

# 評価個票等

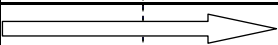
# 目次

## 委託プロジェクト研究

農林水産物・食品の機能性等を解析・評価するための基盤技術の開発…… 1

生物の光応答メカニズムの解明と省エネルギー、コスト削減技術の開発……27

## 委託プロジェクト研究課題評価個票（終了時評価）

<b>研究課題名</b>	農林水産物・食品の機能性等を解析・評価するための基盤技術の開発			<b>担当開発官等名</b>	研究統括官(食料戦略、除染)
				<b>連携する行政部局</b>	大臣官房政策課 消費・安全局消費・安全政策課 食料産業局新事業創出課 食料産業局食品小売サービス課
<b>研究開発の段階</b>	<b>基礎</b>	<b>応用</b>	<b>開発</b>	<b>研究期間</b>	平成23～25年度（3年間）
				<b>総事業費（億円）</b>	15億円（見込）
<b>研究課題の概要</b>					
<p>我が国においては、少子高齢化に伴う農産物等の消費拡大の限界、生活習慣病の拡大やそれに伴う国民生活の質の低下、医療費の増加等が問題となっている。このような中で、農林水産業及び食品産業を維持発展するためには農産物等に新たな付加価値を創出することが重要である。一方、生活習慣病等の疾病の予防方法の一つとして、農産物等が有する機能性の活用が期待されている。</p> <p>本プロジェクトでは、農産物等に含有される特定の機能性成分（※1）が有する生体調節機能に関して、機能性成分の分析、その作用メカニズムの解析とヒトレベルでの有効性の検証及び機能性成分を多く含む農産物の開発等を総合的に行う。</p> <p>&lt;課題①：農産物成分の疾病予防機能の科学的エビデンス（※2）(疫学調査(ヒト介入試験(※3)等)による作用メカニズムの解明)の獲得手法の開発（継続：平成23～25年度）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・機能性成分の分析技術の開発、食品成分の体内吸収状態を示す指標・物質を測定する技術の開発、遺伝子やタンパク質の発現の分析による作用メカニズムの解明やヒトレベルでの生体調節機能解析等を実施する。</li> </ul> <p>&lt;課題②：機能性成分を多量に含む品種・栽培方法の開発（継続：平成23～25年度）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・機能性成分を多く含む品種の開発や成分を安定化させる栽培方法の確立等を実施する。</li> </ul>					
<b>1. 委託プロジェクト研究課題の主な目標</b>					
①各研究課題につき、1つ以上の科学的エビデンスを獲得する。					
②現品種より高含有の品種を1つ以上開発する。					
<b>2. 委託プロジェクト研究課題全体としてのアウトカム目標（H34年）</b>					
農業、食料関連産業等に6,000億円の新たな需要を創出				<b>備考</b>	
				平成25年度からプロジェクト研究の大括り化に伴うアウトカム目標のため、本プロジェクトのみの経済効果ではない。	

**【項目別評価】****1. 研究成果の意義****ランク：S**

少子高齢化の進行に伴い、農林水産物の消費拡大が限界を迎える中、農林水産物及び食品に付加価値の創出が重要となっている。一方、我が国は世界に冠たる長寿社会であるが、生活習慣病等の拡大により、医療費の増加、看護者の負担増加、国民生活の質の低下等をもたらしている。こうした中、生活習慣病予防の効果が期待される農林水産物の機能性を科学的に明らかにするとともに、機能性成分を多く含む品種の開発及び機能性成分を安定化させる農産物の栽培方法の確立等を図ることにより、農林水産物・食品による健康長寿社会の実現を行うことを目的としていることから、その研究の社会的意義は極めて高いものである。

**2. 研究目標の達成度及び今後の達成可能性****ランク：A**

機能性成分に係る科学的エビデンスの獲得、機能性成分の高含有の品種の開発、個人の体質等に応じた罹患低減策の開発など、明確な研究目標を設定している。また、科学的エビデンスの獲得、高含有の品種の開発については、農林水産物中の機能性成分に関する既往の知見を踏まえた上で研究目標の水準を設定しており、目標達成の可能性も高い。さらに、25年度に新たに実施する、個人の体質等に応じた罹患低減策の開発については、既存のコホート研究（※4）を活用して効率的に実施する方針であり、研究目標の水準は適切であり、目標達成の可能性も高い。

**【ケルセチン（※5）・イソフラボン（※6）の生活習慣病予防機能の科学的エビデンス強化と高含有農作物の作出】**

- 1) 高コレステロール高脂肪食を摂取した非アルコール性脂肪肝モデルマウスで 6 週間後に認められた門脈周辺の線維化と細胞の湿潤は、ケルセチン投与により軽減された。ケルセチン投与により、体重、血糖値、ALT 値は減少傾向を示した。イソフラボンを添加した西洋型食を投与した非アルコール性脂肪性肝疾患モデルのマウス肝臓では、8 週間の投与で脂肪酸分解酵素の発現が亢進していた。また肝臓への脂質の蓄積が軽減された。西洋型食を摂取した非アルコール性脂肪性肝疾患モデルマウスの赤血球では、8 週間後の脂質過酸化由来の 4-ヒドロキシ-2-ノネナルによるタンパク質の修飾増加がケルセチン投与により軽減された。
- 2) 1 週間あたりの大豆製品摂取頻度を 0~2 回の群、3~4 回の群、5 回以上の群の 3 群に分けて対象の特性を比較した結果、摂取頻度が高い群で BMI 値と中性脂肪値が有意に低く、HDL-C 値が有意に高い傾向を示した。
- 3) 筋萎縮モデルラットの除神経処理による筋重量低下はケルセチン群において改善され、DNA マイクロアレイの結果よりケルセチン食は筋関連遺伝子の発現を抑える可能性が示唆された。また、ゲニステイン食はエストロゲンレセプターを介して、骨格筋の遺伝子発現を制御している可能性が示唆された。さらに、筋萎縮に関わる遺伝子群を調べたところ、ゲニステインの摂取は FOXO1 の発現を抑制していた。FOXO1 は FBXO32 等の筋萎縮により誘導されるユビキチンリガーゼの発現を抑制している因子であり、ゲニステインの摂取が FOXO1 を介して筋萎縮を予防していることが示唆された。  
肥満モデル実験：ケルセチン、ゲニステインまたはダイゼイン添加高脂肪食を摂取すると、高脂肪食による血中酸化ストレスマーカー（チオバルビツール酸反応性物質）の上昇を抑制した。また、ケルセチン摂取群は肝臓での酸化ストレスマーカーの上昇も抑制し、肝臓で酸化ストレスを軽減した。
- 4) 0.05%ケルセチン添加食を 20 週間摂取しても、正常マウスの体重、脂肪重量及び血液成分に悪影響は認められなかった。また、ケルセチンは西洋型食による肥満マウスと標準食を摂取した正常マウスの脂肪組織で酸化ストレスを軽減した。タマネギのケルセチン配糖体を西洋型食に添加して 12 週間摂取させた結果、血糖値の上昇が抑制された。
- 5) ダイズ摂取によりラットの血中イソフラボン濃度は上昇し、肝臓での脂肪合成酵素活性を抑制して、脂肪組織重量を減らすことを解明した。また、高脂肪食でのイソフラボン単独摂取は、普通食摂取時と比べて脂質代謝改善作用が小さく、イソフラボンは大豆として摂取すると有効に作用する可能性が示唆された。
- 6) 成人女性において、腸内菌叢でのイソフラボン代謝産物エクオール産生性と BMI に負の相関があることを解明した。成人女性の糞便当たりの酪酸量と BMI に弱い負の相関があることも見出し

- た。
- 7) ケルセチンは、ヒト小腸上皮細胞でリポタンパク質の代謝に関わる Apolipoprotein B (ApoB) 及び ApoC-III の発現を抑制した。ケルセチンの標的転写因子候補分子をほぼ同定することに成功した。またケルセチンは培養細胞において、オートファジーを亢進させ、細胞内遊離アミノ酸濃度を上昇させ、種々の生理作用を発揮する可能性が示された。
  - 8) ケルセチンは、アルツハイマー病原因物質であるアミロイド-β の産生とその産生酵素であるプレセニリン-1 発現の抑制効果を示すことを明らかにした。また正常加齢マウスにおいて、ケルセチン摂取群は、放射状迷路試験の学習効果が見られたマウスの割合が対照群に比べて多かった。また電気刺激と環境による恐怖条件記憶に伴う静止行動が高く保持され、ケルセチン摂取が空間記憶に有効であることが明らかになった。さらに、電気と音刺激による恐怖条件付け記憶においてもケルセチンの効果を認めた。
  - 9) 骨粗鬆症モデルマウスを用いて、ダイズイソフラボンがエストロゲン欠乏に起因する骨量減少を抑制することを明らかにした。また、代謝産物であるエクオールは、骨粗鬆症モデルマウスの骨髄細胞における炎症系、破骨細胞形成系及び脂肪細胞分化系遺伝子の発現を抑制すると共に破骨細胞形成を抑制することを明らかにした。
  - 10) 1 日 1 回以上のホットフラッシュがある簡略更年期指数 25 以上の閉経後女性にイソフラボン (エクオール) を 1 日 10mg、12 週間摂取させた結果、更年期症状が改善した。
  - 11) イソフラボンサプリメント及びタマネギの摂取により、それぞれドライマウス患者と健康人において唾液分泌量は増加傾向、酸化ストレスマーカーの 8-OHdG は減少傾向が認められた。
  - 12) マウスの卵巣除去により、唾液量は減少、唾液分泌能は亢進する傾向がみられ、卵巣摘出更年期モデルマウスはドライマウスの評価系として利用できることが示唆された。また、短時間における甘味摂取量の増加が観察され、味覚感受性を含めた口腔内環境の変化が観察された。
  - 13) ケルセチン及びイソフラボンを自由摂取させることにより、それぞれレーザー刺激 7 日後の滲出型加齢黄斑変性モデルマウスで眼底脈絡膜血管新生が抑制され、それぞれ炎症関連分子である MCP-1 と ICAM-1 の発現量が抑制されることが明らかとなった。
  - 14) ケルセチン及びイソフラボンが、糖尿病モデルマウスにおける涙液減少を抑制することを明らかにした。また、ケルセチン及びイソフラボンがマウス角膜上皮細胞の過酸化水素負荷による活性酸素種の産生を抑制することを明らかにした。倫理委員会の承認を受け、タマネギ摂取による涙液へのケルセチン移行性を検討するヒト介入試験を実施中であり、イソフラボンの摂取により血清中の daizein、genistein、equol 濃度が上昇した。また、涙液中の daizein、genistein、equol の濃度は上昇傾向であったが検出限界、定量限界以下の値となった。さらに、イソフラボンを 2 週間摂取することにより涙液中の daizein の濃度が上昇した。genistein、equol の濃度も上昇傾向にあった。
  - 15) 「月交 24 号」は他品種に比べてケルセチン含量が高く、年次間の含有量も安定していた。3 ヶ年の試験の結果、「月交 24 号」のケルセチンを高含有する特性が確認されたことから品種登録申請に向けた組織内議論を進めている。
  - 16) 「ゆきぴりか」のイソフラボン含有量は、府県及び北海道の普及品種よりも高いことを確認した。
  - 17) 播種時期が標準より遅く、定植時期が遅い処理区のタマネギで、ケルセチン含量が高くなる傾向になった。カリ施肥量及び播種時期の変動はダイズのイソフラボン量に影響しなかったが、土壤水分が多いほど、また、日射量が多いほどイソフラボン量が高まることを明らかにした。
  - 18) ケルセチン及びイソフラボン含有量測定のための標準作業手順書の真度及び精度を確認した。また、4 機関による室間共同試験を実施し、内部精度管理のプロトコルを定めて、信頼性の高いケルセチン含有量の測定法を確立した。
  - 19) 標準品種よりもケルセチン高含有タマネギを喫食したヒトの血漿で、ケルセチン濃度が高いことを明らかにした。安定同位体標識した化合物を用いて LC/MS で測定することにより、ケルセチン及びイソフラボンの微量分析が可能になった。
  - 20) 調理 (みそ汁、野菜炒め) により、ケルセチン配糖体はほとんど加水分解されず、アグリコン量も変化しないことが明らかになった。タマネギのケルセチン含量は、外皮、鱗片第一層、第二層、第三層と低下したが、個体差が大きく、収穫後の保存条件が外皮及び鱗片第一層のケルセチン含量に大きな影響があると思われた。日光が当たりやすい外側ほど 3 試料とも高い傾向にあることから、バラツキは収穫後の光の影響と考えられた。鱗片第二層以下は光の影響が少ないことが判明した。レトルト等での加熱滅菌で理想的とされる 121℃、4 分の処理において、ケルセチン含量は殆ど変化しないことが明らかになった。
  - 21) タマネギと豆腐の同時摂取により、それぞれ単独で摂取した場合と比較して、血漿の総ケルセ

チン含量は低下し、総イソフラボン含量は変化しないことを明らかにした。また、加熱調理時間と生体利用性との関係を明らかにするため、加熱調理時間の異なるタマネギを調製し、これらの試験食を摂取した後の血漿ケルセチン代謝物濃度を測定する試験を開始した。最大濃度に達すると考えられる 90 分後において、歩留まり 95% で 0.52–1.26 マイクロモル濃度、85% では 0.54–1.43 マイクロモル濃度の範囲であり、個人差が大きいことが明らかになった。

## 【タンニン類（※7）に着目したリンゴ・茶の生体調節作用の医学的検証と高含有品種育成など活用に関する研究開発】

### ①分析法

- 1) リンゴプロシアニジン類 (APC) 分析では、凍結乾燥後のリンゴ粉末からアセトン水-酢酸 (70:29.5:0.5) 混合液で抽出し、ジオール系固定相充填カラムを使用することにより従来法では不可能であった APC を重合度別に 7 量体まで分離し、蛍光検出することで含有量を精度良く求めることが可能となった。本分析法によって、APC の重合度別分析が可能であると判断し、分析実施手順書（暫定版）を作成した。現在、本手法を用いて研究所内の日間変動、添加回収試験などを実施し、より精度の高い分析法とするとともに、信頼性検証試験の準備を実施している。
- 2) ST 類、カテキン類を同時に HPLC 分析するため、C18 逆相カラムでの溶出条件を検討し、分析実施手順書（暫定版）を作成した。茶葉中に含有される 18 成分を分離することが可能となった。現在、本手法を用いて研究所内の添加回収試験、研究室間試験などを実施している。
- 3) 茶タンニン類の簡易迅速測定法開発のための 5 種類のカテキン (EC, EGC, ECG, EGCG, EGCG3" Me) のサイクリックボルタメトリー (CV) による測定を行い、ST、5 種類のカテキン類について特徴的な酸化還元電位を見いだした。また、高感度濃度測定を可能とする Differential potentiometry (DPV) を行いそれぞれの化合物について特徴的な電気化学曲線を得るとともに、やぶきた茶抽出液の電気化学測定を行い、カテキン類、ST の個別濃度の定量測定のための変量解析アルゴリズムを開発した。さらに、IgA サンプルの濃度勾配におけるイムノ試験紙の発色を画像として取り込み、参照バンドとサンプルバンドの比較から、その濃度勾配と画像データとの検量線を作成し、高い相関性を得た。ヒト唾液試験のために大阪大学「ヒトを対象とした研究倫理委員会」へ申請し、審査受理後、ボランティアによる唾液 IgA 測定を実施した。その結果、測定は可能であるが個人の特性の把握とそれに応じた評価が必要であることが示唆された。定量簡易分析を行う測定法を検討し、独自の携帯型電気化学装置と量産型の印刷電極を用いた唾液 IgA センサーを試作し、IgA の定量分析を可能とした。
- 4) ST を MALDI-TOF-MS で高感度に検出するためのマトリックスのスクリーニングを行った結果、1,5-naphthalenediamine (1,5-DAN) が最適であることを見出した。1,5-DAN をマトリックスとして用いることで肝臓、腎臓、脳の各組織切片上における ST を質量分析イメージングすることに成功した。また、EGCG および EGC をそれぞれ経口投与したマウス肝臓組織における各成分の質量分析イメージングに成功した。

### ②エビデンス

- 1) APC のマウス脾臓細胞の抗原特異的抗体産生、サイトカイン産生を調べたところ 1,2mer と 3,4,5mer プロシアニジンで反応性が異なっていた。
- 2) EGC は、マクロファージの IL-1 $\beta$ 産生経路であり自然免疫系の活性経路であるカスパーゼ 1 を活性化し、食食能を活性化することが判明した。また、腸管上皮細胞の活性化を介してマクロファージ様細胞の食食能を増強する可能性は低いこと、腸管上皮細胞の活性化を介して B 細胞からの IgA 産生を増強する可能性は低いことを見いだされた。EGC レセプターは探索中。
- 3) ST を経口投与したマウスの肝臓においてエラグタンニン類の代謝産物である urolithin が産生されることを見出した。タンニン類モデルであるタンニン酸 (TA) の経口投与は卵白アルブミン特異的 IgE 産生を抑制することその作用は IgE 産生誘導サイトカインである IL-4 ならびに IL-13 の作用を特異的に阻害することに起因することを明らかにした。
- 4) APC の A $\beta$  重合抑制効果の検証では、APC による  $\beta$  アミロイド凝集抑制効果の可能性を示した。APC を添加しない群に比較し、1.1  $\mu$ g/ml 添加した群で有意にチオフラビン T 蛍光強度を抑制した (p<0.05)。さらに濃度を上げると 11  $\mu$ g/ml (p<0.05)、33  $\mu$ g/ml (p<0.01)、100  $\mu$ g/ml (p<0.001) と APC は  $\beta$  アミロイド凝集を濃度依存的に抑制した。また、野生型マウスを正常コントロールとして、糖尿病合併アルツハイマー病トランスジェニックマウスに高脂肪食を負荷して APC を 1.5 ヶ月投与する群としない群に分けて試料を回収した。血中および脳内プロシア

ニジン濃度を測定するため、酢酸エチルで抽出し、 $m/z$  289/245、577/289、865/125 の条件で HPLC/MS/MS 測定することに決定した。

- 5) APC 長期(3 週間)負荷の有無により、2 型糖尿病モデル KK-Ay マウス (比較的若齢 ; 8 週齢) では、経口糖負荷試験 (OGTT) 糖負荷 15 分後、30 分後で有意に血糖値上昇を抑制し、インスリン分泌反応では両者に有意差を認めず、インスリン負荷試験 (ITT) においてインスリン感受性の有意な改善を認めた。肥満糖尿病モデル ob/ob マウス (8 週齢) においても、APC 長期(3 週間)負荷により、OGTT 糖負荷 15 分後、30 分後の血糖値上昇を優位に抑制し、ITT においてインスリン感受性の有意な改善を認めた。また、APC 長期(3 週間)負荷の有無による ob/ob マウス (8 週齢) の血液・生化学所見の変化を検討したところ、血清 Na, TG, 血糖値、LDL-choI に優位な改善が認められた。
- 6) ApoE 欠損動脈硬化モデルマウスに高脂肪食を 10 週間連続投与したところ、APC 投与により動脈硬化に関連する炎症性サイトカイン (TNF、MCP-1)、マクロファージ不死化因子(AIM)の遺伝子発現が normal diet 群レベルまで有意に抑制された。ApoE 欠損動脈硬化モデルマウスを高脂肪食負荷条件で 20 週間投与し、動脈硬化の予防効果を検討する。また、尿中代謝物の主成分分析を行ったところ単量体であるカテキン投与群とプロシアニジン類を投与した群に分類された。カテキン類のグルクロン酸および硫酸抱合体化された代謝物が多く見られた。一方、プロシアニジン類を投与した群では、腸内細菌による分解物であるジヒドロキシフェニルバレロラクトンなどの抱合体化物が複数検出された。
- 7) 岩木健康増進プロジェクト・プロジェクト健診の一環として実施し、弘前大学大学院医学研究科倫理委員会の承認を得た。対象者 809 名のリンゴ摂取頻度と血清サイトカイン濃度との相関を調べたところ、男性では、リンゴ摂取頻度と糖関連サイトカインの C-peptide 炎症性サイトカイン IL-6、肥満に関連する leptin との間に負の相関が見られ、adiponectin において正の相関が見られた。女性では、リンゴ摂取頻度と IL-1 $\beta$ 、IL-6 が正の相関が見られた。動脈硬化関連サイトカインにおいて、男女ともリンゴ摂取頻度と PAI-1、ghrelin および endothelin-1 の間に有意な関連はみられなかった。今年度は昨年度と同様に岩木健康増進プロジェクト・プロジェクト健診の一環として 1016 名の検査を実施している。
- 8) 大阪医科大学倫理委員会の承認を受け、高ST含有茶 (単独) のスギ花粉症抑制効果を、花粉曝露実験室を用いた二重盲検無作為クロスオーバー及び自然環境下RCTで検討したが、鼻症状および眼症状において抑制効果を認めなかった。大阪医科大学倫理委員会の承認を受け、封筒法にて 20 人を 2 群に無作為に振り分け、*Helicobacter pylori*陽性患者に高ST茶 (プラセボは大麦茶) を連続飲用させることによる *H. pylori* 一次除菌治療の上乗せ効果を現在調査中。
- 9) 大阪医科大学倫理委員会の承認を受け、研究参加に同意を得られた老健施設入所者を被験者とし、高 EGC 茶摂取群と対照茶 (大麦茶、29 例) 群の 2 群に無作為 (二重盲検) に分け、臨床症状、検査所見を比較検討した。高 EGC 茶 (26 例) または対照茶摂取開始 4 週間後に参加者全員にインフルエンザワクチンを接種し、健診、血液検査は高 EGC 茶摂取前およびワクチン接種後の計 4 回実施した。研究期間内にインフルエンザの発症はなく、臨床症状の差異について両群で比較検討はできなかった。インフルエンザに対する抗体価 (H1N1, H3N2, B) はにおいてもワクチン接種後、いずれの抗体価も上昇した。インフルエンザ B に対する抗体価は、ワクチン接種後 1・3 ヶ月目において EGC 茶群で有意に高く、インフルエンザ H3N2 に対する抗体価は、ワクチン接種後 2 ヶ月目において EGC 茶群で有意に高かった。インフルエンザ H1N1 に対する抗体価は、ワクチン接種後において両群で有意な差はなかった。免疫グロブリン値及び他の検査所見には両群間で差がなかった。試験期に流行したインフルエンザは B、H3N2 型であり、高 EGC 茶のブースター効果が認められた。
- 10) リンゴ・プロシアニジン類および茶・ストリクチニン類の生活習慣病予防効果をヒト介入試験で検討するための試験デザインの検討を開始した。プロシアニジン類摂取量は 1 日 2 個のリンゴを摂取した場合に相当する 400mg、茶は 3 杯に相当する 60mg を 12 週間摂取し、生活習慣病関連のマーカーを指標として予防効果を検討する。

### ③タンニン類高含有系統育成、栽培法、加工法確立

- 1) リンゴ既存品種や育成品種に含有されるプロシアニジン類の重合度は比較的小さく、8 量体程度までであったが、Crab Apple などの遺伝資源では、15 量体程度まで検出され、高分子型プロシアニジン類が含まれていた。リンゴ中のプロシアニジンについては、MALDI-TOF/MS を用いて 15 量体の存在が報告されているが、簡便な HPLC 蛍光検出法によって 15 量体まで示すことが可能であっ

た。シードル用品種や遺伝資源では、4大品種の約3~20倍多くプロシアニジン類を含有しており加工用などへの活用が期待された。また、今年度は、「もりのかがやき」、「さんたろう」、「きたろう」、「こうたろう」「ポルカ」、「ワルツ」「メイポール」「Sweet Alford」、「Geneva」、「Pink Pearl」、「Redfield」、「Yarlington Mill」、「Harry Masters Jersey」、「Hyslop crab」、「Sweet Coppin」、「Sweet Alford」、「Niedetzkyana」、「Chisel Jersey」、「Hu Bei Hai Tang」、「Eley Purple crab」、「Ormiston Roy crab」、「Mary Potter crab」、「盛岡偶発RS-3」、「JM1」、「Bramley's seedling」、「Dalgo Seedling」の26品種を採取し測定する。

- 2) リンゴ 1-MCP 処理前に-3℃での前処理を実施した場合、通常の保存温度で放置した場合よりも果実硬度は高く保たれ、鮮度が保持されていた。現在、果実は凍結乾燥を行い、プロシアニジン含量の違いについて現在検討中である。品種によって、1-MCP 処理による応答が異なるため、品種と果実成分との関連を検討する。
- 3) 2番茶期以降の緑茶葉を冷水抽出することにより、より高いエピガロカテキン含量と比率を得られることがわかった。1茶期に比べて2茶期または3茶期の緑茶水抽出液の方がマクロファージ様細胞の食食活性が高いことを明らかにした。熱水抽出液は茶期に関わらず活性は認められず、冷水抽出緑茶であれば、年度に関わらず安定的に食食活性が得られることを明らかにした。
- 4) 茶の育成系統群を用いて、G-ST およびテオガリン含有率によるスクリーニングを行い、枕系 56-01 および枕系 56-15 を有望系統として選抜した。枕系 56-01 は炭疽病に対して強、輪斑病に中の抵抗性を持っていた。有望系統の G-ST およびテオガリン含有率に及ぼす収穫時期の影響を調査した結果、両成分とも収穫時期が早いほど含有率が高いことがわかった。また、枕系 56-01 の G-ST 含有率は特に高く、有望と思われた。

#### 【メタボローム（※8）解析による機能性食物繊維の作用機序解明とその臨床応用に向けた食品開発】

##### ①多量の有効成分を含有するキノコの探索と選別・育成

- 1) SR-1 株は収穫後に褐変し難いのみならず、収穫4日後のレンチナン（※9）残存量が約60%であることからレンチナンが日持ちするシイタケ品種であることが判明した。
- 2) SR-1 株を用いて EXG2 遺伝子の発現を抑制することで、収穫後のレンチナン分解酵素活性が抑制され、貯蔵4日間でのレンチナン残存率を約75%とすることに成功した。
- 3) SR-1 株の構成2核（SR-1pp8、SR-1pp40）のゲノム配列を解読した。
- 4) Tilling 用の UV 照射 SR-1 変異株（935 株）の培養、および、ゲノム DNA 抽出用菌糸の回収が終了した。
- 5) Tilling 用に EXG2 部位を特異的に増幅させるプライマーを作成し、200 株の UV 照射変異株から、EXG2 変異体候補 30 株を選抜した。現在これらのシーケンスを確認中（目的遺伝子部位にストップコドン挿入、アミノ酸変異またはスプライシングサイトに変異の入った菌株を選抜する）。

##### ②多量の有効成分を含有する海藻の探索と選別・育成

- 1) コンブ、および、モズクのコイダンの熱分解性、および、糖組成の違いを明らかにした。
- 2) コンブの収穫時期により、高粘性コイダンの収量が変わることを明らかにした。
- 3) 質量分析により、コンブコイダンの分子中に、硫酸化フコースのポリマー領域とガラクトースのオリゴマー領域が存在することを明らかにした。
- 4) マコンブ粉末1 kgから抽出した粗コイダンを0.1 M NaCl 存在下で大型DEAEカラム（4.5 x 40cm）に供し、0.5 M NaCl で混入するアルギン酸を溶出させた後に、1.0 M NaCl でコイダンを溶出させることにより、1回のクロマトグラフィーにより約2 gの高純度コイタンを得られた。これを繰り返すことにより、マウス投与試験に使用するための精製コイタン20 gを得た。
- 5) コンブ葉状体切片から、従来法よりも高収率で高品質なプロトプラストを作出する方法を開発した。
- 6) コンブ遊走子を天然濾過海水中10℃で培養することにより、高収率で配偶体、および、孢子体を作成できた。これらは、コイタン高生産性のコンブ育種に利用できる。
- 7) コンブ仮根部が比較的高含量のコイタンを含むことを見出した。また、仮根部切片を培養し再生増殖させることに成功した。これにより、コンブ仮根部を用いたコイダンの生産技術やコイタン生合成機構の解析モデルなどの開発が可能となった。

##### ③キノコに含まれる機能性食物繊維の分析法の確立・データベース作成、疑似腸管モデルの構築

- 1) Caco-2 細胞をレンチナン処理した際には、腫瘍壊死因子受容体（TNFR1）量が無処理区と比較し有意に低下していた。



- 2) 無処理区では、Caco-2 細胞中の TNFR1 の分布は Apical 側から Basolateral 側にかけて一様に分布していたが、レンチナン処理区では、Basolateral 側に存在する TNFR1 の分布が顕著に減少していた。
- 3) レンチナン処理を氷上で行った場合、TNFR1 分布の変化が抑制されたことから、TNFR1 のインターナリゼーションによる減少であることが分かった。
- 4) レンチナン処理によって FITC の蛍光強度が低下したことから、幾何学的平均蛍光強度 (gMFI) を算出した結果、無処理区を 100% とするとレンチナン処理区では 39.9% まで低下した。この結果から、レンチナン処理により Caco-2 細胞表面に発現している TNFR1 量が低下することが示唆された。
- 5) クラスリン依存性エンドサイトーシス阻害剤である dansylcadaverine 処理において、レンチナンによる IL-8 mRNA 発現抑制が解除された。この結果から、レンチナンは Caco-2 細胞に対してクラスリン依存性のエンドサイトーシスを引き起こし、TNFR1 mRNA 発現量を減少させることが明らかとなった。
- 6) ループアッセイ法でレンチナン溶液を注入した部位で TNFR1 mRNA 発現が蒸留水処理区に比べて有意に抑制された ( $p < 0.01$ )。一方、ラミナリン処理区では差は認められなかった。このことから、TNFR1 mRNA 発現量の減少はレンチナン特有の現象であることが *in vivo* でも明らかとなった。

#### ④ コンプに含まれる機能性食物繊維の分析法の確立・データベース作成

本研究は神戸大学医学研究科の倫理委員会によって承認番号 615 で承認されている。

- 1) ヒトに F-フコイダン (※10) 400 mg/日/成人を 5 週間与えると、血中に PGI<sub>2</sub> の代謝産物の分泌増加が認められた。
- 2) 作用機序解明のためにヒト結腸上皮細胞とヒト血液の共培養系を用いた。
- 3) ヒト結腸上皮細胞にフコイダンを与えると NOX1 と DUOX2 の発現増が認められた。
- 4) ヒト結腸上皮細胞にフコイダンを与えると血中への過酸化水素の分泌と PGI<sub>2</sub> の代謝産物の分泌増加が認められた。
- 5) ヒト血液に血小板凝集のアゴニストを添加して凝集を促進したときに、過酸化水素を添加すると凝集を抑えた。
- 6) F-フコイダンを与えたときの血中の過酸化水素と PGI<sub>2</sub> 分泌の変化から以下の結論を得た。食事 F-フコイダンは腸上皮細胞の未同定の受容体に作用し、NOX1 と DUOX2 を発現誘導して過酸化水素を血流に分泌させ、その過酸化水素が血球を刺激して PGI<sub>2</sub> を産生させることで、血小板凝集を抑えると考えた。
- 7) F-フコイダン定量法の確立のためにその抗体作成に着手した。現在、精製した二種類の F-フコイダン、高粘性のものと粘性を示さないものをマウスに与え、抗体価の上昇を観察中である。

#### ⑤ 動物モデル、ヒト臨床検体を用いた機能性食品の機能評価と代謝物網羅的解析法の確立

- 1) DSS 誘発性大腸炎マウスモデルの GC/MS メタボローム解析の結果、腸炎の発症により特徴的に変動する代謝物 (窒素代謝に重要なグルタミンやグルタミン酸など) を見出した。
- 2) 潰瘍性大腸炎患者、あるいは、健康人から採取した血清を用いて GC/MS メタボローム解析を実施した結果、潰瘍性大腸炎の発症により、血清中の代謝物プロファイルが異なることを証明でき、確立した GC/MS メタボローム解析の有用性が確認できた。
- 3) GC/MS による大腸がん患者の血清メタボローム解析を行った結果、大腸がん診断に利用できる 4 種類のマルチバイオマーカー (2-ヒドロキシ酪酸、アスパラギン酸、キヌレニン、シスタミン) を発見し、これら 4 種類の代謝物データに基づいた感度、特異度の高い大腸がん診断予測式を作成した。構築した診断予測式は、ステージ 0 やステージ 1 といった早期大腸がん患者においても、高い感度を保つことも確認できた。
- 4) 脂溶性代謝物の網羅的解析のために、240 種のグリセロリン脂質 (PC, LPC, PE, LPE) と 40 種の長鎖脂肪酸を含むハイスループット分析系を確立できた。
- 5) クロウン病のモデルマウスである IL-10KO マウスと野生型のマウスの大腸組織、および、血漿を用いて比較脂質解析を実施した。両サンプル間の脂質プロファイリング結果は大きく異なり、特に、 $\omega$ -3 系脂肪酸である DHA 関連脂質の代謝変動が顕著に観測されたことから、クロウン病と脂質代謝の関連性が強く示唆された。
- 6) 野生型マウスにコンプ含有食 (5%コンプ粉末を含む常用食)、あるいは、対照常食用食を 28 日間摂取させたが、コンプの継続摂取により肝機能障害や腎機能障害などは確認されなかった。さらに、コンプ摂取した雄マウスでは、対照区と比べて、体重の増加の緩和や血中 LDL-コレステロール値の有意な低下を示した。さらに、腸炎自然発症マウスである IL-10KO マウスにコンプ含有食を継続的に摂取させた結果、コンプ含有食摂取により、大腸組織におけるサイトカイン (TNF-

$\alpha$ 、IL-1 $\beta$ 、IL-6) の発現量が減少し、大腸組織における腸炎の発症が軽減された。

7) コンプ摂取によるヒトへの生活習慣病に対する有効性を確認するため、倫理委員会に実験内容を申請し、健常ボランティアに対する試験の承認を得た(研究課題名: コンプ摂取による生活習慣病予防効果に関する研究(1279号))。健常ボランティアに対して1日あたり3.0gの乾燥コンプを4週間摂取してもらい、摂取前後での血圧、脈拍、血液・尿の生化学検査を実施した。その結果、コンプの摂取により肝機能障害、腎機能障害、炎症等の指標となる生化学マーカーの著しい変動は確認されず、さらに、血圧値や総コレステロール値の低下傾向が観察された。

#### ⑥高純度機能性成分素材を配合する食品開発(岸本 由香、松谷化学工業株式会社)

- 1) 1ロットの仕込み量である2kgの乾燥シイタケから、それぞれ152.6g(森産業社製)、80.5g(北研社製)の粗レンチナン粉末をパイロットプラントにて製造することができた。
- 2) 得られた粗レンチナン粉末中のレンチナン含有率は6.03%(森産業社製)、25.2%(北研社製)であり、北研社製のものの方が高純度であった。
- 3) 乾燥シイタケからのレンチナン回収率は0.47%(森産業社製)、1.01%(北研社製)であり、一般的なレンチナン回収率である0.5%と比較して近い値、もしくは高い値であった。
- 4) コンプのヒト試験に用いる「焙煎コンプ」の栄養成分値は通常の真コンプと同程度であり、コンプの有効性を評価するための試験サンプルとして問題ないことが確認できた。
- 5) シイタケのヒト試験に用いる試験サンプルは、真空フライ法にて製造することで、容易に無理なく継続摂取できる食品サンプルが調整できると考えられた。

### 【米タンパク質(※11)の新規生体調節機能性の先導的開発と機構解析】

#### ①機能性成分の分析技術の開発

##### ①-①米・米糠タンパク質の成分分析技術の開発

- 1) 米胚乳由来アルカリ抽出タンパク質(AE-RP)について2次元電気泳動法を確立した。また、ウエスタンブロッティング解析により、臨床用に調製したAE-RPにはグルテリン、グロブリン以外に13a、13bのプロラミンも含まれていることを明らかにした。
- 2) 動物実験用に調製したAE-RPについても1)と同様に2次元電気泳動パターンを得た。
- 3) 米糠由来酸沈殿タンパク質(RBP80)について2次元電気泳動法を確立した。また、ウエスタン解析の結果、RBP80には胚乳タンパク質マーカーのグルテリンは含まれず、米糠タンパク質マーカーのオレオシンが含まれることから、米糠由来であることが明らかになった。
- 4) AE-RPとRBP80について、それぞれ2次元電気泳動とPMF法を組み合わせ、これまでに未同定のタンパク質スポットの解析を進めた。

##### ①-②米胚乳タンパク質・ペプチドの精製技術開発及び用途開発

- 1) 米胚乳タンパク質素材の製造条件として、抽出時のNaOH濃度を0.2~0.25%、タンパク質の中和温度を45~55℃、中和終点をpH7.0~7.4とすることで吸水性が高く食感の良い素材が製造できた。
- 2) 臨床試験(低栄養者、肥満者)用の試験食品配合をそれぞれ決定した。試験食品用の米胚乳タンパク質素材15kgを調製し、それを用いて臨床試験用試験食(低栄養者用試験食280食(1食/日×28日×10名)の製造が完了した。また決定した配合に従い、肥満者用試験食(米胚乳タンパク質食)及び対照食(カゼイン食)をそれぞれ約1800食調製し、各1500食(2食/日×30日×25名)を試験実施施設に提供した。肥満者用試験食の予備から150食(1食/日×15日×10名)を別途人工透析患者対象試験に提供した。
- 3) 食感の良い米胚乳タンパク質素材はタンパク質がゲル化した状態であると考えられた。良食感の標品では各タンパク質分子における遊離SH基が減少しており、ジスルフィド結合を介したタンパク質間の架橋がゲル化に関与している可能性が示唆された。
- 4) 上記1)の条件で調製した米胚乳タンパク質の凝集体をさらに80℃以上に加熱することで、より吸水性が高くかつ食感が改善されることを見出した(特許PCT出願明細書に包含)。

##### ①-③米糠タンパク質・ペプチドの製造と精製技術の開発

- 1) RBP80の収率を約45%に改善し、調製方法の問題点を明確化した。
- 2) RBP80約13.8kg(8ロット)を調製し、研究機関へ配布した。
- 3) RBP80の基本組成分析を実施した。タンパク質以外の主成分: 脂質5.4%、食物繊維5.1%、灰分3.2%、デンプン0.80%。
- 4) 工程管理法の確立  
・粉体のタンパク質含量の測定法の開発

近赤外分光法を用いた RBP60 (原料) と RBP80 (調製物) のタンパク質含量の予測法の確立

・ UV 法を用いた沈殿工程の沈殿のタンパク質含量を算出するシステムの確立

5) RBP80 調製の諸条件 (加水量, 沈殿 pH) の見直しによる調製の効率化と工程管理法を用いた品質の安定化を達成。

## ②機能性成分の生体調節機能の研究開発

### ②-①米・米糠タンパク質の生体調節機能の網羅的解析

1) Lewis ラット小腸のマイクロアレイ解析の結果より、小腸の重要な機能である消化・吸収、内分泌、免疫に関係する遺伝子が数多く変動していることが明らかとなった。特に免疫系では、細胞性免疫に関する遺伝子や抗菌ペプチドの遺伝子発現上昇が見られ、Th1/Th2 バランスを改善し、生体防御機能を亢進する方向に遺伝子発現が変動していることが明らかとなった。

2) GK ラット腎臓のマイクロアレイ解析の結果より、米タンパク質摂取により糖尿病性腎症発症および進行に関与していると考えられている MCP-1 (monocyte chemoattractant protein-1) の遺伝子発現上昇が抑制されていることが明らかとなり、さらに抗酸化に関係する Hmox1 (Heme oxygenase 1) の遺伝子発現が上昇していることが示された。

### ②-②ヒト腎機能に及ぼす米・米糠タンパク質の影響に関する研究

1) CKD 患者の食事 (とくに摂取タンパク質の質と量) の実態調査

新潟大学医学部倫理委員会の承認 (平成 23 年 11 月) に基づいて、これまで 146 名の慢性腎臓病患者 (糖尿病および非糖尿病) において DHQ 調査を行った。記載ミスなどを詳細にチェックした後、DHQ サポートセンターに調査結果を送り、データ解析を行った後、「日本人の食事摂取基準 2010 年版」を基に、摂取エネルギー/推定エネルギー必要量が 2.0 以上と 0.5 未満の過大・過小申告例を除く 125 症例において臨床データとの関連性を検討した。その結果、平均推定総タンパク質摂取量は糖尿病群と非糖尿病群で差がなかったが、糖尿病群では植物性タンパク質摂取量に対する動物性タンパク質摂取量の割合が多かった。また、非糖尿病群においては、過去 3 年間で腎機能低下 (eGFR の低下が  $1\text{ml}/\text{min}/1.72\text{m}^2/\text{年}$  以上) を認めない症例で、米タンパク推定摂取量が多いことが認められた。腎機能の推移に与える要因は複雑であるが、今後、米タンパク質が腎機能に与える影響を prospective に検討する意義が認められた。

2) 米胚乳タンパク質を用いた臨床介入研究

・成人肥満者・メタボリックシンドローム患者における米胚乳タンパク質摂取の有効性の検討

本試験については、平成 24 年 2 月、新潟大学医学部倫理委員会の承認を受けたが、試験食のアドオン方式にすること、およびカゼインを対照としたクロスオーバー試験にすることの 2 点についての変更を行い、平成 24 年 7 月倫理委員会の再承認を得た (主要評価項目は脂質代謝改善効果)。関連病院・施設との調整をはかり、10 月 1 日より研究を開始した。クロスオーバーの前半期間 (4 週間) の結果として、米胚乳タンパク質摂取群 (n=9) では、カゼイン群 (n=9) に比較し、複数の血中指標に有効な効果が認められた。後半期間においても同様の傾向が認められた。

・維持血液透析患者における米胚乳タンパク質摂取の安全性および有効性の検討

本プロジェクトにおいて、米胚乳タンパク質は、腎不全患者で摂取制限があるリン、カリウム、ナトリウムの含量が大豆タンパク質、カゼインに比較して少ないという特性を見出した。この知見に基づいて、11 月 5 日より本試験を開始した。解析対象者は維持血液透析患者 9 名である (平均年齢 75 歳、平均血清アルブミン値  $3.2\text{g}/\text{dl}$ 、平均 BMI  $19.5\text{kg}/\text{m}^2$ )。2 週間の米タンパク質摂取後、血中リン、カリウム、ナトリウム、カルシウム、マグネシウム濃度の有意な変動を認めず、また消化器症状などの副作用も認められなかった。この結果に基づいて、米胚乳タンパク質による維持血液透析患者 (低栄養状態) の栄養改善効果を検証するための長期試験の準備を開始した。

3) タンパク質摂取の質的違いが腎機能に与える影響の分子機構の解析

糖尿病ラットモデルにおいて、カゼイン摂取を対照として、米胚乳タンパク質摂取による腎保護効果について病理組織学的な検討を行った。さらに腎臓におけるタンパク質代謝機序において中心的な役割を担う分子であるメガリンについて、その尿中排泄量の測定が糖尿病性腎症の重症度の判定に有用であることを見出した。この結果から、尿中メガリン測定系は米胚乳タンパク質による臨床介入試験の評価指標として有用であると考えられた。またメガリンノックアウトマウスを用いた高脂肪食負荷あるいは病的タンパク質負荷に伴う腎臓の機能解析を進め、メガリンを介して腎障害が発症・進行することを明らかにした。

### ②-③糖尿病性腎症への長期的有効性の研究

1) 非肥満型 GK ラットを用いて、高スクロース飼料で病態の悪化を招く条件下で米胚乳・米糠タンパク質を 15 週間給与した結果、いずれも尿中アルブミン排泄抑制効果が認められた。その GK ラットの腎組織画像とメサンギウムスコアから、特に米胚乳タンパク質が糸球体障害度を有意に抑制することが示された。

2) 米胚乳・米糠タンパク質の長期摂取 (8 or 15 週間) が肥満型 ZDF ラットの血液パラメータ、尿中アルブミン排泄他、および腎臓に与える影響について検討した。この実験結果から米胚乳・米糠タンパク質は脂質代謝の改善をとおして、GK ラットに比べてより明確な抗糖尿病効果、それに伴う糖尿病性腎症進行抑制効果が認められた。

#### ②-④米糠タンパク質の脂質代謝の改善作用の研究開発

- 1) 米糠から米糠グロブリン画分を抽出した。
- 2) 米糠グロブリン画分に対して、50%飽和濃度となるように硫酸アンモニウムを添加したところ、単一のバンドにまで単離することに成功した。
- 3) ExHC ラットに LGC-1 食及びコシヒカリ食を与え、2 週間飼育した。米胚乳中には $\alpha$ -グロブリンが LGC-1 ではコシヒカリより 1.61 倍存在した。0.5%コレステロール添加食で高コレステロール血症にした場合、LGC-1 食では血清コレステロールが低下傾向を示した (n=4)。

#### ②-⑤消化管細胞性免疫調節機能の解明

- 1) PBS可溶性AE-RP に含まれる主要タンパク質は、13-14 kDa、22-23 kDa及び26 kDaであった。
- 2) PBS可溶性AE-RPをパイエル板細胞培養系に添加培養すると、IFN- $\gamma$ 、IL-6、IL-10、IL-12およびTNF- $\alpha$ のmRNAが有意に上昇した。中でも、IFN- $\gamma$ のmRNA発現は無添加で培養した場合の50倍以上になった。また、PBS可溶性AE-RPは、IFN- $\gamma$ 産生ナチュラルキラー (NK) 細胞数やIL-6およびIL-12産生マクロファージ数を有意に増やし、Th1/Th2バランスをTh1優位にすることが示唆された。また、PBS可溶性AE-RPはNK細胞の細胞傷害性とマクロファージの食作用を有意に促進した。
- 3) NK細胞やマクロファージの活性化には $\alpha$ -グロブリンが関係していることが示された。
- 4) 飼料への AE-RP の添加は、くしゃみの回数を指標としたアレルギー症状を有意に軽減した (p<0.05)。また、血清中の総 IgE 量が有意に減少し ((p<0.05)、制御性 T 細胞が増加する傾向を示した。本結果は、アルカリ抽出米胚乳タンパク質はマウスの I 型アレルギーを軽減すること、並びに米タンパク質には花粉症軽減作用のあることを示唆している。

#### ②-⑥消化管ホルモン GLP-1 分泌促進/分解抑制作用の検討

- 1) GLP-1 産生細胞株を用いた試験において、米胚乳・米糠タンパク質に含まれる可溶性成分に、GLP-1 分泌作用があることを見いだした。
- 2) 可溶化能の高いプロテアーゼであるパパイインまたはペプシンにより米胚乳・米糠タンパク質を加水分解したものを調製し、これらに対する GLP-1 分泌応答を評価したところ、いずれの加水分解物も高い GLP-1 分泌促進作用を示した。
- 3) ラットにおいて、米胚乳タンパク質およびそのペプシン分解物の経口投与により血糖上昇が抑制されることを見いだした。
- 4) 大豆、小麦タンパク質では米胚乳タンパク質のような血糖上昇抑制作用は見られなかった。
- 5) ラットにおいて、米胚乳タンパク質およびそのペプシン分解物を経口投与後 15 分で門脈血中の GLP-1 濃度が有意に上昇し、*in vivo*での GLP-1 分泌促進作用が証明された。

#### ②-⑦米由来抗菌ペプチドの病原菌に対する作用メカニズムの解明

- 1) 米タンパク質由来の塩基性アミノ酸を多く含む 3 種類の抗菌ペプチドを見出した。そのうちのペプチド CL (14-25) は、歯周病菌 (*Porphyromonas gingivalis*) に対して抗菌活性を示し、第 2 の Hsp 由来ペプチドは、歯周病菌と日和見感染真菌 (*Candida albicans*) に対して抗菌活性を示し、第 3 の Amy 由来のペプチドは、歯周病菌、日和見感染真菌、およびニキビ菌 (*Propionibacterium acnes*) に対して抗菌活性を示した。
- 2) ペプチド CL (14-25) の細胞膜への作用を、グラム陰性細菌膜を模倣したベシクル、蛍光プローブ diSC<sub>3</sub>-5 を用いた細胞膜脱分極アッセイ、単一巨大ベシクルを用いた顕微鏡観察によって評価した。
- 3) Hsp70 由来ペプチドの日和見感染真菌の細胞膜への作用を、Calcein-AM を用いた細胞膜破壊試験、核酸染色蛍光色素である Propidium iodide を用いたフローサイトメトリーによって評価した。
- 4) モデル抗菌ペプチド (Buforin II) が大腸菌無細胞タンパク質合成系を用いた緑色蛍光タンパク質 (GFP) の生合成を阻害すること、変性した酵素ルシフェラーゼの分子シャペロン (DnaK と GroE) によるフォールディング (Holding) を阻害することを見出した。
- 5) リポ多糖 (LPS) で刺激したマクロファージによる NO 産生に対する CL (14-25) ペプチドの抑制効果について検討した結果、本ペプチドは抗炎症作用があることを見出した。

#### ②-⑧ヒト細胞の炎症性サイトカイン産生抑制作用

- 1) CL ペプチドは、共試したすべての LPS および lipid A の IL-6 産生誘導能に対して濃度依存的に抑制効果を示し、内毒素活性抑制物質としての有用性が示唆された。
- 2) CL ペプチドを HAEC に添加し、その 4、24 時間後の *viability* を無添加細胞と比較したところ、CL ペプチドに顕著な細胞毒性あるいは細胞増殖促進効果はみられず、まずは安全性が認められた。
- 3) 高プロリンペプチドなどの唾液由来ペプチドにも、LPS の IL-6 産生誘導能に対して抑制効果を

示すものがあつた。

- 4) CL ペプチド 0.2mg を、BALB/c マウスに1週間経口投与し、2週間にわたりマウスの状態および体重を調べたところ、対照マウスと差はみられず、CL ペプチドの毒性は認められなかった。
- 5) *E. coli* O55 LPS 0.5 mg/mouse 腹腔投与 BALB/c マウスでは、2日以内に5匹中4匹は死亡したが、同時に CL ペプチドを腹腔投与したマウスでは、死亡したのは5匹中1匹だけで、LPS のマウス致死活性に対する阻害効果が確認できた。

### ②-⑨ コメのアミラーゼインヒビタータンパク質の機能性解明

- 1) 米糠から RASI 及び RBTI をタンパク質として均一に精製した。RASI 及び RBTI の分子量は 22kD, 14kDa であり、胚芽と糠層に局在していた。
- 2) 大腸菌による合成 RASI は、*Bacillus cereus*, *B. subtilis* に対して増殖抑制効果を示したが大腸菌には効果を示さなかった。
- 3) RBTI は RASI と同様胚芽と糠層に局在し、大麦  $\alpha$ 2 アミラーゼを阻害せず、コクヌストモドキ アミラーゼを阻害した。
- 4) 玄米タンパク質中にヒト唾液アミラーゼ、膵液アミラーゼを阻害する新規インヒビターを見いだした。

### ③ 機能性成分を高含有する農産物等の開発

#### ③-① 米糠タンパク質高含有イネの開発

- 1) 突然変異系統 239 系統から機能性タンパク質 A を種子中に多く含む突然変異をウエスタン解析によって選抜した結果、7 系統において機能性タンパク質 A を多く蓄積していた。機能性タンパク質 A 高蓄積突然変異体の種子は心白形質を示す系統と正常型の系統が存在した。
- 2)  $\alpha$ -amylase について高蓄積変異体の選抜を開始した。
- 3) 発芽玄米の Native-PAGE 活性染色、及び抗  $\alpha$ -amylase 抗体を用いた western-blot 分析の結果から、浸種後 72 時間の発芽種子の  $\alpha$ -amylase 活性がスクリーニングに適していることが明らかになった。完熟種子  $\alpha$ -amylase 高蓄積変異体に加え、浸種後に  $\alpha$ -amylase を高発現する変異体の選抜を行う。

### 【柑橘類果皮を利用した抗認知症機能性食品の開発に向けた基盤技術の開発】

#### ① 柑橘類果皮と有効成分ノビレチン (※1 2) の抗認知症作用発現機構評価系の開発及び前臨床薬効評価系の確立

- 1) 柑橘類果皮より単離したノビレチン及びその類縁体 (シネンセチン 6-デメチオキシノビレチン) に、弱いながらコリンエステラーゼ阻害活性が見出された。
- 2) 機能性食品として柑橘類果皮を活用する場合、有効成分のノビレチンとそれ以外の物質の単独の作用と相互作用を検討する必要がある。ノビレチン類縁体の細胞内シグナル ERK リン酸化作用を、神経分化能を持つ培養細胞 (PC12D) を用いて調べた。タンゲレチンおよび 6-デメチオキシノビレチンにおいて、顕著な ERK リン酸化能が確認されたが、その効果はノビレチンが最も強かった。
- 3) ノビレチン処理 PC12D 細胞において、記憶学習に深く関わるグルタミン酸受容体である NMDA 受容体サブユニット NR1 遺伝子や アセチルコリン受容体サブタイプ M1 遺伝子を含む、転写因子 CREB 標的遺伝子の発現亢進が明らかになった。また、他のグルタミン酸受容体 AMPA 受容体の主要サブユニット GluR1 および GluR2 遺伝子発現に対するノビレチンの作用は確認されなかったことから、ノビレチンは NMDA 受容体 NR1 選択的に作用することが示された。
- 4) 現在、3) の結果を基に、薬効評価のため、より生体に近い神経初代培養細胞に対し、アルツハイマー病原因物質の一つであるアミロイド  $\beta$  や神経伝達物質受容体の選択的阻害剤を用いて、ノビレチンが遺伝子発現に及ぼす作用解析を実施している。

#### ② 柑橘類果皮由来抗認知症成分の分析技術の開発及び作用機序の解明

- 1) 認知機能に関与するとされる各種受容体に対するノビレチンの結合活性を検討した。ノビレチンは、セロトニン受容体サブタイプ (5HT2A, 5HT 2B, 5HT 2C) 発現細胞を用いた in vitro 実験において、10 nM~10  $\mu$ M の濃度で 5HT2B 受容体への濃度依存的な結合活性を示した。その 50%抑制濃度は、 $1.34 \pm 0.62 \mu$ M であった。一方、5HT2A および 5HT2B 受容体への結合活性は示さなかった。マウス脳から調製した粗細胞膜標品において、ノビレチンは 1 nM~10  $\mu$ M の濃度において、ムスカリン受容体、ニコチン受容体、5HT1A 受容体、ベンゾジアゼピン受容体、ヒスタミン受容体およびグルタミン酸受容体に対し結合活性を示さなかった。
- 2) 頑健性が高いノビレチンやその類縁物の高感度分析法を UPLC/ESI-MS によって開発した。定量限界は 10 ng/mL であり、検出限界は 5 ng/mL であった。ノビレチンの類縁物も同様の感度で分析可能であった。
- 3) ノビレチンのナノクリスタル製剤を新たに開発した。本投与形態はノビレチンの水への溶出を

著しく高め、ラットに経口投与した際、ノビレチン経口投与時と比較して約 15 倍の吸収性増大を認めた。

4) 本年度実施予定の健常人による太田ポンカン果皮濃縮エキスをを用いた安全性試験 (Phase I) の被験者に対して行うノビレチンの血中濃度測定に適した UPLC/ESI-MS によるノビレチンの高感度分析法の最適条件を検証中である。

#### ③遺伝子発現プロファイルからみたミカン果皮抗認知症成分の薬効評価系の開発

1) ノビレチンの有益作用 (抗認知症作用を含む) の発現機序を解明するために、ノビレチン処理した 3 種の細胞株 (ラット線維芽細胞株 3Y1、ヒト神経芽細胞腫株 SK-N-SH、ヒト肝がん細胞株 HuH-7) で共通して発現変動する遺伝子を、DNA マイクロアレイ法による網羅的遺伝子発現プロファイル解析から同定を試みた。その結果、発現上昇する遺伝子 5 種、発現低下する遺伝子 7 種を同定することができた。

2) 発現上昇する遺伝子のうち、DDIT3、TRIB3、ASNS 遺伝子は、小胞体ストレスに反応して発現が誘導し、その遺伝子産物は、アポトーシス誘導に関わるとされている。一方、発現減少する TXNIP 遺伝子の産物は、酸化ストレスの防御に働くチオレドキシンの活性を阻害し、酸化ストレスに関わる神経細胞を含めた細胞傷害時 (アミロイドβによる傷害も含む) に発現亢進が起これ、その発現を抑制することでそれら細胞傷害が軽減されることが報告されている。また、発現低下する CCNE2、CCNE2 遺伝子の産物は、細胞周期を正に制御するとされている。

3) これら遺伝子のうち、DDIT3 遺伝子、TRIB 遺伝子、ASNS 遺伝子、TXNIP 遺伝子については、Western blot 法により、ノビレチンの濃度依存的にタンパク質レベルで発現が変動することを確認した。

今後は、これら発現変動する遺伝子およびその遺伝子産物の量的変動が、抗認知症作用を含めたノビレチンの有益作用にどのように関わるかをさらに検討する予定である。

#### ④ミカン果皮抗認知症成分の肝・小腸薬物代謝酵素活性への影響からみたそれら成分の安全性評価系の開発

ミカン果皮抗認知症成分の臨床応用のためには、それら成分が、認知症治療薬を含めた併用薬剤の薬効に対してどのような影響をもたらすかを予め理解しておく必要がある。そこで異物 (医薬品を含む) 代謝を担う主要酵素であるシトクロム P450 (CYP) に着目し、ノビレチンを含む柑橘類抽出物による本酵素の発現誘導や活性への影響を *in vitro* 肝培養細胞 (ヒト) / *in vivo* 実験動物 (ラット) を用いて明らかにすることとした。

1) 昨年度までのヒト肝由来細胞株 (HepG2-A10) を用いた研究より、以下の成果が得られている。低濃度のノビレチン (1-10 μM) の単独処理により、AhR の活性化や、CYP1A 酵素の mRNA 発現レベルおよび酵素活性レベルでの誘導が認められた。3-methylcholanthrene (MC) とノビレチン (10-50 μM) との同時処理により、MC 単独による AhR 活性化や CYP1A mRNAs 発現誘導の延長または遅延が見られた。

2) 本年度は、実験動物 (ラット) を用いた検討を進めており、これまでに以下の成果を得ている。

太田ポンカン果皮からの 5%ノビレチン含有抽出物 (濃縮エキス) を雌雄ラットに 7.4、74 あるいは 740 mg/kg/day の用量で 7 日間経口投与した結果、雌雄いずれにおいても最大用量 (740 mg/kg) でのみ肝 CYP1A1/1A2 mRNAs の有意な発現誘導が認められた。また、肝 CYP3A1 mRNA については、最大用量で、雄では有意に上昇し、雌でも上昇傾向が見られた。

太田ポンカン果皮濃縮エキスのラットへの 90 日間反復投与による肝 CYP 遺伝子発現については、現在実施中である。

#### ⑤脳虚血性認知症モデル動物における抗認知症成分の抗認知作用評価

1) ノビレチンは T 型カルシウムチャネルを介する細胞内カルシウム流入を促進した。

2) ノビレチン (25、50 mg/kg) 腹腔内投与で用量依存的に海馬におけるドパミン遊離を促進した。

3) ノビレチン (50、250 mg/kg) 経口投与で用量依存的に海馬におけるドパミン遊離を促進した。

4) ノビレチンは海馬において記憶関連分子である CaMKII を活性化し、ドパミン刺激により、リン酸化が上昇する DARPP-32 のリン酸化反応を亢進させた。

5) 以上の結果から、ノビレチンが神経変性疾患であるパーキンソン病に有効で、またそれに伴って起きる記憶障害を改善することが示唆された。

#### ⑥長寿にともなう失明疾患から日本人を守る遺伝子と神経保護作用を有する機能性食品の効果の追究

(長寿に伴う失明疾患発症に重要な遺伝子とそれらの作用に及ぼす機能性食品の効果の追究：神経保護作用の観点から)

(緑内障) TNF α および H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 刺激による NF κ B 活性化に対して NOB 30 μM が阻害効果を示した。

OPTN 遺伝子事前導入は、これと相加的に作用した。NOB の作用点が  $\text{NF-}\kappa\text{B}$  活性化の Canonical Pathway と Atypical Pathway の合流点以降にあると推測した。タンゲリチンは同様の阻害効果を示したが、シネンセチンは示さなかった。OPTN 相互作用蛋白のうち SLC4A2 との共発現で、ER ストレスに起因することが示唆される異常構造 (Vacuole ; 空胞) が形成される。緑内障の患者で検出されるうち症状が重篤である E50K 変異では OPTN が一部凝集体 (foci) として存在するが、空胞形成は極めて顕著に亢進した。この際、foci の空胞周囲への局在が見られ、SLC4A2 も共在した。ノビレチン処理によって、この異常構造の形成は、顕著に抑制された。また、foci 形成自体も減少しているようであった。細胞内のタンパクのクリアランスを向上させている可能性が示唆される。

以上、緑内障および ALS 発症に関与すると考えられる、両方の現象 ( $\text{NF-}\kappa\text{B}$  活性化、及び、空胞形成) について、ノビレチンは改善効果を示した。有効性が期待される。

(加齢黄斑変性) 30 mg/kg/day NOB の 23 日間腹腔内投与により、網膜変性が約 10%抑制された。

眼内 (硝子体内) 直接投与については現在実施中である。網膜下腔内投与は現在準備中である。

#### ⑦柑橘類果皮の抗認知症成分の濃縮技術開発とその抽出物の薬効評価に関する研究開発

- 1) 機能性食品開発のためには、果皮から有効成分を安全に高収率で回収することが重要である。超臨界抽出法を用い、果皮からフラボノイド (1 wt%)、カロテノイド (0.07 wt%)、未同定成分 (99 wt%) を抽出した。抽出、溶出条件を検討し、ノビレチンを高収率で分離できる条件を最適化した。
- 2) ノビレチン単独の作用ばかりでなく、ノビレチンと相互作用しその作用を増強する物質があれば、今後の機能性食品開発のために有用である。果皮からのノビレチン抽出条件を検討する過程で、ノビレチンの CRE 依存性転写活性を約 2 倍に増強する他物質の存在が示唆された。
- 3) ある抽出粗画分は、ノビレチンの持つ CRE 依存性転写活性を上昇させた。重要なことに、同画分自身は活性を示さないことから新しいタイプのノビレチン活性増強物質と推察された。現在、この物質を同定中である。
- 4) ノビレチンの作用機序として、PC12 細胞 (神経細胞) において神経成長因子群を特異的に誘導することを発見した。この知見から、ノビレチンは抗認知症活性を持つばかりでなく、神経再生活性を持つことが明らかとなった。

#### ⑧柑橘果実に含まれる抗認知症成分 (ノビレチン等ポリメトキシフラボノイド) 分析法の確立とその応用研究 (柑橘果実の成分分析) およびノビレチン高含有作物の育種

- 1) 配糖体 (10 種) とアグリコン (10 種) の混合標品を用いて、溶出スケジュールの変更による分離特性の最適化を行い、最適なカラムを選択した。実サンプルでもほぼ問題がなく、安定性堅牢性を十分に有する分析法であることを確認した。
- 2) 交雑実生群の葉と果皮のノビレチン含量に相関関係があることを明らかにした。
- 3) これまでのキンカンとキシウミカンの雑種後代の評価から、ノビレチン高含有果実 (キンカンに近い風味を有し果皮も可食である) を有する有望な個体を得た。

#### ⑨ヒト臨床試験用試料材料 (柑橘果皮) の調達ならびにノビレチン等ポリメトキシフラボノイド含有量が高いカンキツ品種の選抜と新品種の育成および抗認知症機能を活用した製品化に向けた原料素材の開発

- 1) 太田ポンカンの変異誘発のために  $^{20}\text{Ne}^{10+}$  の重イオンビーム照射を昨年度実施し、切り返し剪定が終了した個体は、照射による発育遅延のため、5Gy 区で 32 個体 (全体の 3 割)、10Gy 区で 15 個体 (全体の 2 割) であった。 $^{12}\text{C}^{6+}$  照射穂木は 2 処理区を各 100 本の台木に接ぎ木した。
- 2) 昨年度、 $^{20}\text{Ne}^{10+}$  の重イオンビーム照射を実施した太田ポンカン個体について、葉中のノビレチン含有量を測定中である。(農業・食品産業技術総合研究機構と共同で実施)
- 3) 本年度実施した  $^{12}\text{C}^{6+}$  重イオンビーム照射の太田ポンカン個体苗木を現在育成中である。
- 4) 太田ポンカンの果皮は、温州ミカンに比べ水分の減少が遅いため乾燥処理 72 時間、加熱による異臭を防ぐため温度 50~55°C を乾燥条件とした。
- 5) 各粉砕機による乾燥果皮の粉化程度は、高速振動粉砕が最も細かいが、作業に時間がかかり実用には不適であった。マスコロイダーは作業時間が最も短く効率的であるが、粒子がやや荒かった。
- 6) ノビレチン高含有品種 (太田ポンカン) とキンカンとを交配させ、交配実生苗を育成中である。
- 7) 戸田地域に自生する、在来系統の中から 5 箇所 12 本のタチバナのノビレチン含有量を調査し、いずれも高含有であったが特別高い個体はなかった。
- 8) 来年度実施のヒト臨床試験 (Phase II) のために、その試料材料 (柑橘果実) を手配した。また、その乾燥果皮の作製体制を整備した。

⑩柑橘系果皮の有効成分の抽出方法検討および最適化、製造工程による活性の最適化

- 1) 安全性試験用のサンプル作成：他機関で採取した太田ポンカン果皮（3kg）を熱水抽出しカラム濃縮後安全性試験（予備試験用）に提出した。
- 2) 他機関で準備した太田ポンカン（1.5 トン）から得た乾燥果皮（100kg）を熱水抽出・カラム濃縮しラット安全性試験用サンプルを作製した。
- 3) 他機関で準備した太田ポンカン（約 5 トン）から得た乾燥果皮（300kg）を熱水抽出・カラム濃縮し、そのエキスについて、その一部は錠剤を作製し、ヒト安全性試験（Phase I）試験用とした。また、一部については、残留農薬試験、成分分析など種々分析を行うと共に、他の研究分担者に基礎研究用として提供した。
- 4) 長期的課題としてナノ化抽出の溶媒比率の検討を行いコスト削減の検討を続行中である。

⑪柑橘類摂取による認知症予防に向けての基礎研究（ノビレチン高含有の柑橘果皮食品の開発）

- 1) 臨床試験に用いる予定である太田ポンカン果皮エキスについて、以下の非臨床試験を実施し、その安全性を確認した。  
細菌を用いる復帰突然変異試験、培養細胞を用いる染色体異常誘発試験、マウスを用いる小核試験による遺伝毒性試験についてはいずれも陰性であった。  
ラット 1 週間の反復経口投与試験においては、動物の一般状態、諸器官の重量及び肉眼的観察所見等に異常は認められなかった。更に、肝臓、腎臓の病理所見にも異常はなかった。  
ラット 90 日間の反復経口投与試験において、投与期間中の動物の一般状態や解剖時の肉眼的所見、血液生化学検査結果、病理組織学的検査結果等に異常は見られなかった。
  - 2) 1) の結果を受けて、現在、太田ポンカン果皮エキスについてフェーズ I（健常人による安全性確認試験）を実施中である。
  - 3) ヒトの加齢によって起きる認知症と類似点の多い老化促進マウス（SAMP8）を用いた新奇物体認知試験および文脈依存的恐怖条件付け試験において、ノビレチンはその記憶障害を顕著に改善した。
  - 4) 海馬および大脳皮質において、酸化ストレスのマーカーであるプロテインカルボニル量、マロンジアルデヒド量は SAMP8 で上昇していたが、ノビレチンの投与により抑制された。抗酸化物質であるグルタチオン量が SAMP8 では減少していたが、ノビレチン投与群では上昇していた。さらに、ノビレチン投与群では抗酸化酵素であるグルタチンパーオキシダーゼ活性が上昇していた。
- 3)、4) で述べた結果は、ノビレチンの記憶改善効果のメカニズムに深く関わっていることが明らかとなった。

3. 研究が社会・経済等に及ぼす効果（アウトカム目標）とその実現に向けた研究成果の普及・実用化の道筋（ロードマップ）の明確性

ランク：A

本研究においては、農林水産物・食品の機能性成分が有する疾病予防機能の科学的エビデンス獲得に必要な基盤技術を開発し、これらの基盤技術を利用した評価実証が行われることにより、医学関係者等へ機能性に関する客観的な情報が提供されることになる。消費者は、医学関係者等を通じて又は直接得られた機能性に関する情報に基づき、各々の健康状態や生活習慣等に適した農林水産物・食品を選択・摂取することで健康の保持増進を図ることが可能となる。消費者個々の健康保持増進が実現することによる医療費の抑制、介護負担の軽減等、社会・経済に大きな効果を及ぼすことが期待される。また、農林水産物・食品産業においても、既存の技術に加えて当該研究の中で開発された品種や栽培方法を利用した農林水産物・食品の供給が図られることにより、機能性の観点から付加価値向上と産業の振興が期待される。以上のことから本研究が社会・経済に及ぼす効果の明確性は高い。

4. 研究推進方法の妥当性

ランク：A

本研究においては、農林水産物・食品の機能性成分が有する疾病予防機能の科学的エビデンスを獲得する手法の開発を行うとともに、機能性成分をより高めるための品種開発や栽培方法の開発等を実施する計画である。これらの研究は、農産物等の機能性解明について長年の研究蓄積がある独立行政法人、大学、医療機関等による企画競争を実施し、研究計画を最も的確に実施できると判断された機関等に委託する。したがって、研究計画の実施・成功の可能性は高いといえる。さらに、研究開始前に実施した事前評価での指摘等を踏まえ、研究計画及び課題を検討し、当該研究分野に多くの知見と経験等を有する機関を対象とした企画競争を経て、適切な研究グループを採択するとともに、研究開



始後においては、外部有識者6名及び関係する行政部局で構成する「委託プロジェクト研究運営委員会」を、これまで6回（年間4回程度）開催し、適切な進行管理を行った。

以上のように、投入される研究資金、研究機関、研究推進体制及び研究課題を常に見直しつつ厳格な進行管理を行うこととしており、研究推進方法の妥当性は高非常に高い。

**【総括評価】**

**ランク：S**

**1. 委託プロジェクト研究課題全体の実績に関する所見**

国民からの関心も高く、数多くの研究成果が産出されていることを高く評価する。

**2. 今後検討を要する事項に関する所見**

研究成果の積極的なアウトリーチ活動に努めるべきである。また、研究成果が、日本の国民や企業に還元されるよう知財の取扱を検討しておく必要がある。

白紙

[事業名] 農林水産物・食品の機能性を解析・評価するための基盤技術の開発

用語	用語の意味	※番号
機能性成分	生態調節機能（病気の予防の働き）を有する食品の成分。いわゆる“栄養成分”は、健康状態の維持増進に不可欠で、不足による欠乏症を生じるとされる。	1
科学的エビデンス	（感覚や感性ではなく）研究や実験の結果である具体的客観的事実。	2
ヒト介入試験	研究者等が研究対象者の集団を複数（2群以上）のグループに分け、それぞれに異なる治療方法、予防方法その他の健康に影響を与えると考えられる要因に関する作為又は不作為の割付けを行って、結果を比較する手法による試験。	3
コホート研究	特定の地域や集団に属する人々を長期間にわたり調査し、特定の要素（生活習慣や環境等）と健康状態（病気の罹患率）を分析する研究。疫学研究の一手法。	4
ケルセチン	強い抗酸化作用、抗炎症作用を示すポリフェノール類、ビタミン様物質（ビタミンP）の一種である。また、その配糖体はさまざまな薬理作用を示す。	5
イソフラボン	主として、大豆等のマメ科の植物に多く含まれている。骨粗鬆症、更年期障害や2型糖尿病の改善に効果がある可能性が示唆されている。	6
タンニン類	主として、茶や赤ワイン等に含まれている苦みまたは渋味を示すポリフェノール類の一種。免疫調節作用や生活習慣病予防効果がある可能性が示唆されている。	7
メタボローム	体内の細胞活動で生じる代謝物を分析する技術。	8
レンチナン	シイタケから抽出された多糖体（βグルカン）。	9
フコイダン	硫酸多糖の一種。コンブやワカメ（一部位であるメカブを含む）、モズクなど褐藻類の粘質物に多く含まれる食物繊維。	10
米タンパク質	米に含有されているタンパク質であり、植物性タンパク質では、最もアミノ酸バランスが良い。米タンパク質摂取量は、肉類、魚介類に次いで1日のタンパク質摂取量の約12%を占める。	11
ノビレチン	主として、柑橘類の果皮やシークワーシャーの果肉に含まれる成分である。近年の研究により、抗認知症作用を有する可能性が示唆されている。	12

白紙

## 農林水産物・食品の機能性等を解析・評価するための 基盤技術の開発

【380（475）百万円】

### 対策のポイント

農林水産物・食品の機能性成分が有する疾病予防機能の科学的エビデンスの獲得手法や機能性成分を多く含む品種の開発等を行います。

### <背景／課題>

- ・我が国においては生活習慣病等の拡大により、医療費増加や国民生活の質の低下等が課題となっています。
- ・食料・農業・農村基本計画においても農産物の機能性成分に着目し、新たな食品素材等になり得る農産物について、有効性確認等に配慮して、開発を行うこととしています。
- ・このため、農林水産物・食品の機能性についての科学的エビデンスを獲得することが重要となっています。

### 政策目標

- 機能性成分の健康に与える影響に関する科学的エビデンス獲得のための調査手法の開発（平成25年度）
- 機能性成分を多く含む品種・栽培方法の開発（平成25年度）

### <主な内容>

1. 農林水産物・食品成分の疾病予防機能の科学的エビデンス（作用メカニズムの解明や疫学研究）の獲得手法の開発  
機能性成分の分析技術の開発、食品成分の体内吸収状態を示す指標・物質を測定する技術の開発、遺伝子やタンパク質の発現の分析による作用メカニズムの解明やヒトレベルでの生体調節機能解析等を実施します。
2. 機能性成分を多く含む品種・栽培方法の開発  
機能性成分を多く含む品種の開発や成分を安定化させる栽培方法の確立等を実施します。

（ 補助率：定額  
事業実施主体：民間団体等 ）

[お問い合わせ先：農林水産技術会議事務局研究開発官（食料戦略）

（03-3502-2549（直））]

# 農林水産物・食品の機能性等を解析・評価するための基盤技術の開発

## 背景・ニーズ

- 高齢化の進行や脂質の過剰摂取等に伴い、生活習慣病等の疾病が拡大し、医療費の増加や看護負担の増加等が深刻化。
- 農林水産物・食品の機能性成分が人の健康に大きく貢献していることが分かりつつあり、医学界においても糖尿病等の生活習慣病への効果について関心が高まりつつあるところ。
- 国内外の研究成果としても、農林水産物・食品の機能性成分について科学的エビデンスが集積しつつあるが、まだ不十分。

## 研究開発の考え方と内容

### ○健康長寿社会の実現に向けて、科学的エビデンスに基づく医食同源を推進

・農林水産物・食品の機能性成分が有する疾病予防機能の科学的エビデンスの獲得手法を開発

機能性成分の分析技術の開発、食品成分の体内吸収状態を示す指標・物質を測定する技術の開発、遺伝子やタンパク質の発現の分析による作用メカニズムの解明等

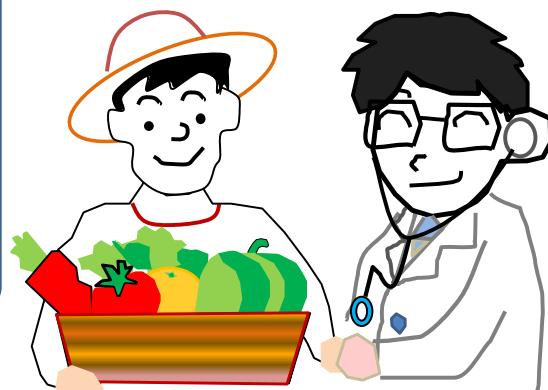
・機能性成分を多く含む品種の開発

・機能性成分を安定化させる農産物の栽培方法の確立等

### ○医療分野等との緊密な連携により、予防医学等に活用できるよう、農林水産物・食品の各種疾病予防効果に関する研究開発について体系的に取り組む

(採択された課題)

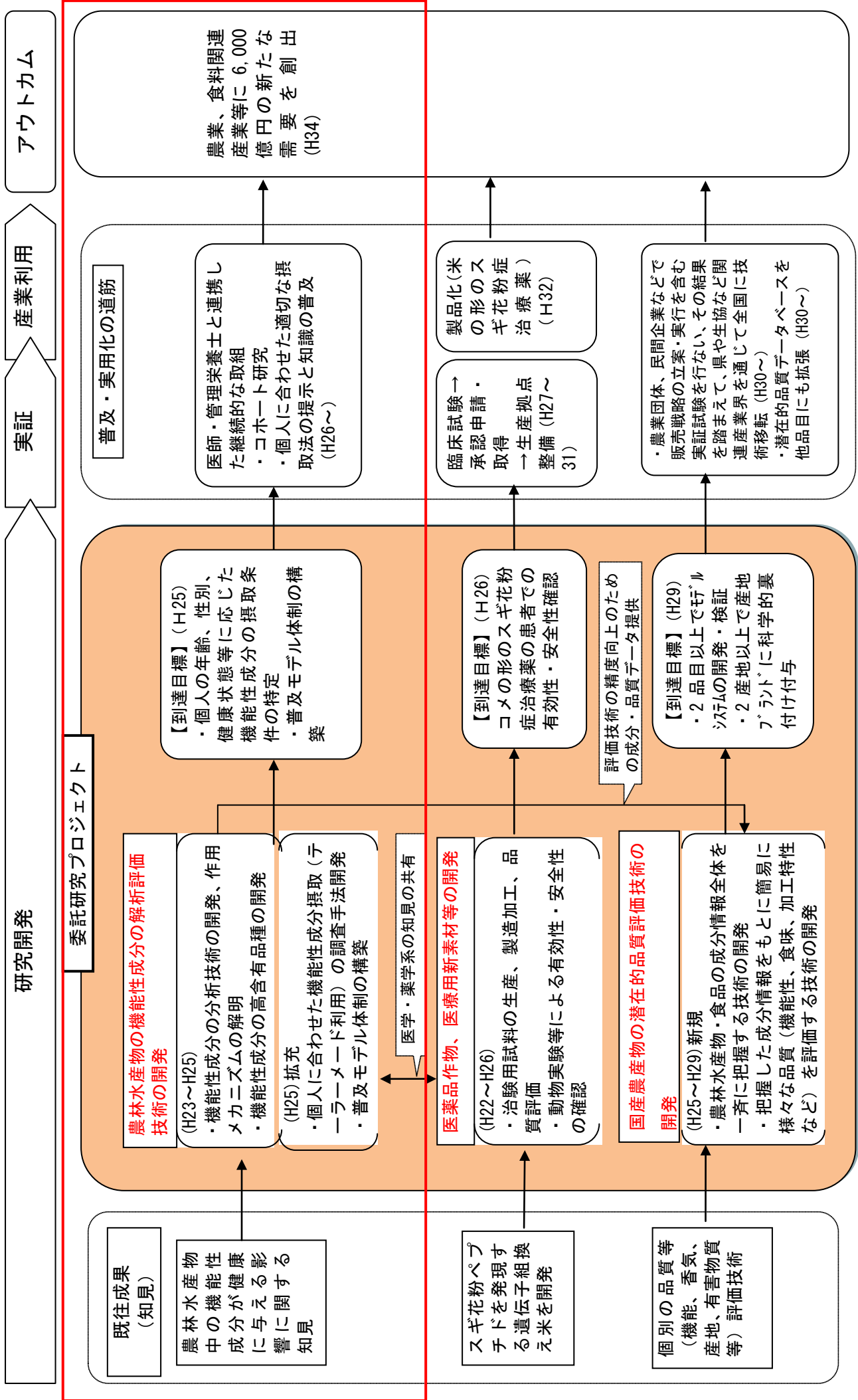
- |                        |            |
|------------------------|------------|
| ・タンニン類(茶、リンゴ)          | — 生活習慣病予防等 |
| ・食物繊維(キノコ、海草)          | — 生活習慣病予防  |
| ・ケルセチン・イソフラボン(タマネギ、大豆) | — 生活習慣病予防  |
| ・ノビレチン(柑橘類果皮)          | — 抗認知症     |
| ・米タンパク質(コメ)            | — 新規生体調節機能 |



## 期待される成果

○農林水産物・食品による健康長寿社会の実現

# 農林水産資源を活用した新需要創出プロジェクト



注：H25年度から委託プロジェクト事業の大括り化のため、赤枠部分のみ「農林水産物・食品の機能性等を解析・評価するための基盤技術の開発」の内容となっている。

白紙



論文数等共通事項調査票

(平成25年2月15日調査時点)

事業名	農林水産物・食品の機能性等を解析・評価するための基盤技術の開発					
実施期間	平成23～25年度			評価段階	終了時	
予算額 (百万円)	初年度 (23年度)	2年度目 (24年度)	3年度目 (25年度)	4年度目 (●年度)	5年度目 (●年度)	総合計
	475	380	403			1,258

項目	① 査読論文	②国内 特許権等 出願	③海外 特許権等 出願	④国内 品種登録 出願	⑤ プレス リリース	⑥ アウトリーチ 活動
実績件数	34	3	1	0	1	18

具体的な実績	
①査読論文	
<p>1. Kanae Ashida, Yuhi Saito, Takehiro Masumura, Shuichi Iida.(2011) Ultrastructure of protein bodies in mutant rice (<i>Oryza sativa</i> L.) with altered storage composition. <i>Breed Sci.</i> 61(2):201-207</p> <p>2. Takanari Shigemitsu, Yuhi Saito, Shigeto Morita, Shigeru Satoh, Takehiro Masumura. (2012) Separation and identification of rice prolamins by two-dimensional gel electrophoresis and amino acid sequencing. <i>Biosci, Biotech, Biochem</i>, 76(3), 594-597</p> <p>3. Yuhi Saito, Takanari Shigemitsu, Ryuichi Yamasaki, Ai Sasou, Futami Goto, Koichi Kishida, Masaharu Kuroda, Kunisuke Tanaka, Shigeto Morita, Shigeru Satoh, Takehiro Masumura. (2012) Formation mechanism of internal structure of type I protein bodies in rice endosperm: relationship between the localization of prolamin species and the expression of individual genes. <i>Plant Journal</i>, 70, 1043-1055</p> <p>4. Li-Tao Tong, Yumiko Fujimoto, Naoki Shimizu, Mariko Tsukino, Taiki Akasaka, Yukiko Kato, Wakako Iwamoto, Sawako Shiratake, Katsumi Imaizumi, and Masao Sato. (2012) Rice <math>\alpha</math>-globulin decreases serum cholesterol concentrations in rats fed a hypercholesterolemic diet and ameliorates atherosclerotic lesions in apolipoprotein E-deficient mice. <i>Food Chemistry</i>, 132:194-200</p> <p>5. Ogasawara S, Hosojima M, Kaseda,R, Kabasawa, H, Yamamoto-Kabasawa K, Kurosawa H, Sato H, Iino N, Takeda T, Suzuki Y, Narita I, Yamagata K, Tomino Y, Gejyo F, Hirayama Y, Sekine S and Saito A. (2012) Significance of urinary full-length and ectodomain forms of megalin in patients with type 2 diabetes. <i>Diabetes Care</i>, 35: 1112-1118</p> <p>6. 奥西智哉、宮下香苗、大江翔太郎、萬代悠太、増村威宏、黒田昌治. 少量試料による米粉生地膨化測定. (2012) <i>日本食品科学工学会誌</i>59, 473-475</p> <p>7. Norihiro Takei, Nobuteru Takahashi, Tomohiro Takayanagi, Atsuo Ikeda, Masahiro Takagi, Tsutomu Hamada, Eiichi Saitoh, Akihito Ochiai, Takaaki Tanaka, and Masayuki Taniguchi. (2013) Antimicrobial activity and mechanism of action of a novel cationic <math>\alpha</math>-helical dodecapeptide, a partial sequence of cyanate lyase from rice. <i>Peptides</i>, in press</p> <p>8. M. Kubota, R. Watanabe, H. Kabasawa, N. Iino, A. Saito, T. Kumagai, S. Fujimura, and M. Kadowaki. (2013) Rice protein ameliorates progression of diabetic nephropathy in Goto-Kakizaki rats with high-sucrose feeding. <i>British Journal of Nutrition</i>, in press.</p> <p>9. Akihito Ochiai, Kazuki Harada, Kazuma Shibata, Kenji Hashimoto, Yohei Ishiyama, Toshiaki Mitsui, Takaaki Tanaka, Masayuki Taniguchi. (2013) <math>\alpha</math>-Amylase is a potential growth inhibitor of <i>Porphyromonas gingivalis</i>, a periodontal pathogenic bacterium. <i>Journal of Periodontal Research</i>, in press.</p> <p>10. Kanazawa K.(2011) Bioavailability of non-nutrients for preventing lifestyle-related diseases. <i>Trends Food Sci. Tech.</i>, 22: 655-659.</p> <p>11. Yoshida M., Hatano N., Nishiumi S., Irino Y., Izumi Y., Takenawa T., Azuma T.(2012) Diagnosis of gastroenterological diseases by metabolome analysis using gas chromatography-mass spectrometry. <i>Journal of Gastroenterology, review</i>, 47:9-20.</p> <p>12. Yoshie T., Nishiumi S., Izumi Y, Sakai A., Inoue J., Azuma T., Yoshida M.(2012) Regulation of the metabolite profile by an APC gene mutation in colorectal cancer. <i>Cancer Science</i>, 103:1010-1021.</p> <p>13. Sakai A., Nishiumi S., Shiomi Y., Kobayashi T., Izumi Y., Kutsumi H., Hayakumo T., Azuma T. Yoshida M.(2012) Metabolomic analysis to discover candidate therapeutic agents against acute pancreatitis. <i>Archives of Biochemistry and Biophysics</i>, 522:107-120.</p> <p>14. Nishiumi S, Kobayashi T, Ikeda A, Yoshie T, Kibi M, Izumi Y, Okuno T, Hayashi N, Kawano S, Takenawa T, Azuma</p>	

- T, Yoshida M. (2012) A novel serum metabolomics-based diagnostic approach for colorectal cancer. PLoS ONE, 7(7):e40459.
15. Wang L., Rahman M.M., Inoue A., Ojima T. (2012) Heat-stability and primary structure of the major alginate lyase isozyme LbAly35 from *Littorina brevicula*. Fish. Sci., 78: 889–896.
16. Rahman M.M., Wang L., Inoue A., Ojima T. (2012) cDNA cloning and bacterial expression of a PL-14 alginate lyase from a herbivorous marine snail *Littorina brevicula*. Carbohydr. Res., 360: 69–77.
17. Xu X.J., Yasuda M., Mizuno M., Ashida H. (2012)  $\beta$ -Glucan from *Saccharomyces cerevisiae* reduces lipopolysaccharide-induced inflammatory responses in RAW264.7 macrophages. Biochim. Biophys. Acta, 1820: 1656–1663.
18. Xu X.J., Yasuda M., Tsuruta S., Mizuno M., Ashida H. (2012)  $\beta$ -Glucan from *Lentinus edodes* inhibits nitric oxide and tumor necrosis factor- $\alpha$  production and phosphorylation of mitogen-activated protein kinases in lipopolysaccharide-stimulated murine RAW 264.7. The Journal of Biological Chemistry, 287(2): 871–878.
19. Konno N., Takahashi H., Nakajima M., Takeda T., Sakamoto Y. (2012) Characterization of  $\beta$ -N-acetylhexosaminidase (LeHex20A), a member of glycoside hydrolase family 20, from *Lentinula edodes* (shiitake mushroom). AMB Express, 2:29.
20. Ren R., Azuma Y., Hashimoto T., Nishitani Y., Mizuno M., Ojima T., Yoshida M., Azuma T., Kanazawa K. Modulation of platelet aggregation-related eicosanoid production by dietary F-fucoidan from brown alga *Laminaria japonica* in humans. Br. J. Nutr., in press.
21. Ren R., Hashimoto T., Mizuno M., Yoshida M., Azuma T., Kanazawa K. A lipid peroxidation product 9-oxononanoic acid induced phospholipase A2 activity and thromboxane A2 production in human blood. J. Clin. Biochem. Nutr., in press.
22. 中川敏幸(2011), Endoplasmic reticulum stress enhances  $\gamma$ -secretase activity. Biochem Biophys Res commun 416:362–366
23. 田村基(2012). Effect of dietary L-arabinose on the intestinal microbiota and metabolism of dietary daidzein in adult mice. Bioscience of Microbiota, Food and Health. 31:59–65.
24. 田村基(2012). Effects of rice bran oil on the intestinal microbiota and metabolism of isoflavones in adult mice. International Journal of Molecular Sciences. 13:10336–10349.
25. 小堀真梨子(2012),「Phloridzin reduces blood glucose levels and alters hepatic gene expression in normal BALB/c mice」, Food and Chemical Toxicology 50:2547–2553
26. 渡辺純・石川祐子(2012),「Evaluation of a Method to Quantify Quercetin Aglycone in Onion (*Allium cepa*) by Single- and Multi-laboratory Validation Studies」, Analytical Sciences 28(12):1179–1182
27. 石見 佳子(2013),「Possible role of S-equol on bone loss via amelioration of inflammatory indices in ovariectomized mice.」, J Clinical Biochemistry and Nutrition 印刷中
28. Kimura, J., Nemoto, K., Onoue, S., Yamakuni, T., Yokosuka, A., Mimaki, Y., Yamada, S., Degawa, M. and Ohizumi, Y. (2011) Inhibitory Effects of Citrus Polymethoxyflavones, Nobiletin and its Analogues, on Acetylcholinesterase Activity. Pharmacometrics, 81, 23–26.
29. Kiyomitsu Nemoto, Ayaka Ikeda, Chiaki Yoshida, Junko Kimura, Junki Mori, Hironori Fujiwara, Akihito Yokosuka, Yoshihiro Mimaki, Yasushi Ohizumi, Masakuni Degawa. (2013) Characteristics of nobiletin-mediated alteration of gene expression in cultured cell lines. Biochem. Biophys. Res. Commun., 431, 530–534.
30. 山本(前田)万里, 庄司俊彦, (2011) タンニン類に着目したリンゴ・茶の生体調節作用の医学的検証と高含有品種育成など活用に関する研究開発, 日本抗加齢医学会誌, 7, 43–48.
31. 物部真奈美, 池田麻衣, 江間かおり, 徳田佳子, 本(前田)万里 (2012), 緑茶冷水(4°C)浸出液のカテキン浸出特性及び茶期・品種の異なる緑茶冷水浸出液がマクロファージ様細胞の食能へ与える影響, 茶業研究報告, 114, 29–36
32. Fujimura Y, Sumida M, Sugihara K, Tsukamoto S, Yamada K, Tachibana H (2012). Green tea polyphenol EGCG sensing motif on the 67-kDa laminin receptor. PLoS One. 7(5):e37942
33. 沖智之, 菅原晃美, 古川(佐藤)麻紀, 須田郁夫 (2013), DMAC法による豆類中の総プロアントシアニジンの定量法, 日本食品科学工学会誌,
34. Toshihiko Shoji (2013), Chemical properties, bioavailability, and metabolomics of fruit proanthocyanidins, Polyphenols in Human Health and Disease (Elsevier).

#### ②③④(国内外)特許権等出願・品種登録

1. 「米タンパク質組成物とその製造方法」(特願2011-249095)
2. 「口腔用抗菌剤、口腔内の抗菌方法、及び口腔内疾患治療薬」(特願2012-039051)
3. 「米タンパク質組成物とその製造方法」(PCT/JP2012/078660)
4. 「タンパク質栄養組成物」(特願2013-017197)

## ⑤プレスリリース

1. 「メタボロミクスを用いた早期大腸がん診断システムの開発」に関する研究成果の報道

プレスリリース:平成24年7月12日(発信機関:神戸大学)

新聞掲載:神戸新聞(7月13日朝刊3面)、読売新聞(7月13日朝刊33面)、日刊工業新聞(7月13日朝刊21面)、産経新聞(7月13日朝刊24面)、毎日新聞(7月13日朝刊28面)、共同通信、日経新聞、時事通信。

雑誌掲載:週刊現代(第54巻29号、178ページ、8月11日発行)。

テレビ放送:VOICE(毎日放送7月12日放送)、めざましテレビ(フジ・関西テレビ7月13日放送)、朝日放送(7月13日放送)

## ⑥アウトリーチ活動(研究活動の内容や成果を社会・国民に対して分かりやすく説明する等の双方向コミュニケーション活動)

1. 市民公開講座「第1回医と食の市民公開講座～食の安全・機能性と健康を考える～」(平成23年11月27日、神戸大学医学部会館シスメックスホール)

2. 市民公開講座「第2回医と食の市民公開講座～コンブを学んで、おいしく食べよう!～」(平成24年11月11日、北海道大学学術交流会館)

3. 市民公開講座「第3回医と食の市民公開講座～コンブを食べて、健康になろう!～」(平成25年1月27日、神戸大学医学部会館 シスメックスホール)

4. 日本栄養・食糧学会第66回大会シンポジウム「米及び米由来物質の機能性」(平成24年5月19日、東北大学)

5. 日本畜産学会第115回大会シンポジウム「米の栄養特性と生理的機能性:飼料用米の優位性発掘を目指して」(平成24年3月29日、名古屋大学)

6. 第21回日本清涼飲料研究会総会・研究会「医農連携プロジェクトー茶の機能性ー」(平成23年10月21日、日本教育会館一ツ橋ホール)

7. 第20回AMI研究会「タンニン類に着目したリンゴ・茶の生体調節作用の医学的検証と高含有品種育成など活用に関する研究開発」(平成24年2月5日、キャンパスイノベーションセンター)

8. 第23回AMI研究会「タンニン類に着目したリンゴ・茶の生体調節作用の医学的検証と高含有品種育成など活用に関する研究開発」(平成24年8月5日、キャンパスイノベーションセンター)

9. (社)鹿児島県工業倶楽部法人設立20周年記念事業シンポジウム「食品の免疫調節作用とそのしくみ」(平成24年10月6日、鹿児島大学稲森会館)

10. 第66回全国お茶まつり静岡大会特別シンポジウム「緑茶の機能性について」(平成24年11月18日、大日本報徳社大講堂)

11. アグリビジネス創出フェア2012「医農連携シンポジウム」タンニン類に着目したリンゴ・茶の生体調節作用の医学的検証」(平成24年11月16日、東京ビックサイト)

12. 第66回全国お茶まつり静岡大会シンポジウム「効果的な緑茶カテキンの摂取の仕方」(平成24年11月17日、掛川生涯学習センター)

13. 第66回全国お茶まつり静岡大会シンポジウムでのECG茶レシピの配布、試食等広報活動(平成24年11月17日～18日、掛川市街頭)

14. AMI研究会シンポジウム～機能性食材の研究はここまで進んだ～「タンニン類に着目したリンゴ・茶の生体調節作用の医学的検証」(平成24年11月29日、慶應大学三田キャンパス)

15. 茶学術研究会シンポジウム「茶による疾病予防の可能性ー緑茶成分の免疫調節作用とそのしくみ」(平成25年1月12日、兵庫県民会館)

16. 日本食品保健指導士会講習会「緑茶ポリフェノールの生理活性」(平成25年1月27日、アクロス福岡)

17. 日本動物細胞工学会シンポジウム「緑茶(Camellia sinensis L.)抽出液中に含まれる免疫賦活活性成分の探索および作用機序」(平成25年1月31日、キャンパス・イノベーションセンター(CIC)国際会議室)

18. 「柑橘類果皮を利用した抗認知症機能性食品の開発に向けた基盤技術の開発シンポジウム」(平成25年2月8日、静岡県立大学)

## その他(行政施策等に貢献した事例)

## 今後予定しているアウトリーチ活動等

1. 市民公開講座「第4回 医と食の市民公開講座 ～キノコを食べて、健康になろう!～」(平成25年9月、場所未定)

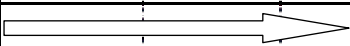
2. 「New Functionalities of Rice」(平成26年予定)

3. 日本茶インストラクター協会講習会「お茶の機能性」(平成25年3月24日、福岡県八女市)

4. タンニン類の機能性に関するシンポジウム(平成26年2月、東京)

白紙

## 委託プロジェクト研究課題評価個票（終了時評価）

<b>研究課題名</b>	生物の光応答メカニズムの解明と省エネルギー、コスト削減技術の開発			<b>担当開発官等名</b>	研究開発官(食の安全、基礎・基盤)
				<b>連携する行政部局</b>	消費・安全局植物防疫課（防除班） 生産局農産部園芸作物課（園芸生産第1班、花き振興第1班） 林野庁経営課（特用林産指導班） 研究・保全課（研究班）
<b>研究開発の段階</b>	<b>基礎</b>	<b>応用</b>	<b>開発</b>	<b>研究期間</b>	H21～H25（5年間）
					

### 研究課題の概要

農林水産分野においては、これまでも電照菊、防蛾灯<sup>※1</sup>、集魚灯<sup>※2</sup>など光を利用した技術が活用されてきたが、これらの技術は経験的な水準に留まっていた。しかしながら近年では、光の波長<sup>※3</sup>、強度<sup>※4</sup>等を精密かつ安価にコントロールできるLED（Light Emitting Diode：発光ダイオード）<sup>※5</sup>が実用化し、生物の生理現象の解析手法が著しく進展してきたことから、生物の光に対する応答を科学的に解明して、その生育、行動を制御することが可能となってきた。

このため、これら最新の解析手法等を用いて、

- ①野菜等の光応答メカニズムの解明と生産性や品質の向上・安定化のための光の照射方法、光質<sup>※6</sup>制御被覆資材<sup>※7</sup>等の開発
- ②花きの光応答メカニズムの解明と生産性や品質の向上・安定化のための光を利用した生育制御技術、病虫害防除技術、輸送・貯蔵技術の開発
- ③キノコの光応答メカニズムの解明と子実体形成等の形態制御、特定成分誘導制御による生産性や品質等の向上のための光利用技術の開発
- ④害虫の光応答メカニズムの解明と光の波長や照射方法等に対する行動様式を利用した高度で効率的かつ農作物の生育等に影響のない害虫防除技術、発生予察技術の開発
- ⑤有用水産生物の光応答メカニズムの解明と灯光による行動制御や光環境を利用した養殖システム、養殖用餌料生物の生産技術の開発

を行い、科学的根拠に基づくLED等の新光源を活用した光利用技術を確立し、新しい農業技術の体系化・高度化を図る。

#### 1. 委託プロジェクト研究課題の主な目標

①野菜（トマト・ホウレンソウ・レタス等）の光に対する応答を解析し、光環境が形態形成、生長、花成誘導、有用二次代謝産物の増減等に及ぼす影響について解明することにより、④で得られる光に対する害虫の行動等に関する知見を考慮しつつ、野菜等（果菜類・葉菜類、果樹、茶）の生産性や品質の向上・安定化に資する実用的な光利用技術を開発する。

②花き（キク等主要品目）の光に対する応答を解析し、光環境が花成誘導、形態形成、生育、病虫害抵抗性等に及ぼす影響を解明することにより、光の高度利用による開花制御技術や④で得られる知見や害虫防除技術と組み合わせた実用生産技術を開発する。

③光によるキノコの子実体形成等の形態制御及び特定成分の誘導のメカニズムを解明し、適切な光照射方法を確立するとともに、波長等を制御した光照射による低コスト・高収量栽培技術を開発する。

④カメムシ、コナジラミ、アザミウマ等の難防除害虫の光に対する誘引<sup>※8</sup>・忌避<sup>※9</sup>の行動パターンを網羅的に解析し、光環境が害虫の行動に及ぼす影響を解明するとともに、①から③で得られる知見と組み合わせることにより、総合的病虫害管理（IPM）防除技術に組み入れる。

⑤光環境の変化がイカ類等主要な水産生物の行動に及ぼす影響、養殖魚（ヒラメ、マツカワ等）の光による成長促進メカニズムを解明するとともに、餌料生物（植物・動物プランクトン）の効率的な生産技術を開発し、省エネルギー・低コスト漁船漁業、養殖システムを開発する。

2. 委託プロジェクト研究課題全体としてのアウトカム目標（H28年）	
	備考
電照菊に利用している白熱電球のLEDへの置き換えによる電力消費量の70%削減、光を利用したIPM防除技術を確立し、農薬による害虫防除の代替による農薬使用量の30%削減等を通じて、施設園芸等における省エネ、環境負荷低減を図る。	野菜、花き、キノコの光応答の高度利用技術、光を利用した害虫の防除技術を生産者に普及させるための技術マニュアルを整備する。

1. 研究成果の意義	ランク： S
<p>(理由)</p> <p>農林水産分野では、これまでも電照菊、防蛾灯、集魚灯など光を利用した技術が活用されてきたが、生物の光応答メカニズムに関する科学的知見は少なく、あくまで経験的な水準に留まっていた。このような中、2008年5月に、経済産業省から「省エネランプ等の普及促進対策について」が発出され、2012年を目途に、省エネ性能の優れた製品への切り替えの実現を目指すことが照明業界などの関係各方面に呼びかけられ、新光源（電球型蛍光灯やLEDランプ）が一般家庭に急速に普及し始めたことに伴い、農業現場においても、省エネという理由で従来の白熱電球を単純に新光源に付け替えているところが見られるようになった。しかしながら、特にLEDランプでは、波長や配光<sup>*10</sup>特性が白熱電球と異なるため、例えば電照菊栽培において花芽<sup>*11</sup>分化抑制が不十分になるなど、従来の白熱電球と同等の効果が得られず、新光源に対する誤った評価が広がる恐れがあり、今後の農業現場への新光源の普及を妨げかねない。このことから、本プロジェクト研究において、近年著しく進展してきた生物の生理現象の最新の解析手法等により、植物・害虫・水産生物等の生物の光応答メカニズムを解明することは、農林水産分野における科学的根拠に基づいた光利用技術の体系化・高度化に資するものであり、研究成果の科学的・技術的な意義は高い。さらに、新光源の特性を活かし、農林水産物の生産性や品質の向上、病虫害防除などこれまでの光源では考えられなかった新たな光利用技術を開発することは、生産コストの縮減や農林水産物への新たな付加価値の付与など競争力の強化につながるものであり、研究成果の革新性、先導性は高い。</p> <p>一方、低炭素社会への転換や生物多様性の保全が求められる中、光を利用した病虫害制御は、農薬等の薬剤の使用を抑え、環境に負荷を与えない優れた技術としてその実用化が期待されている。また、2012年6月には、経済産業省と環境省から「省エネランプ等の一層の普及促進対策について」が発出され、省エネ性能に優れた照明製品への切り替えへの一層の積極的な対応が要請されており、一部メーカーでは2012年内に一般照明用途の白熱電球（農業用などの特殊用途を除く）について生産中止又は縮小の方向にあるなど、今後の農業分野への影響も懸念されることから、新光源の特性を活かした新しい光利用技術を早急に確立する必要がある。</p> <p>さらに、2011年3月に発生した東日本大震災では、我が国における電力供給体制の根幹が揺るがされ、電力の逼迫による計画停電や全国的な節電要請を経験するなど、国家における電力の重要性が再認識されたことから、省エネルギー技術に対する国民的な関心と社会的要請は極めて大きくなっている。</p> <p>以上のように、本プロジェクトに対する社会的要請は非常に大きく、当該研究における先導性、実用性等は研究開始時と同等以上と認められ、意義は非常に高い。</p>	
2. 研究目標の達成度及び今後の達成可能性	ランク： S
<p>(理由)</p> <p>これまで、野菜等、花き、キノコの光応答反応の解析を進め、光環境がこれらの形態形成、生育等に</p>	

及ぼす影響を解明するとともに、害虫の光環境の変化による行動特性の影響を解明し、光利用技術の確立に向けて順調に検討を進めており、研究全体として概ね当初の見込みのとおり進捗している中、水産の課題については、当初の見込みを上回る進捗で進捗し、平成23年度末時点において、既に所定の研究目標を達成したとして前倒しして終了しており、また、害虫の課題においては、全く新しい昆虫の走光性に関する概念を提唱し、新たな発生予察・防除装置の開発に着手するなど、一部では研究目標を超える成果を上げており、達成度は非常に高い。

具体的な、課題ごとの研究目標の達成度は以下のとおりである。

## (1) 野菜等の光応答メカニズムの解明及び高度利用技術の開発

### ①光応答メカニズムの解明

光による野菜等の形態形成、生育、花成誘導等の変化とこれらの調節・誘導に関わる植物ホルモンや二次代謝産物等の変化について分析を行い、光環境の変化に応答する植物の生理機能メカニズムを解明するという目標に対して、光環境の変化によるトマトの形態形成・生育促進に関わる植物ホルモンの変化や葉菜類の付加価値となる二次代謝産物等の変化を明らかにし、一部については特許を出願するなど、当初の見込みを上回る研究成果が得られている。主要成果は以下のとおり。

- ・ トマト苗への青色光照射が活性型ジベレリン（植物ホルモン）量を低下させることを見出し、茎伸長への内生ジベレリン量関与の知見を得るとともに、トマトの良質苗の生育に有効な赤青光の最適混合比を決定し、トマトの閉鎖型苗生産システムにおける有効性を実証した。
- ・ サニーレタスに緑色（510nm）LEDの強光照射を行うことにより、白色蛍光灯と同等の生長とアントシアニン色素の蓄積が生じることを明らかにした（特許出願：特願2010-199734）。
- ・ コマツナの有用成分の蓄積について、蛍光灯に比べ、紫色（405nm）LEDは還元型アスコルビン酸（ビタミンC）濃度を約1.9倍に増加し、青色（470nm）LEDはカルシウム濃度を約1.7倍に増加させることを明らかにした（カルシウムについて特許出願：特願2012-089240）。

### ②高度利用技術の開発

(1) ①の課題で得られた知見を活用しつつ、野菜等の生産性向上、品質の向上・安定化等のための光の照射方法、光質制御被覆資材等を開発し、光を利用した生育制御法を確立するという目標に対して、葉菜類やイチゴへの光質制御被覆材の活用により生産性を向上し、果樹への光の照射方法の検討により品質の向上を実証するなど、順調に研究成果が得られている。主要成果は以下のとおり。

- ・ 葉菜類（ハウレンソウ4品種、葉ネギ3品種）の生育や形態形成等に効率の良い光の三原色（RGB）比として、およそ55:30:15%（R:G:B）が最適との結論を得た。また、太陽光をこの値に制御することを目標として新光質制御被覆材の試作を行い、栽培時期により最大でハウレンソウでは15%、葉ネギでは35%の増収が可能であることを実証した。
- ・ イチゴ育苗ハウスへの熱線遮断フィルムの展張により、頂花房<sup>※12</sup>の花芽を促進し、その結果、年内可販果収量を最大で約50%増加させることを実証した。
- ・ ブドウへのLEDテーブルライトを用いた花房への近接照射法を考案し、気温の低下する夜間に青色LEDを照射することにより着色（アントシアニン含量）が大きく向上することを実証した。

## (2) 花きの光応答メカニズムの解明及び高度利用技術の開発

### ①光応答メカニズムの解明

光による花き類の形態形成、生育、花成誘導及び病虫害抵抗性に関わる植物の生理機能メカニズムを解明するとともに、花き病害の原因となる病害微生物の光質応答反応を明らかにするという目標に対し、キクの開花に関わる遺伝子の同定や新光源を利用する上での基盤となる、花き類の光の各波長領域への応答に関する情報の蓄積、特定領域の光照射による花きの防御関連遺伝子の誘導メカニズムを明らかにするなど、順調に研究成果が得られている。主要成果は以下のとおり。

- ・ キクの網羅的な発現遺伝子情報の集積を進め、マイクロアレイの整備、キク形質転換系の最適化を行い、逆遺伝学<sup>※13</sup>的解析の基盤を整備した。さらに、構築した情報を活用してキクの開花の鍵因

子であるフロリゲン遺伝子の同定に成功した。また、暗期中断による花成<sup>\*14</sup>抑制の鍵となる光受容体を特定した。

- ・花き類の光環境制御による生育・品質のコントロール技術の開発に向けて、31品目、92品種について、紫外線領域から遠赤色光領域までの各波長域の光に対する伸長・開花反応等を調査し、品目ごとの光質応答に関する情報を蓄積した。
- ・紫外線領域（UV-B：280～315nm）の光照射により花きの防御関連遺伝子が誘導され、病害虫抵抗性が向上していることを明らかにし、バラのうどんこ病の発病、キクの白さび病及び黒斑病の発病、カーネーションのハダニ増殖及び斑点病の発病、トルコギキョウ及びペチュニアのトマト黄化えそウイルス（TSWV）の蓄積についてそれぞれ抑制することを実証した。

## ②高度利用技術の開発

（2）①及び（4）の知見を活用しつつ、花き類の生産性向上、品質の向上・安定化等のための光照射方法を開発し、光を利用した生育制御技術とIPM防除技術、輸送・貯蔵技術を確立するという目標に対して、特定波長の利用により病害発生を軽減する花き類の輸送・貯蔵方法の検討や従来の光源と同等以上の生育制御とIPM防除の両立が可能な波長の特定、LEDの均質照射が可能なLED用レンズの開発を行うなど、順調に研究成果が得られている。主要成果は以下のとおり。

- ・トルコギキョウ切り花収穫後の紫外線領域（UV-B：280～315nm）の光照射により、灰色かび病菌の孢子発芽を抑制し、輸送・貯蔵中の灰色かび病発生の軽減が可能であることを示した。
- ・ストックへの遠赤外光照射により、白熱電球と同等以上の開花促進等の生育調節効果を確保しつつ難防除害虫であるコナガの被害の軽減が可能であることを実証した。
- ・圃場での利用を想定した光の均質照射が可能な光源として、ライン型と単品型のワイド配光のLED用レンズを開発し、圃場における最適な設置案の検討を行った。

## （3）キノコの光応答メカニズムの解明及び高度利用技術の開発

### ①光応答メカニズムの解明

キノコの光受容体・光応答遺伝子など、子実体の形成に関わる遺伝子の単離・解析を行い、光による形態制御の分子メカニズムを解明するとともに、光によって誘導されるメラニンや抗酸化物質などの特定有用成分を解析し、制御メカニズムを解明するという目標に対して、キノコの光受容体遺伝子の単離・同定やメラニンと抗酸化力の測定法の確立・測定を行うなど、順調に研究成果が得られている。主要成果は以下のとおり。

- ・キノコの光受容体の遺伝子を単離・同定し、当該光受容体が直接光依存着色遺伝子（チロシナーゼ）の発現を制御していることを強く示唆する結果を得た。
- ・各種キノコにおけるメラニンの直接分析法を確立し、キノコの着色が光誘導性メラニン由来であることを立証した。
- ・各種キノコにおける光誘導有用成分（ビタミンD）の簡便な測定法と抗酸化力をORAC法（Oxygen Radical Absorbance Capacity：活性酸素吸収能力）により測定する方法を確立し、光質によるこれらの含有量調査を可能とした。

### ②高度利用技術の開発

国内に流通する各種食用キノコの培養段階、発生段階における最適なLED光源の照射方法を開発し、現場に適した照明器具の試作を行うという目標に対して、各種食用きのこの培養段階及び発生段階で、試作したLED照明装置等を利用することにより、子実体収量の増加や品質の向上又は従来法である白色蛍光灯と同等の良質な形態形成の確保を確認するなど、順調に研究成果を得られている。主要成果は以下のとおり。

- ・培養段階での青色（450nm）LED照射により、シイタケにおける子実体収量及び高品質子実体個数の増加、培養期間の短縮が可能であることを明らかにした。
- ・発生段階において、ナメコ及びエリンギでは白色蛍光灯に対して特徴のある形状の子実体が得られ



る青色LED照射条件、マイタケでは収量を増加させる原基<sup>※15</sup>形成時の青色LED照射条件、ブナシメジ及びバイリングでは白色蛍光灯と同等の形状になる青色LED照射条件を明らかにし、エノキタケでは青色LED照射が商品価値を低下する菌床剥離<sup>※16</sup>の低減効果があることを明らかにした。

#### (4) 害虫の光応答メカニズムの解明及び高度利用技術の開発

##### ①光応答メカニズムの解明

異なる波長の光に対する害虫の誘引・忌避の行動パターンを網羅的に解析して基礎データを蓄積するとともに、野外環境下における行動パターン等の解析を行い、光が害虫の行動に及ぼす影響を解明するという目標に対し、害虫の行動に影響すると考えられる認識可能な波長領域を特定し、害虫の行動パターンに大きく影響を及ぼす走光性に関する新しい概念を提唱して特許を出願するなど、当初の見込みを大きく上回る研究成果が得られている。主要成果は以下のとおり。

- ・昆虫が「見える」光の波長領域を特定するために、アザミウマやコナジラミ、ハモグリバエ等の微小昆虫を含めた重要害虫・天敵等57種類の複眼網膜電図(ERG)を測定して、複眼の分光感度曲線を得た。
- ・昆虫が光に誘引されるメカニズムとして「エッジの認識による光源への定位」という新しい概念を提唱し、新たな害虫誘引トラップの開発を可能にした(特許出願:特願2011-205132、特願2012-049842、PCT/JP2012/074100)。

##### ②高度利用技術の開発

LED等の新光源を利用した発生予防技術や誘引・採集装置による家畜吸血性微小害虫などの効率的な発生調査技術、各地で被害が発生している害虫の防除技術及び(4)①と(1)から(3)の研究成果も活用した、害虫に効果があり農作物に影響しない実用技術の開発という目標に対して、LEDを利用した害虫の発生予察灯及び防除トラップの試作や光による飛来抑制効果や交尾阻害効果を確認するなど、順調に研究成果が得られている。主要成果は以下のとおり。

- ・新光源を利用した発生予察灯の開発に関しては、市販の電球型白色LEDに紫外線(365nm)LEDを組み込み、光が横方向へ拡散するような配光特性にした電球型LED光源を試作し、水稻害虫(ニカメイガ、ウンカ類)が白熱電球と同様に捕獲されることを野外実験において確認した。また、紫外線(375nm)LEDを利用した家畜ウイルス病媒介虫であるヌカカの小型で携帯可能な誘引トラップを開発した。
- ・光を利用した微小害虫の防除技術の開発に向けて、野菜や果樹を加害するアザミウマ類の農作物への飛来がある一定の波長の光照射によって抑制・阻害されることを明らかにし、光を利用する新たな防除技術の開発を可能にした。
- ・光を利用した鱗翅目等害虫の防除技術の開発に向けて、チャノコカクモンハマキでは青色(450~470nm)LEDの夜間連続照射で交尾・産卵が抑制されること、貯穀害虫であるタバコシバンムシが紫外光(375nm)に強く誘引されることを明らかにし、紫外線LEDを利用したタバコシバンムシの実用的な防除トラップを試作した。
- ・キノコを加害し、登録された殺虫剤の存在しないキノコバエを効率的に誘殺する紫外線(365nm)LEDトラップを開発した。

#### (5) 有用水産生物の光応答メカニズムの解明及び高度利用技術の開発

光による水産生物の行動特性への影響の解明と従来法より確実な魚群制御技術の開発、魚介類の種苗を生産する際に必須な初期餌料生物(植物及び動物プランクトン)の効率的餌料生物培養システムの開発、養殖魚の成長等に及ぼす光環境の影響の解明と成長促進技術の開発を行うという目標に対して、当初の見込みを上回る進捗で進捗し、一部については現場での実証につなげるなど、平成23年度末時点において目標を達成する研究成果が得られた。主要成果は以下のとおり。

- ・対光行動観察実験用、飼育実験用として複数の光量、光質を調節可能な光源システムを開発した。

また、水中におけるスルメイカの対光行動をモニタリング可能な、700nm 光LEDとEM-CCD（光電子増倍）カメラで構成される観測システムを構築した。

- ・光で順応したヤリイカに暗黒条件下で赤色（620nm）LEDを照射することにより、赤色LED照射下に10分程度集群させることが可能であることを実証した。
- ・スルメイカ及びサンマの対光行動実験により、青緑光（480～500nm）に顕著な集群反応を示すことを解明し、サンマ棒受網漁業<sup>\*17</sup>におけるLED漁灯利用に研究成果を活用した。
- ・植物プランクトンへの有色光LEDの照射は、実験規模（50ml程度）から小・中規模（0.5～10L程度）までであれば増殖が良好となり、従来の白色蛍光灯に比べて1/4～1/5の電力消費量で培養が可能になることを実証し、実証生産規模での大量培養器（30L）の開発につなげた。
- ・動物性初期餌料生物であるL型ワムシの培養において、安価な市販生パン酵母給餌であっても、青色光（470nm）の照射でクロレラ給餌に匹敵する高い増殖密度が得られた。
- ・ホシガレイ（明るい条件を好む種）、ババガレイ（暗い条件を好む種）、ヒラメ（中間の条件を好む種）をモデルとして、発育段階ごとに好適な光条件を調査した結果、ホシガレイでは明条件で摂餌状況が良好で、成長・生残（生き残り）が向上し、成長に伴い暗条件でも摂餌が可能となったが、ババガレイでは暗条件で摂餌状況が良好で、成長・生残が向上し、中間種であるヒラメは、ホシガレイとババガレイの中間にあたる結果となった。また、様々な波長条件（青：464nm、青緑：497nm、緑：518nm、赤：635nm、白）で飼育実験を行った結果、ホシガレイでは緑（518nm）で摂餌状況が最も良好で、ヒラメ、ババガレイでは赤（635nm）に比べて他の4色で摂餌状況が良好だった。
- ・ホシガレイの初期飼育において24時間照明（蛍光灯）を5日間行うことにより、白化個体の出現を抑制しつつ、初期の摂餌を改善し、成長・生残が大幅に向上した。
- ・低水温期のマツカワの成長促進に、青色（464nm）又は緑色（518nm）LEDの照射が有効であることを検証した（特許出願：特願2012-068668）。

なお、最終年度には、（1）野菜等の課題では、花成等の形態形成メカニズムや夜間補光による生長促進メカニズムの解明、開発した光質制御被覆資材の効果の検証と資材の劣化による影響評価、（2）花きの課題では、花きの生育への影響が大きい赤色光と遠赤色光の各比率による生育応答の調査や開発したLED器具を用いたフィールドでの設置・照射方法の検討、（3）キノコの課題では、確立したビタミンD測定法とORAC法を活用した光質の違いによる各種キノコの有用成分の変動調査や現場規模でのLED照射試験の実施、（4）害虫の課題では、試作したLEDトラップの照射条件・設置条件の検討や捕虫性・耐候性に優れた蛍光性着色粘着板の開発、害虫で効果が得られた光の野菜や花き、キノコへの影響等について研究を実施し、（1）から（4）の各課題について、特に現場段階での実証が見込まれる技術等について取りまとめを行い、技術マニュアルを作成することとしており、これまでの研究の進捗状況から、研究目標の今後の達成可能性は高い。

**3. 研究が社会・経済等に及ぼす効果（アウトカム目標）とその実現に向けた研究成果の普及・実用化の道筋（ロードマップ）の明確性**

ランク： A

（理由）

本研究ではこれまでに、生物の光応答メカニズムの解明に基づいた新光源の活用による園芸作物等の生産性と品質の向上・安定化技術、従来の薬剤防除法では防除が困難な害虫の防除技術、農薬散布回数削減による病害虫防除の省力化技術などの研究成果が得られている。

本プロジェクトのアウトカム目標である「（平成28年以降）電照菊栽培では白熱電球からLEDランプへの代替による電力消費量の70%削減、光を利用したIPM防除技術の確立による農薬使用量30%削減」は、これまでに得られた成果を基に試算（後述）したところ、電照菊に利用している白熱電球を赤色LEDに置き換えることにより電力消費量を約91%削減可能であり、確立が見込まれるLEDを利用したIPM防除技術により農薬使用量を30%～100%削減可能であるなど、技術的には達

成可能であると考えられるものの、現時点においてLEDの導入コストは依然として高く、経営全体としてはコストが増加することから、生産現場で直ちに実用化させることは困難であると考えられる。

また、本プロジェクトを平成24年度まで実施してきたところ、LEDランプに関し、プロジェクトの開始時点で想定され得なかった様々な課題が明らかになってきた。具体的には、部品を集めれば照明の知識がなくても作製可能であるという特性から新規参入者が増加した結果、コストの急激な低下は図られたものの、一般家庭向けであっても市場の一部には、発光効率や明るさなどにおいて表示と実態とが乖離した性能を示す商品が存在することが報告されている。また、製品の保証制度も整備されておらず、製品に起因する発煙・発火等の事故の発生も確認されている。

このような状況を踏まえ、経済産業省において、事故未然防止の観点から、電球型LEDランプについては電気用品安全法の規制対象に加えられ、必要な技術基準の設定と製造・輸入業者の届出手続等が定められ（平成24年7月1日付け電気用品安全法施行令改正）、また、照明関係団体により、一般照明用電球型LEDランプの製品規格JIS（JIS C 8158）が制定（平成24年11月20日）された。このため、一般家庭向けのLEDランプについては、今後はより標準化された製品が市場に供給されるものと考えられる。

しかしながら、有色光を主体とする農業用LEDについては、風雨を直接受ける屋外での使用や高温・高湿下で薬剤にさらされるハウス内での使用など、一般家庭用よりもさらに過酷な条件下での使用が想定されることもあり、農業用としてその性能の保証を受けたLEDランプの生産を行っているメーカーが、現在存在していない。

本プロジェクトでは、LEDランプ生産の大手メーカーが参画し、圃場利用を想定した光の均質照射が可能な光源の開発等を行っているが、生産現場に適用できるような製品化には、性能・価格等においてまだ多くの課題が山積しており、プロジェクト期間内での解決は困難であると見込まれている。

これらのことから、現時点では、国としてLEDを利用した技術の普及を行うことは時期尚早であり、農業用白熱電球の生産が行われている現状においては、この利用を継続することも、有効な選択肢の1つであると考えられた。

一方で、白熱電球から新光源への切り替えという世界的潮流は変わらないと考えられることから、国として将来的にLED利用技術の普及の推進を可能にするため、行政部局と連携し、農業用としてメーカー保証したLED等の生産について照明業界に要請するなどの働きかけの必要性等について、最終年度に向けて検討する必要がある。

また同時に、将来的に農業用LEDの生産が行われることを見越して、LEDランプの現状と課題を分析するとともに、それらを掲載した技術マニュアルを作成し、これを用いて新光源に関する正確な知識の普及・啓蒙を行うことは非常に意義があり、本プロジェクトの研究成果の普及・実用化に向けた重要な第一歩になると考えられる。

以上のことから、アウトカム目標の実現に向け、研究成果の普及・実用化の道筋は明確となっていると考えられる。

#### 【試算】

☆本プロジェクト参画機関による試算であり、各条件設定により結果が左右されることに留意。

#### 【電照菊に利用している白熱電球のLEDへの置き換えによる電力消費量の70%削減】

比較項目：10a当たり年間電気代金削減率

共通条件：(a)ランプ設置個数(100個/10a)、(b)年間電照時間(600時間(50日×3回転×4時間))、

(c)電気料金単価(8.05円/kWh、九州電力、22～8時の深夜割引適用)

白熱電球：(d)ワット数(75W)、(e)単価(180円)（参考：ランプ耐用年数 1.5年と設定）

LED(赤色)：(d)ワット数(7W)、(e)単価(3,000円)（参考：ランプ耐用年数 10年と設定）

年間電気代金(円) = (a) × (b) × (c) × (d) / 1,000

白熱電球年間電気代金 = 100 × 600 × 8.05 × 75 / 1,000 = 36,225円

LED年間電気代金 = 100 × 600 × 8.05 × 7 / 1,000 = 3,381円

白熱電球からLEDへの置き換えによる電気代金削減率 = (100 - (3,381 / 36,225)) × 100 = 約91%

※ただし、初期導入コスト(= (a) × (e))はそれぞれ以下のとおり。

(参考：年数の経過に伴う延べ費用は、約7年で白熱電球がLEDを上回る計算となる)

白熱電球：100×180＝18,000円 (参考：7年目までの推定延べ費用：457,875円)

LED：100×3,000＝300,000円 (参考：7年目までの推定延べ費用：420,687円)

【光を利用したIPM防除技術を確立し、農薬による害虫防除の代替による農薬使用量の30%削減】

比較項目：10a当たり年間農薬散布回数削減率及びLED防除への変更に係るコスト増減率

※LED防除については、初期導入コストをLEDの耐用年数で割り、1年当たりの金額として防除コストに計上したため、見かけ上、LED防除への変更に係るコスト増減率は低めになっている。

#### 【事例1】

対象作物：ブロッコリー

対象害虫：ハスモンヨトウ、ヨトウガ、オオタバコガ

農薬防除(慣行法)：農薬散布回数 5回、防除コスト 66,472円

LED防除：農薬散布回数 0回、防除コスト 430,821円

農薬散布回数削減率：100%、LED防除への変更に係るコスト増減率：約6.5倍に増加

#### 【事例2】

対象作物：花き類

対象害虫：オオタバコガ

農薬防除(慣行法)：農薬散布回数 30回、防除コスト 60,000円

LED防除：農薬散布回数 21回、防除コスト 93,017円

農薬散布回数削減率：30%、LED防除への変更に係るコスト増減率：約1.6倍に増加

#### 【事例3】

対象作物：茶

対象害虫：チャノコカクモンハマキ

農薬防除(慣行法)：農薬散布回数 4回、防除コスト 7,652円

LED防除：農薬散布回数 0回、防除コスト 98,548円

農薬散布回数削減率：100%、LED防除への変更に係るコスト増減率：約12.9倍に増加

## 4. 研究推進方法の妥当性

ランク： A

### (理由)

研究開始前に実施した事前評価等を踏まえ、研究計画及び課題を検討し、当該研究分野に多くの知見と経験等を有する機関を対象とした企画競争を経て、適切な研究グループを採択した。

研究開始後においては、外部有識者6名及び関係する行政部局で構成する「委託プロジェクト研究運営委員会」を、これまで8回(年2回程度)開催し、進捗状況を点検するとともに、平成22年度に実施した中間評価における指摘等を踏まえた実施計画、課題構成、実施体制、予算配分等の見直しを行うなど適切な進行管理を行った。

特に平成23年度には、外部有識者の専門的見知から、現場への普及が十分に見込まれる技術が確立したと判断された水産の全課題と野菜の課題の一部(トマト、イチゴ、ナス、キュウリ等の光による生産性向上技術の開発)について、プロジェクト終了を待たずに前倒しして終了し、現場レベルでの実証研究に移行した。また、花きの課題においては、白熱電球の代替光源に対する生産現場(特にキク)からの要望が大きいことから、キク生産のための電照技術の開発を補強するための課題を追加するなど、研究の効率的・効果的な推進を図った。

以上のことから、研究推進方法の妥当性は高い。

<b>【総括評価】</b>	<b>ランク：S</b>
<b>1. 委託プロジェクト研究課題全体の実績に関する所見</b>	
様々な知見や数多くの研究成果が得られており、その波及効果も期待できる点を高く評価する。	
<b>2. 今後検討を要する事項に関する所見</b>	
研究成果に関するわかりやすいマニュアルの策定に加え、農業用LEDを照明業界と連携して早期に開発することで、社会全体に還元されることを期待する。	

白紙

[事業名] 生物の光応答メカニズムの解明と省エネルギー、コスト削減技術の開発

用語	用語の意味	※番号
防蛾灯	夜行性の蛾（夜蛾）に黄色の光を当てると、その動きが鈍くなることを利用し、夜蛾の飛来を防ぐために用いられる黄色灯のこと。	1
集魚灯	光で魚を呼び寄せる光源のこと。主に、船上灯と水中灯がある。	2
光の波長	光は粒子と波の双方の性質を持っており、そのうち、波の周期の長さのこと。波長によって人の目で把握される色が決まっている。	3
光の強度	光の強さのこと。人の目には明るさとして把握される。単位はルクス（月の光は1ルクス。太陽の光は5万から10万ルクス。）	4
LED	電気を光に変換する半導体のこと。白熱電球や蛍光灯等の従来の照明用光源に替わる、21世紀の新光源として大きく期待されている。特徴としては、有色光（赤、青、緑等）が得られる、消費電力が少ない、寿命が長いことがあげられる。	5
光質	光の質、すなわち光の色（波長）のこと。光量（光の量）に対応することば。	6
被覆資材	植物の栽培時に、生育促進や防除のために植物を覆うために使用する資材。例えば、温室用の透明ビニール資材や虫よけネットなど。中でも、植物に到達する太陽光の光質を変えることのできる資材は、植物の形態や生育をある程度制御することが可能。	7
害虫の誘引	光やホルモン等を用いて、害虫を集めること。	8
害虫の忌避	光や化学物質等を用いて、害虫を追い払うこと。	9
配光	光源がどの方向（角度）にどれくらいの強さで光を発しているかを示すもの。一般的に白色電球は配光が広く、LEDは狭い。	10
花芽	生長すると花になる芽のこと。	11
頂花房	いちごにおいて最初に咲く花のこと。一番花。	12
逆遺伝学	リバーズジェネティクス。特定の遺伝子を選択的に欠失・破壊することによって、その遺伝子の機能を解析すること。	13
花成	花芽が形成され始めること。	14
原基	キノコの発生過程の1つで、将来的にキノコになることが予定されているキノコの基のこと。	15
菌床剥離	キノコ菌を培養している菌床の表面部分が剥がれること。	16
サンマ棒受網漁業	光に集まる習性が強いサンマの特性を利用し、光を利用してサンマを棒受網に誘導し、漁獲する敷網漁業の一種。	17

白紙



## 生物の光応答メカニズムの解明と省エネルギー、 コスト削減技術の開発

【202（287）百万円】

### 対策のポイント

植物・害虫等の光への反応を応用した農産物の品質の安定化等に資する新たな光利用技術を開発します。

### <背景／課題>

- ・近年、光の波長、強度などを精緻かつ安価にコントロールできるLED（発光ダイオード）が開発されるとともに、生物の生理現象の解析手法が著しく進展しており、生物の光に対する応答を科学的に解明できる技術水準に達してきたことから、これまでの光に関する技術を科学的に体系化・高度化し、光を活用した新しい農林水産技術を開発します。
- ・「食料・農業・農村基本計画」でも、高度な施設園芸について、低コスト化技術、高付加価値化技術の開発・実用化等を推進することとされています。

### 政策目標

- 光の波長や光照射方法等をコントロールして病虫害の発生を抑制する技術の開発（化学農薬使用量の10%削減）（平成25年度）
- 従来の白熱灯と同等以上の生育を確保するLED利用技術の開発（白熱灯よりも30%以上の省エネ）（平成25年度）

### <主な内容>

#### 1. 光応答メカニズムの解明

光による植物の生長、形態、色、有効成分の制御とともに、害虫等の光感知機構や光による害虫等の行動パターン（誘引・忌避等）から害虫等の行動に与える光の影響を解明します。

#### 2. 光応答の高度利用技術の開発

LED等の精緻な波長制御が可能な人工光源を用いて、温室において光の波長や当て方をコントロールすることで、施設園芸の省エネ化や野菜の成分安定化、花きの多様な色や形を実現するとともに、環境に配慮し、作物生産とも両立する光を用いた新たな害虫防除技術等を開発します。

（補助率：定額）  
（事業実施主体：民間団体等）

[お問い合わせ先：農林水産技術会議事務局研究開発官（食の安全、基礎・基盤）  
（03-3502-7435（直））]

生物の光応答メカニズムの解明と省エネルギー、コスト削減技術の開発  
 ～光を活用した省エネ、コスト削減のための研究開発～

背景・ニーズ

- 農業生産の効率化、農産物の高品質化、環境に配慮した農作物の防除体系・栽培体系の確立のためには、光を利用した新技術の開発が必要
- 光変換効率の高いLED等の光源の活用による施設園芸等における省エネ、コスト削減及び農薬使用量の削減により、環境、エネルギー問題の解決に貢献

これまでの研究

- 光の波長、強度等を精緻で安価にコントロールできるLEDの開発、光応答を科学的に解明する研究手法の著しい進展

＜多波長制御型LED照明装置の開発＞

- ◆ 6種類のLEDを組合せ、波長と光強度を制御できるLED照明装置を試作

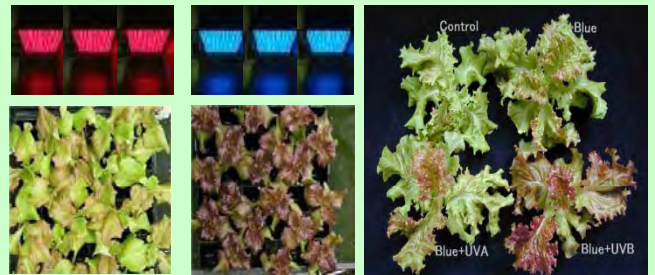
＜主要害虫の複眼分光感度の測定＞

- ◆ 微小電極を用いた害虫の複眼の光応答反応検出手法の開発
- ◆ 32種の害虫について感知できる光の波長範囲を決定

これから必要な研究開発

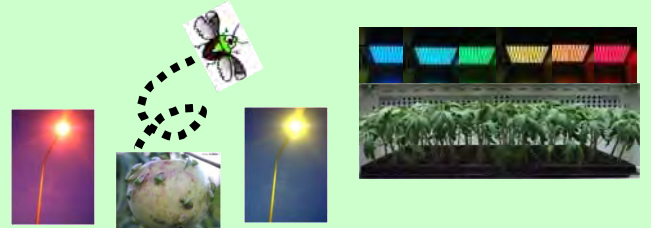
【園芸作物等の品質安定化】

- ◆ 光の波長や照射方法等が野菜や花きの生長に及ぼす効果の解明
- ◆ 野菜等におけるアントシアニン、ビタミンC等の有効成分の増加、安定化に及ぼす光の作用の解明



【病害虫防除】

- ◆ 害虫の光に対する行動様式の解明
- ◆ 灰色かび病、うどんこ病等、野菜や花きにおける病害に対する光の軽減効果の解析

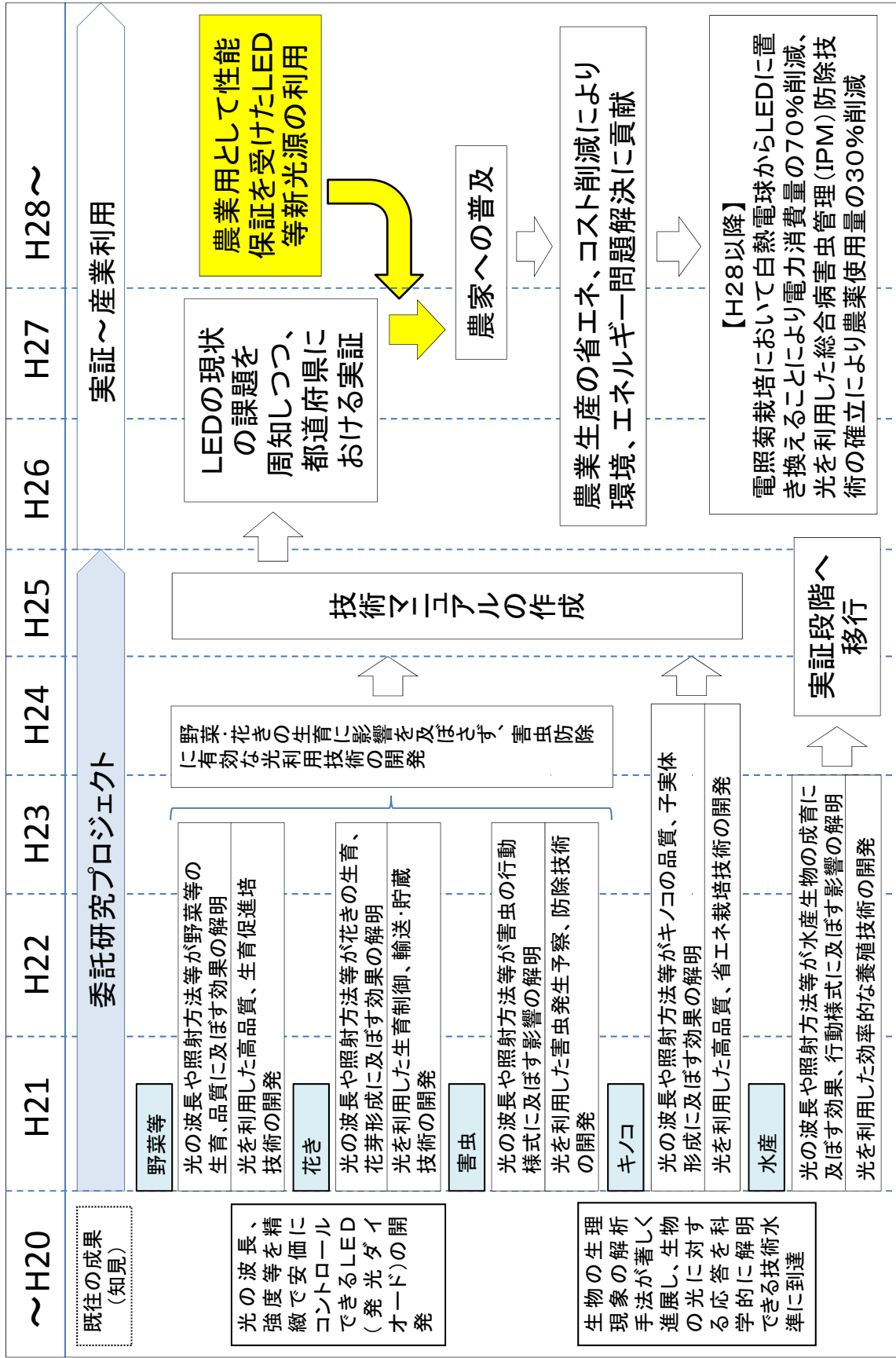


得られる成果

- 従来の照明装置と同等以上の生長を確保するLED利用技術の開発による省エネ
- 光の波長や照射方法等をコントロールして病害虫の発生を抑制する技術の開発による化学農薬使用量の削減

農業生産の省エネ、コスト削減により環境、エネルギー問題解決に貢献

# 生物の光応答メカニズムの解明と省エネルギー、コスト削減技術の開発



白紙

# 野菜等の光応答メカニズムの解明及び高度利用技術の開発

## 研究概要

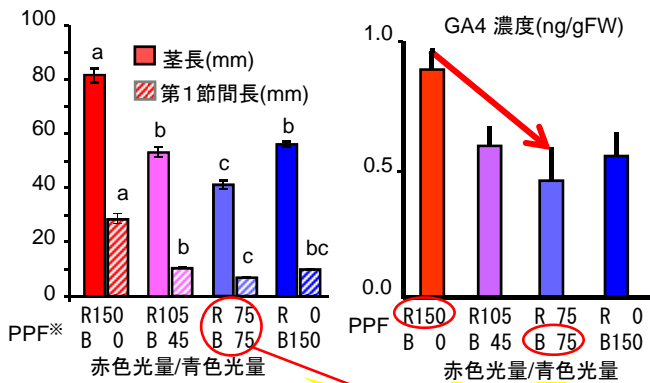
野菜(トマト・ホウレンソウ・レタス等)の光に対する応答を解析し、光環境が形態形成、生長、花成誘導、有用二次代謝産物の増減等に及ぼす影響について解明することにより、野菜等(果菜類・葉菜類、果樹、茶)の生産性や品質の向上・安定化に資する実用的な光利用技術を開発する。

## 主要成果(例)

### 果菜類の形態形成・光合成に関わる光応答メカニズムの解明

#### ○トマト

育苗時に青色光量を増加すると活性型ジベレリン(GA4)の濃度が減少することから、茎伸長へのジベレリンの関与が示唆



※PPF: 光合成光量子束密度

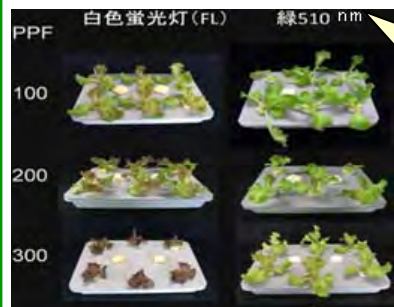


良質苗生産の赤青最適混合比を決定

閉鎖型苗生産システムで有効性を実証

### 葉菜類の二次代謝物質合成に関する光質応答メカニズムの解明

#### ○サニーレタス

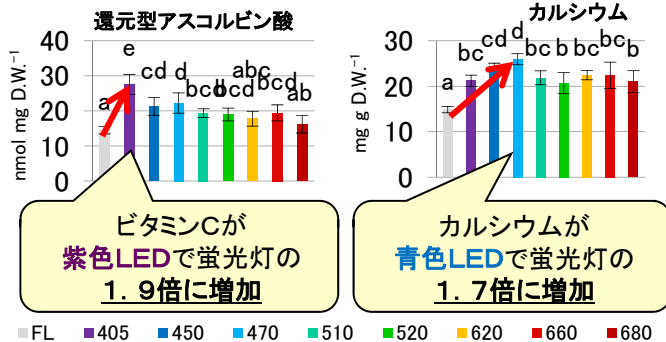


緑色LEDの強光照射により、白色蛍光灯と同等の成長+アントシアニンの蓄積を確認

特許出願【特願2010-199734】

#### ○コマツナ

特許出願【特願2012-089240】

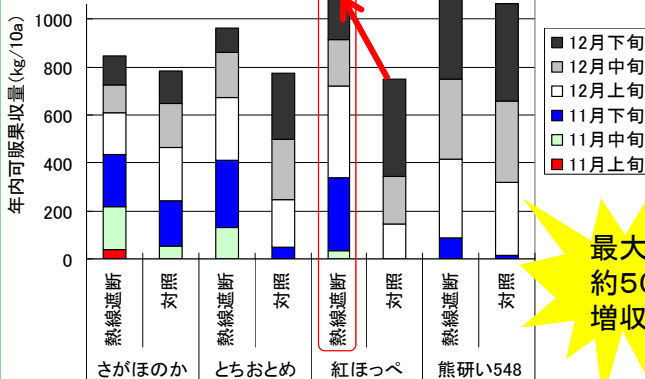


ビタミンCが紫色LEDで蛍光灯の1.9倍に増加

カルシウムが青色LEDで蛍光灯の1.7倍に増加

### 施設果菜栽培における光質と散乱特性の有効利用による生産性向上技術の開発

#### ○イチゴ



最大約50%増収

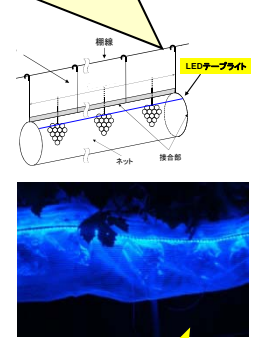
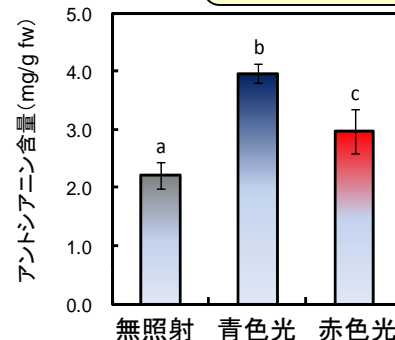
熱線遮断フィルムが、イチゴ頂花房の花芽を促進し、収穫時期を早め、年内可販果収量を飛躍的に高めることを実証



### 光選択性資材等の利用による施設栽培落葉果樹の果実品質向上技術の開発

#### ○ブドウ

LEDテープライトを用いた果房への近接照射法を考案



気温の低下する夜間の青色LED照射によりブドウの着色(アントシアニン含量)が大きく向上することを実証

品質の向上高付加価値化

# 花きの光応答メカニズムの解明及び高度利用技術の開発

## 研究概要

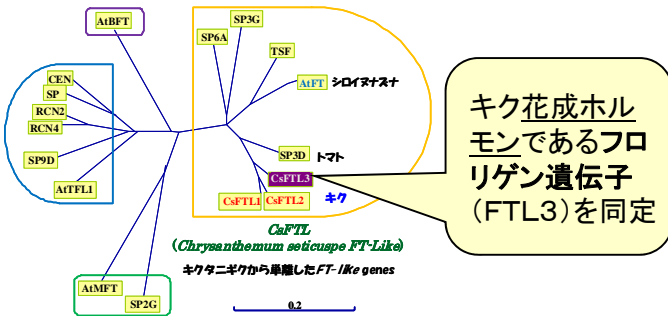
花き(キク等主要品目)の光に対する応答を解析し、光環境が花生誘導、形態形成、生育、病害虫抵抗性等に及ぼす影響を解明することにより、光の高度利用による開花制御技術や生育制御技術、病害虫防除技術と組み合わせた実用生産技術、輸送・貯蔵技術を開発する。

## 主要成果(例)

### キク等の花成に関わる光応答メカニズムの解明

○キク

網羅的発現遺伝子情報の集積とマイクロアレイの整備により



キク花成ホルモンであるフロリゲン遺伝子 (FTL3) を同定

同定したFTL3を効率化した形質転換系により過剰発現させることに成功



WT 35S::CsFTL3  
キクのフロリゲン遺伝子過剰発現形質転換体

花成に関与する光受容体の解明を加速化

### 花き類の光環境制御による生育・品質のコントロールと栽培体系化



光による開花反応を概ね4つに分類

- ① 赤色光～黄色光で抑制
- ② 遠赤色光～黄色光で促進
- ③ 赤色光～黄色光で促進
- ④ 光質の影響を確認できない

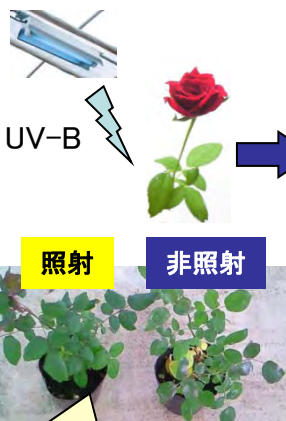
品目	UV-A B G Y R FR					
	UV-A	B	G	Y	R	FR
秋キク	抑制	抑制	抑制	抑制	抑制	抑制
夏秋ギク	抑制	抑制	抑制	抑制	抑制	抑制
ケイトウ	抑制	抑制	抑制	抑制	抑制	抑制
ダリア (6, 8~1月)	抑制	抑制	抑制	抑制	抑制	抑制
ヒマワリ	抑制	抑制	抑制	抑制	抑制	抑制
ペゴニア	抑制	抑制	抑制	抑制	抑制	抑制
トルコギキョウ (夏作)	抑制	抑制	抑制	抑制	抑制	抑制
サルビア	抑制	抑制	抑制	抑制	抑制	抑制
マリーゴールド	抑制	抑制	抑制	抑制	抑制	抑制
プリムラ	抑制	抑制	抑制	抑制	抑制	抑制
インパチェンス	抑制	抑制	抑制	抑制	抑制	抑制
ピンカ	抑制	抑制	抑制	抑制	抑制	抑制
ブルーレースフラワー	抑制	抑制	抑制	抑制	抑制	抑制
ストック	抑制	抑制	抑制	抑制	抑制	抑制
カスミソウ	抑制	抑制	抑制	抑制	抑制	抑制
パンジー	抑制	抑制	抑制	抑制	抑制	抑制
カーネーション	抑制	抑制	抑制	抑制	抑制	抑制
トルコギキョウ (秋冬作)	抑制	抑制	抑制	抑制	抑制	抑制
スターチス	抑制	抑制	抑制	抑制	抑制	抑制
ホウレンソウ	抑制	抑制	抑制	抑制	抑制	抑制
ルドベキア	抑制	抑制	抑制	抑制	抑制	抑制
デルフィニウム	抑制	抑制	抑制	抑制	抑制	抑制
ゴデア (4~6月)	抑制	抑制	抑制	抑制	抑制	抑制
ペチュニア	抑制	抑制	抑制	抑制	抑制	抑制
クリサンセマム	抑制	抑制	抑制	抑制	抑制	抑制
トレンア	抑制	抑制	抑制	抑制	抑制	抑制
LAコリ	抑制	抑制	抑制	抑制	抑制	抑制
プリムラ・マラコイデス	抑制	抑制	抑制	抑制	抑制	抑制

31品目  
92品種  
で確認

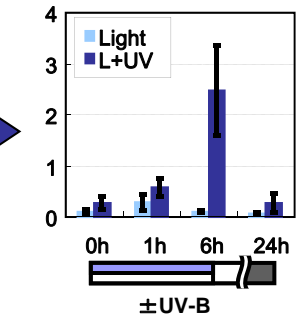
新光源  
利用の基盤

### LED等の新光源を利用する施設主要花き病害の発病抑制技術

○バラ:うどんこ病



防御関連遺伝子の発現誘導  
PAL (Relative expression to EF-1α)



キク: 白さび病、黒斑病  
カーネーション: ハダニ、斑点病  
トルコギキョウ、ペチュニア:  
TSWV (トマト黄化えそ病ウイルス) 蓄積の抑制  
について効果確認

UV-B照射が病害抵抗性を誘導

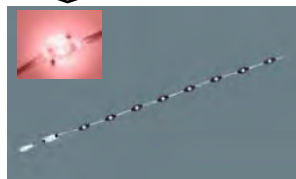
### 高効率光源の開発および商品化技術の開発

既存のLEDの問題点が判明

- ・LED電球の配光が狭い
- ・広角配光型LED電球からの光放射効率が悪い

生育のばらつきが発生

問題点の改善



ワイド配光レンズ設計



ワイド配光の小型光源

圃場利用を想定した光の均質照射が可能な光源を開発

最適設置案を検討中

# キノコの光応答メカニズムの解明及び高度利用技術の開発

## 研究概要

光によるキノコ(シイタケ等主要品目)の子実体形成等の形態制御及び特定成分の誘導のメカニズムを解明し、適切な光照射方法を確立して生産性や品質等を向上するとともに、波長等を制御した光照射による低コスト・高収量栽培技術を開発する。

## 主要成果(例)

### キノコの光受容・応答に関わる遺伝子と子実体形成メカニズムの解析

#### ○光受容体遺伝子の単離・同定

バイオインフォマティクスにより光応答遺伝子群を解析



#### 発現状況

483個の遺伝子  
ラッカーゼ  
老化関連タンパク質  
α-グルコシダーゼ  
copper radical oxidase 等

#### 発現上昇

3861個の遺伝子  
セルラーゼ  
キチン、グルカン合成酵素  
プロテアソーム  
G-protein  
**チロシナーゼ**  
マンガンペルオキシダーゼ  
priA, priB 等

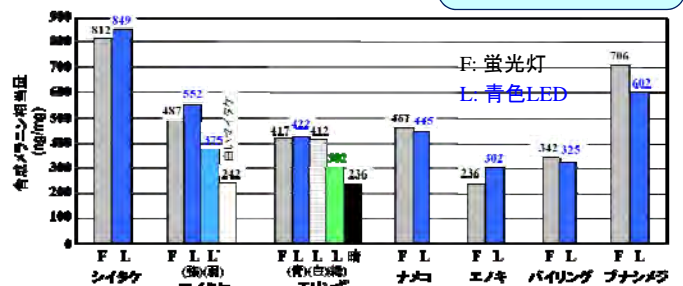
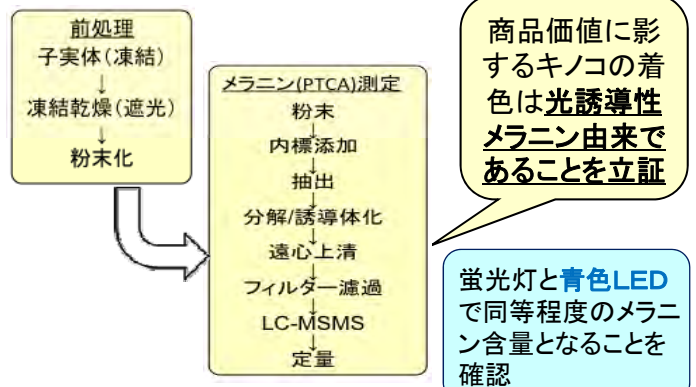
明所時のみ検出

光受容体が直接光依存着色遺伝子(チロシナーゼ)の発現を制御していることを強く示唆

キノコの色合いをコントロール可能な栽培法の確立につながる

### 光によるキノコの特定成分誘導に関する研究

#### ○メラニンの直接的定量法の開発



### シイタケの品質・生産性向上のための光制御技術の開発

#### ○シイタケ

【培養段階】通常光照射を行わない

白色蛍光灯又は青色LEDの照射の影響を調査



培養段階で照射

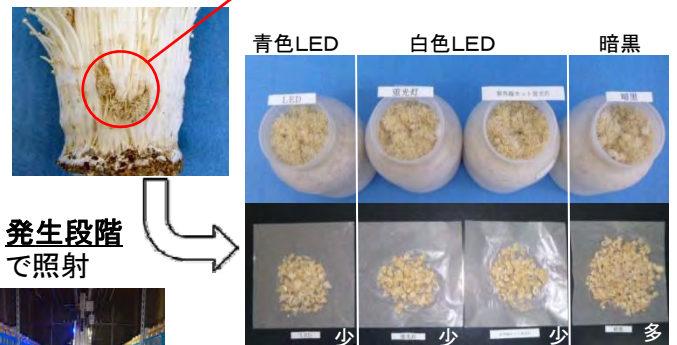
1菌床当たり  
収量増加  
大型高品質キノコ  
発生個数増加

青色LEDの照射により  
培養期間の短縮も可能に

### エノキタケ、ブナシメジ、バイリンダの品質・生産性向上のための光制御技術の開発

#### ○エノキタケ

菌床剥離は品質低下の原因



発生段階で照射

青色LEDと白色LEDで暗黒よりも菌床剥離が減少

品質の向上

# 害虫の光応答メカニズムの解明及び高度利用技術の開発

## 研究概要

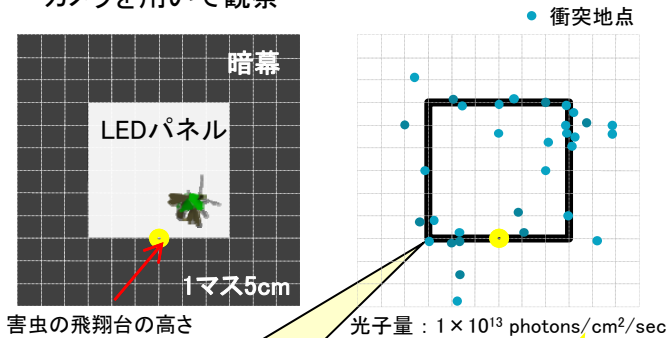
カメムシ、コナジラミ、アザミウマ等の難防除害虫の光に対する誘引・忌避の行動パターンを網羅的に解析し、光環境が害虫の行動に及ぼす影響を解明するとともに、光の波長や照射方法等に対する行動様式を利用した高度で効率的かつ農作物の生育等に影響のない害虫防除技術、発生予察技術を開発する。

## 主要成果(例)

### カメムシ類の視覚定位における感覚器適応に基づいた行動制御

#### ○チャバネアオカメムシ

30cm角の白色LEDパネルに対して自由飛翔させたカメムシの最初の衝突地点を赤外線ビデオカメラを用いて観察



チャバネアオカメムシはLEDパネルと暗幕の境目(エッジ)付近に集中することを発見  
他の昆虫でも再現性あり

害虫の新たな誘引装置の開発につながる

特許出願【特願2011-205132】

### 高出力LEDを利用したキノコバエ類捕獲トラップの開発

#### ○ナガマドキノコバエ、クロバネキノコバエ

菌床栽培施設内に捕獲トラップを設置し、効果を検証



LED水盤トラップ

捕獲されたキノコバエ類

※5日間の捕獲数(平均値)

	(LED)
ナガマドキノコバエ	白色: 23.3 緑色: 19.7 紫外線: <b>211.7</b> ブランク: 13.8
クロバネキノコバエ	白色: 29.0 緑色: 156.5 紫外線: <b>519.5</b> ブランク: 6.5

紫外線LEDでよく捕獲される

登録殺虫剤のない害虫の防除技術の確立につながる

### 新光源LEDを利用した食の安全に向けたポストハーベスト・ペストコントロール

#### ○タバコシバンムシ

【従来のIPM防除技術の問題点】

- ・性フェロモン  
→ 誘引できるのはオスのみ
- ・蛍光灯を用いた先行研究  
→ 交尾産卵後の個体しか誘引できない



IPM防除技術の確立につながる

【LEDを利用した実用的な防除トラップの開発】



紫外光でオス・メスとも交尾の有無に関係なく強く誘引



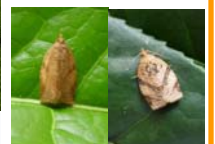
【紫外線LEDトラップの試作】

実際の食品工場でも誘引を確認

### 新光源を利用した害虫の防除技術の開発(鱗翅目等害虫の光を利用した防除技術の開発)

#### ○チャノココクモンハマキ

茶への夜間の青色LEDロープによる照射



試験区	回収雌数	交尾雌数	交尾雌率(%)	交尾阻害率(%)
【第1世代】				
照射区	68	13	19.1	80.0
対照区	67	60	95.5	
【第2世代】				
照射区	77	9	11.7	87.5
対照区	77	72	93.5	
【第3世代】				
照射区	47	0	0.0	100
対照区	46	38	82.6	

交尾を80%以上阻害



# 有用水産生物の光応答メカニズムの解明及び高度利用技術の開発

## 研究概要

水産生物(イカ、サンマ等主要品目)の行動への光の影響や養殖魚(ヒラメ、マツカワ等)の光による成長促進メカニズムを解明するとともに、餌料生物(植物・動物プランクトン)の効率的な生産技術を開発し、省エネルギー・低コスト漁船漁業、養殖システムを開発する。

## 主要成果(例)

### 水生生物の対光行動観測システムの構築

#### ○光源システムの開発



波長ごとの光量、点滅間隔を複数のLED光源で独立に制御可能なシステムを開発

**新光源利用の基盤を確立**

#### ○モニタリング手法・行動解析手法の開発

イカ類の視感度への影響を考慮しつつ、海水による光の吸収を抑え、水槽の底面までの観察が可能であることが条件



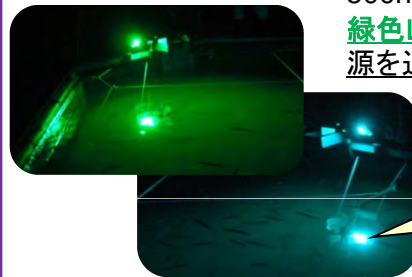
700nmの光源と光電子増倍カメラの組み合わせにより撮影

行動に影響を与えずに高画質の行動観察が可能に

### 灯光による有用水産生物の行動制御

#### ○サンマ

500nm付近の青緑色及び緑色LEDに集群され、光源を追従することが判明



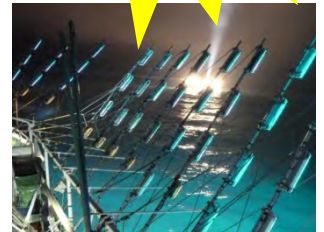
光で行動制御ができることを実証

サンマ棒受網漁業においてLED漁灯システムとして活用され、好成績を上げている

「使いやすい」「漁獲・省エネは確実」と現場で高評価



LED漁灯下に集群したサンマ



LED漁灯の装備状況

### LED等を用いた光照射技術の活用による餌料生物培養の省エネルギー生産技術の開発

#### ○植物性プランクトン(餌料用微細藻類)

養殖用の種苗生産に必須の初期餌料である植物プランクトンの生産にLEDを活用



実験規模(50ml)



小・中規模(0.5~10L)

・実験規模から小・中規模までであれば有色光LEDにより増殖良好  
・従来の白色蛍光灯に比べ1/5の電力消費量に削減

実証生産に用いる大量培養器(30L)の開発につなげる

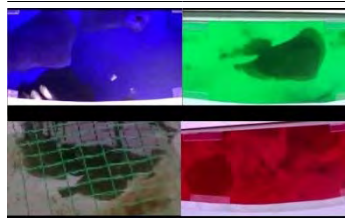
塩害防止用灯具カバー



### LED等を用いた光制御技術の活用によるヒラメ・マツカワ等の養殖技術の開発

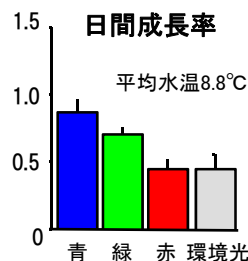
#### ○マツカワ

LED光とマツカワの摂餌・成長との関連を調査



10℃以下の低水温期の青色及び緑色光照射で食欲(摂餌)促進、成長(日間成長率)促進

特許出願【特願2011-205132】



光による冬場の成長促進が可能に

燃料による加温不要で低コスト化

白紙

論文数等共通事項調査票

(平成24年12月31日調査時点)

事業名	生物の光応答メカニズムの解明と省エネルギー、コスト削減技術の開発					
実施期間	平成21～25年度			評価段階	終了時	
予算額 (百万円)	初年度 (21年度)	2年度目 (22年度)	3年度目 (23年度)	4年度目 (24年度)	5年度目 (25年度)	総合計
	395	340	286	202	101	1,324

項目	① 査読 論文	②国内 特許権等 出願	③海外 特許権等 出願	④国内 品種登録 出願	⑤ プレス リリース	⑥ アウトリーチ 活動
実績件数	59	5	1	0	1	46

具体的な実績(※件数の多いものについては、代表的なもの(10件程度)のみを記載)	
①査読論文	
<p>1) M. Johkan, K. Shoji, F. Goto, S. Hahida, T. Yoshihara (2011) Effect of green light wavelength and intensity on photomorphogenesis and photosynthesis in <i>Lactuca sativa</i>. <i>Environmental and Experimental Botany</i> 75 (2012) 128–133.</p> <p>2) Fukushima, A., Nishizawa, T., Hayakumo, M., Hikosaka, S., Saito, K., Goto, E. and Kusano, M (2012) Exploring tomato gene functions based on coexpression modules using graph clustering and differential coexpression approaches. <i>Plant Physiology</i> 158: 1487–1502.</p> <p>3) Oda, A. et al., (2013) <i>CsFTL3</i>, a chrysanthemum FLOWERING LOCUS T-like gene, is a key regulator of photoperiodic flowering in chrysanthemums. <i>Journal of Experimental Botany</i>, 63: 1461–1477.</p> <p>4) Higuchi, Y. et al., (2013) Day light quality affects the night-break response in the short-day plant chrysanthemum, suggesting differential phytochrome-mediated regulation of flowering. <i>Journal of Plant Physiology</i>, 169: 1789–1796.</p> <p>5) Sano H, Kaneko S, Sakamoto Y, Sato T, Shishido K (2009) The basidiomycetous mushroom <i>Lentinula edodes</i> white collar-2 homologue PHRB, a partner of putative blue-light photoreceptor PHRA, binds to a specific site in the promoter region of the <i>L. edodes</i> tyrosinase gene. <i>Fungal Genet. Biol.</i> 46: 333–341.</p> <p>6) Miyazaki Y, Masuno K, Abe M, Nishizawa H, Matsumoto T, Kunitomo S, Sakata H, Nakamura K, Koyama T, Ito M, Kazama H, Suzuki D, Obatake Y, Sano H, Nakamura M, Miyazaki K, Sakamoto Y, Kaneko S, Kamada T (2011) Light-stimulative effects on the cultivation of edible mushrooms by using blue LED. <i>Proceedings of the 7th International Conference on Mushroom Biology and Mushroom Products (ICMBMP7)</i>, 58–67.</p> <p>7) Stavenga DG, Arikawa K (2011) Photoreceptor spectral sensitivities of the Small White butterfly <i>Pieris rapae crucivora</i> interpreted with optical modeling. <i>Journal of Comparative Physiology A</i>, 197: 373–385.</p> <p>8) Matsushita A, Awata H, Wakakuwa M, Takemura S, Arikawa K (2012) Rhabdom evolution in butterflies: insights from the uniquely tiered and heterogeneous ommatidia of the Glacial Apollo butterfly, <i>Parnassius glacialis</i>. <i>Proceedings of Royal Society of London B</i>, 279: 3482–3490.</p> <p>9) Ishii K, Takayama G, Inada H., Miki T, Narumi M, Sakurai Y (2010), Improvements of Flashing Mode by Programmed Control for Multiple Colors in LED Optical Stimulus System, <i>Proc. of Int. Conf. on Control, Automation, Robotics and Vision, ICARCV 2010. IEEE Xplore.</i> 686–690.</p> <p>10) Kobayashi Y, Chiba H, Yamanome T, Schiöth HB, Takahashi A (2010), (2011). Melanocortin receptor subtypes in interrenal cells and corticotropic activity of alpha-melanocyte-stimulating hormones in barfin flounder, <i>Verasper moseri</i>. <i>Gen. Comp. Endocrinol.</i> 170, 558–568.</p>	
②③④(国内外)特許権等出願・品種登録	
<p>1) 「リーフレタスの栽培方法及び栽培施設」 出願番号:特願2010-199734号</p> <p>2) 「光によるコマツナのカルシウム増大方法」 出願番号:特願2012-089240号</p> <p>3) 「誘引装置、捕虫装置及び捕虫方法」 出願番号:特願2011-205132</p> <p>4) 「誘引装置、捕虫装置及び捕虫方法」 出願番号:特願2012-049842</p> <p>5) 「誘引装置、捕虫装置及び捕虫方法」 出願番号:PCT/JP2012/074100</p> <p>6) 「特定波長光照射によるカレイ目魚類の養殖方法」 出願番号:特願2012-068668</p>	
⑤プレスリリース	
1) 岡山大学「LEDを用いた食品害虫の防除」(平成24年3月16日)	

<p>⑥アウトリーチ活動(研究活動の内容や成果を社会・国民に対して分かりやすく説明する等の双方向コミュニケーション活動)</p>
<p>1) 日本施設園芸協会 GPEC2010セミナー「光を活用する施設園芸の将来展望」(平成22年7月21日～23日、東京ビックサイト)</p> <p>2) ちば新事業創出ネットワーク 平成23年度第1回セミナー「光環境制御による葉物野菜の機能性成分増量」(平成23年6月3日、ホテルグリーンタワー幕張)</p> <p>3) アグロ・イノベーション 2011「農業における LEDの利用について」(平成23年11月30日～12月2日、幕張メッセ)</p> <p>4) 第22回SHITAシンポジウム「緑色光の波長と光強度がレタスの成長に与える影響」(平成24年1月20日、中央大学駿河台記念館)</p> <p>5) 平成23年園芸学会シンポジウム「植物の花成制御機構に関する最新の研究動向と園芸作物への活用方策」(平成23年9月24日～26日、岡山大学)</p> <p>6) NPO法人東海地域生物系先端技術研究会「LED利用」シンポジウム「花きにおける光利用に関する研究の現状と課題」(平成22年11月30日、名古屋市IMYビル)</p> <p>7) 平成22年度関東東海北陸花き部会推進会議「花きの光質応答～キクの暗期中断の事例～」(平成22年2月3日、中央農業研究センター)</p> <p>8) 平成23年度全国輪ぎくリーダー研修会「キクの生育・開花生理の現状と技術開発の展望」(平成23年10月13日～14日、ゆうぼうと(東京))</p> <p>9) 平成23年度九州沖縄花き部会推進会議「各種光源の分光特性と花き生産における利用について」(平成23年11月16日、休暇村いぶすき)</p> <p>10) アグリビジネス創出フェア「光を利用した害虫防除技術」(平成22年11月24日～26日、幕張メッセ)</p> <p>11) 地方独立行政法人大阪府立環境農林水産総合研究所発足記念シンポジウム「安全安心な農産物づくりのための技術開発と応用」(平成24年5月14日、マイドームおおさか)</p> <p>12) 日本学術会議公開シンポジウム「昆虫走光性の新たな理解—光に誘引される行動メカニズムとその適応的意義」(平成24年7月14日、東京大学・弥生講堂一条ホール)</p>
<p>その他(行政施策等に貢献した事例)</p>
<p>1) 山形県が「新しい技術の試験研究成果」として、「パンジーのセル成型苗の3波長型白色蛍光灯照射による長期低温貯蔵方法」、「デルフィニウムの長日処理における光質の影響」、「マトリカリアの長日処理の光質の影響」、「ダリアの長日処理の光質の影響」、「アスターの長日処理の光質の影響」を取りまとめ、行政施策や普及等に活用</p> <p>2) 長野県が「平成23年度普及に移す農業技術(試行技術)」として、「ストックの秋作型におけるアイアン系品種の開花促進に電照が有効である」を取りまとめ、行政施策や普及等に活用</p>
<p>今後予定しているアウトリーチ活動等</p>
<p>1) 平成24年度庄内園芸振興技術研修会(平成25年3月、山形県庄内産地研究室)</p> <p>2) 特用林産物の業界誌「特産情報(月刊)」の「きのご栽培の新技术と最新動向」コーナーにおける記事連載</p> <p>3) 「改訂版最新きのご栽培技術」における一部執筆(平成25年度末発刊予定)</p> <p>4) シンポジウム「水産における光利用技術と基礎研究の動向」(平成25年3月30日、東京海洋大学品川キャンパス)</p>