研究概要

河原秀久

13:15 ~

16:25 ~

食品加工廃棄物や食品素材（端境期生産）より食品および化粧品、さらに化成品分野における機能性素材について研究を進めた。エノキタケ不凍多糖・接着タンパク質およびコーヒー粕エキスなどを実用化できた。

天然ポリフェノールと酸化酵素の組み合わせによる染毛法を検証した。また、メラニン産生細胞に対する、天然ポリフェノールのメラニン産生促進作用について研究し、その成果を、白髪予防を期待する薬用化粧品の開発に応用した。



住吉孝明

13:55 ~

カテキン類は種々の生理活性を示すが、高い水溶性ゆえに細胞膜透過性は低く、応用が難しい。水酸基をエステル化し、天然カテキンの脂溶性を向上させるとともに、もとの化合物を超える抗炎症作用を示す化合物群を見出した。

13:35 ~ 長岡康夫

機能性食品としての応用を目指し、廃棄農産物や食品残渣由来成分の免疫調節作用を評価した。栗の渋皮の熱水抽出物に腸管免疫系を活性化し、抗体産生を増強する作用を、発酵食品残渣の熱水抽出物に抗炎症作用を見出した。



山本秀樹

14:35 ~

15:45 ~

関西大学 HSP 技術は、天然物に含まれる、機能性成分（ビタミン類、パフューム類、薬理成分）の分子構造から、高効率分離プロセスを設計するための抽出溶媒設計が可能な新しい技術であり、広範囲分野で利用が期待されている。

14:15 ~ 山崎思乃

食品廃棄物、農業廃棄物から様々な機能を有する炭素材の製造について検討した。バナナの皮炭化物は含まれる灰分の効果により、優れた調湿能、硫化水素除去能、水溶液中のカドミウム除去能を示すことが明らかとなった。



片倉啓雄

15:15 ~

サツマイモ端材から、アミラーゼにセルラーゼとグルカナーゼを追加し 24 時間で 90% の収率でエタノールを得た。遺伝子組換えを用いないレアメーティング法でエタノール耐性と耐熱性（40℃）をもつ酵母を育種した。

14:55 ~ 林 順一

調査結果より、天然素材を用いた染毛剤は消費者ニーズとの乖離が大きく、市場開拓の可能性は厳しいことが示された。一方、ハバネロバスタソースは、日本人に宿る商品の擬人化嗜好を活用すれば、選択に導ける可能性が示唆された。



16:05 ~ 池内裕美

お申し込み・お問い合わせ・場所

①ご所属 ②氏名 ③電話番号④E-mail アドレス⑤懇親会参加の有無
をご記入の上、メールまたはFAXでお申し込みください。

メールでのお申し込み | sentan@ml.kandai.jp
件名に「9/1 シンポジウム参加申し込み」とご記入ください。

FAXでのお申し込み | 06-6368-0080

申込期限 | 8月28日(月)

〒564-8680 大阪府吹田市山手町 3-3-35

関西大学化学生命工学部 担当：片倉啓雄

TEL:06-6368-0809 mail:katakura@kansai-u.ac.jp 105-

関西大学
100周年
記念会館



関大前
station