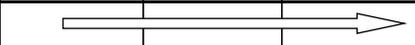


## 委託プロジェクト研究課題評価個票（終了時評価）

<b>研究課題名</b>	アグリ・ヘルス実用化研究促進プロジェクト (25年度に「農林水産資源を活用した新需要創出プロジェクト」に組替・再編)			<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>	大臣官房政策課技術調整室 消費・安全局畜水産安全管理課 生産局農産部穀物課 生産局農産部地域作物課 生産局農産部畜産振興課畜産技術室
<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>	H22～H26（5年間）
				<b>総事業費（億円）</b>	23.8億円（見込）
<b>研究課題の概要</b>					
<p>我が国における農林水産資源を活用した新たな需要を創出するため、農畜産物の医薬分野における利用に向け、コメに有効成分を蓄積させたスギ花粉症治療薬等の医薬品、絹糸を用いた人工血管・軟骨再生材料等、牛等の動物由来の原料を用いた医療用新素材を開発し、ヒトや動物での安全性・有効性の評価を実施する。</p>					
<b>1. 委託プロジェクト研究課題の主な目標</b>					
<p>&lt;課題①：スギ花粉症治療薬候補となるコメの開発（継続：平成22～26年度）&gt; スギ花粉症治療薬を生産するイネ（スギ花粉症治療米<sup>※1</sup>）を開発するとともに、医薬品の承認申請に必要な手続きに準拠した方法で動物試験による有効性・安全性評価を実施し、十分な有効性・安全性が認められた場合に治験<sup>※2</sup>段階に移行する。</p>					
<p>&lt;課題②：スギ花粉症以外の疾患治療薬候補となる農作物の開発（継続：平成22～26年度）&gt; スギ花粉症以外の疾病治療薬を生産するイネを開発するとともに、動物試験による有効性・安全性評価を実施する。</p>					
<p>&lt;課題③：絹糸タンパク質を用いた小口径人工血管の開発（継続：平成22～26年度）&gt; 絹糸タンパク質を原材料とした口径6mm未満の人工血管（小口径絹人工血管<sup>※3</sup>）を開発するとともに、動物試験による有効性・安全性評価を実施する。また、ヒトの細胞との相性をより高めた絹糸を生産する遺伝子組換えカイコを開発する。</p>					
<p>&lt;課題④：絹糸タンパク質を用いた創傷被覆材、角膜再生材料等新素材の開発（継続：平成22～26年度）&gt; 絹糸タンパク質を原材料とした医療用素材を開発するとともに、動物試験による有効性・安全性評価を実施する。</p>					
<p>&lt;課題⑤：カイコによるヒト・動物用医薬品の開発（継続：平成22～26年度）&gt; カイコを用いてヒト及び動物用医薬品を開発するとともに、動物試験による有効性・安全性評価を実施する。また、有効成分の糖鎖修飾や医薬品としての抽出・精製方法の開発もあわせて行う。</p>					
<p>&lt;課題⑥：牛等の動物由来の原料を用いた医療用新素材の開発（継続：平成23～26年度）&gt; 家畜や魚介類を原料に用いた医療用素材を開発する。医療用具においては、動物試験による有効性・安全性評価を実施する。また、試験用具においては、バリデーションを通じた従来の動物試験データとの相関性の評価等を実施する。</p>					
<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>					
					<b>備考</b>

<p>農業、食料関連産業等に 6000 億円の新たな需要を創出する。</p>	<p>実用化のためには、薬事法に基づく製造・販売に係る承認が必要であり、このためには、ヒトに対する安全性・有効性を確認するための治験を民間企業が主体となって実施することとなる。</p> <p>なお、6000 億円はプロジェクト研究全体でのアウトカム目標であり、本研究課題における経済効果は 870 億円程度と想定している。</p>
--	---

【項目別評価】	
<p><b>1. 研究成果の意義</b></p>	<p><b>ランク：A</b></p>
<p>我が国における農林水産資源を活用した新たな需要を創出するため、農畜産物の医薬分野における利用に向け、イネ・カイコ・動物由来の原料を用いて医薬品及び医療機器を生産する技術の実用化を目指してプロジェクト研究を実施している。</p> <p>スギ花粉症については、国民の約3割が罹患し、毎年 2000 億円程度の医療費を支出していると推定されている。現時点では、スギ花粉症を根治できる治療法が限られている中、国民生活のニーズから見た研究の必要性は依然として高い。</p> <p>カイコについては、絹糸タンパク質の高い生体適合性を活かした小口径絹人工血管及び、軟骨再生が難しい変形性関節症の治療を可能にするフィブロインスポンジ<sup>*4</sup>を用いた軟骨再生材料等の医療機器の開発、ならびにカイコが有する高いタンパク質生産能力を利用した医薬品生産等により、新しい産業・市場の創造が期待されることから、研究開発の必要性は依然として高い。</p> <p>畜産副産物であるコラーゲン<sup>*5</sup>を原料としたビトリゲル<sup>*6</sup>については、生体への親和性ととも医薬品の徐放性や透過性に優れており、従来品にはない機能を持った医療機器及び医療用具の開発が期待されている。特に、試験器具については、既に欧州では動物愛護上の問題から化粧品成分の安全性評価を目的とした動物試験が全身毒性試験を除いて全面禁止となっていることから、動物試験代替システムへの利用に向けて、研究開発の必要性はさらに高まっている。</p> <p>以上のように、研究開始時と同様に、本プロジェクトに対する社会的要請は大きい。</p> <p>なお、各課題における研究成果の意義については、以下の通りである。</p> <p>① スギ花粉症治療薬候補となるコメの開発</p> <p>スギ花粉症治療米は、腸管免疫<sup>*7</sup>系による減感作療法<sup>*8</sup>を目的とした治療薬であり、スギ花粉症のアレルゲンである Cryj1 及び Cryj2 の立体構造を改変することでアナフィラキシーショックが生じる可能性を回避している。このため、スギ花粉抽出物を原料とした既存製品と比べて大量投与が可能となり、短期間での治療が可能と考えられる。また、遺伝子組換えイネを材料とした医薬品は初めてであることから、治験の実施に向けて必要な項目について、独立行政法人医薬品医療機器総合機構 (PMDA)<sup>*9</sup> と相談しながら進めてきた。今後、遺伝子組換えイネを材料とした新たな医薬品の開発に向けて、必要な項目について道筋をつけた。</p> <p>② スギ花粉症以外の疾患治療薬候補となる農作物の開発</p> <p>この研究がターゲットとしている疾患は、これまで免疫療法による治療法がないことから、根治を期待できる治療薬の開発が望まれている。気管支喘息に対しては、患者の主要な抗原であるダニ抗原 (Derp1) の T 細胞エピトープ<sup>*10</sup>を、関節リウマチに対しては、II 型コラーゲン (CII) 及びグルコース-6-リン酸イソメラーゼ (GPI) のアナログペプチド<sup>*11</sup>を導入した遺伝子組換え米の、疾患モデル<sup>*12</sup> マウスへの経口投与による治療効果が認められた。このため、当該遺伝子組換えイネが、根治可能な医薬品を製造するための材料となることが期待される。</p> <p>③ 絹糸タンパク質を用いた小口径人工血管の開発</p> <p>現在、6mm 未満の小口径血管の治療には自己血管の移植による治療が行われており、長期間閉塞しない人工血管の開発が望まれている。本研究において、1年以上開存する 3.5mm 径の絹人工血管を作製できたことから、これまで実用化されていない小口径の人工血管として利用できる可能性がある。また、ヒトの血管内皮細胞増殖因子 (H-VEGF)<sup>*13</sup>を生産する遺伝子組換えカイコを開発し、当該絹糸において内皮細胞の早期接着性及び血小板抗接着性を確認した。今後、当該カイコによる国産絹糸の新たな需要</p>	

の創造が期待される。

#### ④ 絹糸タンパク質を用いた創傷被覆材、角膜再生材料等新素材の開発

絹タンパク質を原料としたフィブロインスポンジの表面では、細胞による組織再生が速く進み、組織再生のための足場材料としての有用性が示唆された。フィブロインスポンジを材料とした軟骨再生材料は、従来修復不可能だった広範囲の軟骨欠損にも適用可能であり、また、フィブロインスポンジで脊髄損傷部位を保護することで、外部からのマクロファージ等の侵入を抑え、神経再生に有効であることを確認した。変形性関節症等の広範囲軟骨欠損には、人工関節が唯一の治療法であり、軟骨再生技術としての新たな治療法として期待される。

#### ⑤ カイコによるヒト・動物用医薬品の開発

遺伝子組換えカイコにより生産したウシ乳房炎<sup>※14</sup>治療薬（ウシ顆粒球マクロファージ・コロニー刺激因子（GM-CSF）<sup>※15</sup>）の乳房炎自然発症牛への投与実験による治療効果を確認した。本治療薬は、薬剤耐性菌の出現を避けることが可能であるが、従来の抗生剤による治療効果との比較については、さらに調査する必要がある。

また、ヒトの糖尿病治療薬、がん治療薬、鎮痛薬の開発を目的として、遺伝子組換え技術による病態モデルカイコの開発と化合物及び天然物ライブラリーからの新規医薬品のスクリーニング法を確立した。本技術は、マウス等による従来のスクリーニング法と比べて10分の1程度のコストで行うことが可能と考えられる。

#### ⑥ 牛等の動物由来の原料を用いた医薬用新素材の開発

牛、豚等のコラーゲンを原料としたビトリゲル膜より、皮膚、角膜等の再生を促進する医療用素材を開発し、動物試験による有効性を確認した。皮膚再生用の創傷被覆材については、従来のコラーゲンスポンジの30分の1～100分の1程度の厚さとなることから、手術後の縫合が不要となり、患者への負担が軽減すると考えられる。

また、ヒトの細胞を培養することで生体を反映した組織・器官の培養モデルを容易に構築可能なビトリゲル膜チャンバーの販売を平成25年9月から開始するとともに、このビトリゲル膜チャンバーを用いて、動物試験の代替となる眼刺激性試験法及び皮膚感作性試験法を確立した。今後、OECDテストガイドライン<sup>※16</sup>としての登録を目指すことで、膜チャンバーの国際的な普及が期待される。

## 2. 研究目標の達成度及び今後の達成可能性

ランク：A

本研究においては、医薬品作物や医療用新素材等の実用化に向けて6課題に取り組んでいる。各課題においては、これまで以下に示すような成果が得られており、研究全体の進捗は概ね順調であることから、研究目標の達成度及び今後の達成可能性は高いと判断される。

なお、各課題の研究成果ならびに目標の達成度は、以下の通りである。

#### ① スギ花粉症治療薬候補となるコメの開発

スギ花粉症治療米を3週間投与したマウスでは、抗原特異的IgE及びIgG抗体価、T細胞増殖活性、サイトカイン生産量、ヒスタミン量及びくしゃみの回数等が有意に低下するとともに、2年間定期的に投与した花粉症自然発症ニホンザルでは、T細胞増殖活性が低下することを確認した。さらに、治験の実施に向けて、大型の特定網室でのスギ花粉症治療米の栽培について、平成24年にカルタヘナ法に基づく第二種使用等の承認申請（第二種産業利用申請）を行い、厚生労働省から認可を得た。

スギ花粉症治療米は、医薬品に該当することから、PMDAとの事前面談及び対面助言に従い、非臨床試験の実施、医薬品としての品質規格及び試験方法の設定ならびに、原原種<sup>※17</sup>の維持・生産から治験薬製造までの一連の工程について治験薬GMP<sup>※18</sup>の策定を進めている。

一方、ヒトにおいては、腸管免疫系による減感作療法の効果については疑問がある。このため、既に食品としての安全性が確認されている7Crp米<sup>※19</sup>を用いた臨床研究<sup>※20</sup>を平成24年度から実施している。

また、有効成分が胚乳中のタンパク質顆粒（Protein Body, PB）で保護されていることにより、米粒と同様の難消化性を有することが明らかとなり、PB抽出物でも腸管免疫系による減感作の効果が得られる可能性が示唆された。

研究当初は、プロジェクト終了時までには治験第Ⅱ相前半（患者での安全性評価）を実施することを目標としていたが、遺伝子組換えイネを材料とした医薬品は初めてであり、医薬品の承認申請に必要な項目についてPMDAと相談しながら設定してきたため、治験の開始が遅れている。最終年度は、ヒトでの

腸管免疫系による減感作を確認するとともに、スギ花粉症治療米の治験第 I 相（健常者での安全性評価）を実施する。また、医薬品としての製造・販売に向け、製薬企業との連携を構築する。

#### ② スギ花粉症以外の疾患治療薬候補となる農作物の開発

気管支喘息に対しては、ダニタンパク質を抗原とした疾患モデルマウスを開発し、ダニ抗原 (Derp1) の T 細胞エピトープを導入した組換え米 (Derp1 米) の経口投与による有効性を確認した。アレルギー性皮膚炎及び炎症性腸炎については、疾病の原因となる多様な抗原のうち卵白アルブミン抗原 (OVA) をモデル抗原とし、OVA 由来 T 細胞エピトープを発現させた組換え米 (OVA 米) の疾患モデルマウスへの経口投与による有効性を確認するとともに、現在、アレルギー性皮膚炎の治療効果をより簡便に評価可能な無毛マウスを用いたモデルを開発中である。食物アレルギーについては、卵白再投与時のアレルギー再発を評価する実験系を確立し、組換え米 (OVA 米) による有効性を確認中である。

関節リウマチについては、関節炎モデルマウスを開発し、II 型コラーゲン (CII) 及びグルコース-6-リン酸イソメラーゼ (GPI) のアナログペプチドを導入した組換え米 (CII-APL 米及び GPI-APL 米) の経口投与による有効性を確認した。

このように、各課題とも順調に研究成果が得られており、最終年度は、医薬品としての安全性や、より実用化に近い状態での有効性を確認するための動物試験を引き続き実施する。

#### ③ 絹糸タンパク質を用いた小口径人工血管の開発

人工血管基盤メーカー及び繊維系企業との共同研究により、人工血管基盤の編み方・組み方やコーティング法を改良した絹人工血管を作製し、動物移植試験による評価を実施している。6mm 径については、イヌに移植後 2 年以上血栓を生じない人工血管を開発した。また、市販品のない 3.5mm 径についても、絹人工血管ではイヌに移植後 1 年以上血栓が生じないことを確認した。さらに、絹コーティングは、市販品で用いられているゼラチンコーティングより、移植後の血管内膜の肥厚が少ないことを確認した。

平成 23 年に実施した PMDA との対面助言（医療機器開発前相談）に従い、絹タンパク質の毒性試験や絹人工血管の血液適合性試験等を実施し、絹タンパク質には毒性がなく、市販の人工血管と同等以上の血液適合性を示すことを確認した。

また、血管再生能をより高めた絹糸の開発を目的として、ヒトの血管内皮細胞増殖因子 (H-VEGF) <sup>\*12</sup> を生産する遺伝子組換えカイコを開発し、当該絹糸において内皮細胞の早期接着性及び血小板抗接着性を確認した。

このように、順調に研究成果が得られており、最終年度は、医療機器としての安全性や、より実用化に近い状態での有効性を確認するための動物試験を引き続き実施する。

#### ④ 絹糸タンパク質を用いた創傷被覆材、角膜再生材料等新素材の開発

絹タンパク質を原料としたフィブロインスポンジの表面では、細胞の移動性が向上し、細胞が凝集や分化の方向に誘導されやすいことを見出した。

軟骨再生用材料については、イヌを用いた膝関節の広範な軟骨欠損モデルを作製し、損傷部位にフィブロインスポンジを貼り付けることにより、損傷部位の軟骨再生及び対面する正常軟骨の保護効果を確認した。また、ウサギを用いた試験により早期に軟骨を再生できることを確認した。さらに、臨床医及び医療機器メーカーとの連携体制が整い、臨床研究のための準備が整いつつある。角膜再生材料については、強度、透明性、物質透過性を付与した医療用素材を開発し、ウサギへの移植試験を実施中である。神経再生材料については、フィブロインスポンジで脊髄損傷部位を保護することで外部からのマクロファージ等の侵入を抑え、神経再生に有効であることを確認した。さらに、フィブロインスポンジを徐放担体（有効成分を放出することによって治療効果を長期間持続させることが可能な担体）とし、神経再生阻害因子（コンドロイチン硫酸）の発現抑制を目的とした治療法の有効性が示された。

また、角膜再生及び神経再生材料については、医療用素材の開発と平行して、他の素材（セリシン、ホーネットシルク、PVA（ポリビニルアルコール）、コラーゲン）と比較しながら、動物試験による有効性・安全性の評価を進めている。

このように、順調に研究成果が得られており、最終年度は、医療機器としての安全性や、より実用化に近い状態での有効性を確認するための動物試験を引き続き実施する。

#### ⑤ カイコによるヒト・動物用医薬品の開発

ヒトリソーム病 <sup>\*21</sup> の一種であるカテプシン A (CTSA) 欠損症における酵素補充療法 <sup>\*22</sup> の開発を目

的として、補充用酵素（CTSA）を生産する遺伝子組換えカイコを開発し、糖鎖挿げ替え法<sup>\*23</sup>によるヒト型酵素への改変に成功した。病態モデルマウスの開発については、当初計画より時間が掛かったが、平成 25 年度に患者由来 iPS 細胞株の樹立と疾患モデルマウスの開発に成功し、治療薬の有効性・安全性を評価するための準備が整った。

ウシ乳房炎については、従来の抗生物質に代わる治療薬として、ウシ顆粒球マクロファージ・コロニー刺激因子（GM-CSF）を生産する遺伝子組換えカイコを開発し、抽出・精製・評価法を確立するとともに、乳房炎自然発症牛への投与実験により治療効果を確認した。また、平成 24 年度より動物医薬品メーカーが研究アドバイザーとして参画し、実用化に向けて協力関係を構築した。

新たな医薬品候補となる化合物を探索するため、遺伝子組換え技術により開発した病態モデルカイコによる医薬品スクリーニング系を開発し、化合物及び天然物（土壌細菌培養上清）ライブラリーから、ヒトの糖尿病治療薬、がん治療薬、鎮痛薬の候補となる化合物を見出し、一部の化合物についてはマウスによる有効性を確認した。

このように、一部の課題では、動物試験による有効性・安全性の確認は未実施であるが、課題全体としては、ほぼ順調に研究成果が得られている。最終年度は、ヒトリソーム病治療薬等については、動物試験等による有効性・安全性を確認するとともに、ウシ乳房炎治療薬については、医薬品としての安全性や、より実用化に近い状態での有効性を確認するための動物試験を引き続き実施する。

#### ⑥ 牛等の動物由来の原料を用いた医薬用新素材の開発

ブタ由来コラーゲンと無血清培養液より、医療用コラーゲンビトリゲル膜を作製する基盤技術を確立し、皮膚、角膜、気管、関節軟骨及び鼓膜の再生を促進する新素材を開発し、動物試験による有効性・安全性を確認中である。特に、皮膚の再生を促進する創傷被覆材については、ケロイド形成を抑制しつつ皮膚を再生できる三層構造の絆創膏タイプを開発し、マウスによる治療効果を確認するとともに、医療機器としての実用化に向けて PMDA の事前面談を実施した。

また、試験用具としては、ウシ由来コラーゲンと血清含有培養液より作製したコラーゲンビトリゲル膜を貼った膜チャンバーを開発し、平成 25 年 9 月より販売を開始した。さらに、動物試験代替システムとして、コラーゲンビトリゲル膜チャンバー内に構築したヒト角膜上皮モデルに化学物質を投与して、電気抵抗値の変化を測定する新しい眼刺激性試験法「Vitrigel-EIT 法」を開発した。

このように、順調に研究成果が得られている。最終年度には、医療機器としての安全性や、より実用化に近い状態での有効性を確認するための動物試験を引き続き実施するとともに、動物試験代替システムについては、OECD テストガイドラインへの登録を目指してバリデーション試験を実施する。

### 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

本研究は、農畜産物を利用した医薬品や医療用新素材等を実用化することを目標に実施している。そのため、既存製品との優位性や新規性を明確にしながら研究を実施しており、実用化のロードマップは各課題とも明確性が高い。

なお、各課題については、以下の通りである。

#### ① スギ花粉症治療薬候補となるコメの開発

スギ花粉症は国民の約 3 割が発症している主要なアレルギー疾患であり、毎年 2000 億円程度の医療費が支出されている。スギ花粉症を根治できる治療法が限られている中、根治が期待できるスギ花粉症治療米は、患者にとっては治療法の選択肢の一つとなると考えられるため、医薬品として実用化されれば社会・経済的効果は大きい。実用化に関しては、医薬品として承認されることが前提となることから、PMDA と適宜事前面談及び対面助言を行い、医薬品としての開発に必要な手続きを確認しながら研究を進めている。

なお、スギ花粉症治療米の産業利用に当たっては、カルタヘナ法に基づく使用規程の承認申請が必要であり、関係省庁との調整が必要である。また、遺伝子組換え作物であることから栽培場所の確保ならびに安定供給が課題となる。

#### ② スギ花粉症以外の疾患治療薬候補となる農作物の開発

世界中の気管支喘息患者数は既に 3 億人を超えており、その半数以上はダニ抗原に反応する。食物アレルギーについては、就学児童の 3% 超が罹患しており、その約 4 分の 1 が鶏卵に対するアレルギーを持つとされる。その高い有病率に加え、食事によるアレルギー死亡事故が起こる等、場合によっては重

篤な症状を引き起こす。これらのアレルギーに対しては、これまで根治が期待できる治療法がない、または限られているため、医薬品として実用化されれば、その社会的・経済的効果は大きい。今後の実用化に必要な医薬品としての品質・規格の設定及び治験の実施については、課題①のロードマップに従って行うことができると考えられる。

#### ③ 絹糸タンパク質を用いた小口径人工血管の開発

世界的な高齢化社会の到来や生活習慣病の増加を背景に、その治療と密接に関連した小口径人工血管の開発は重要である。また、再生医療材料開発の分野では、絹は優れたバイオ材料として認識されるようになり、本研究では、絹の特長を活かして、これまで市販品がない3.5mm径の人工血管を開発した。国内には人工血管の製造会社はほとんどなく、国内で使用される人工血管の9割が輸入品である。絹人工血管の作製は、人工血管基盤メーカー及び繊維系企業との共同研究で進めており、実用化に向けてのロードマップは明確である。また、ヒトの血管内皮細胞増殖因子（H-VEGF）を生産する遺伝子組換えカイコは、より人工血管に適した絹糸を生産でき、国産絹糸の新たな需要を創造することが期待される。

#### ④ 絹糸タンパク質を用いた創傷被覆材、角膜再生材料等新素材の開発

広範囲軟骨欠損の患者数は多く、合成樹脂又は金属製の人工軟骨以外に有効な治療法がない現在の状況においては、今後、特に若年者を対象に普及する可能性がある。角膜実質及び脊髄損傷神経再生材料については、未だ有効な材料は提案されておらず、フィブリンがその第一候補となる可能性がある。

フィブリンスポンジにおいては、化成品製造会社が医療素材としての製造法を開発を進めており、製品供給体制は順調に構築されている。また、フィブリンスポンジの特性の解明は、競合品との優位性を示すための重要な情報となる。

軟骨再生材料に関しては、治療システムの確立に向けた動物評価を実施しており、平成27年度からの臨床研究の開始に向けて取り組んでいる。神経再生材料については、フィブリンスポンジを徐放担体として再生阻害因子の発現抑制を目的とした治療法も提案できたが、薬事法上では医薬品に相当することになるため、まずは、医療機器に相当するフィブリンスポンジ単独での治療システムを確立し、臨床研究の開始に向けて取り組んでいる。

#### ⑤ カイコによるヒト・動物用医薬品の開発

ヒトリソーム病の酵素補充療法に用いる対象酵素を最も効果的なCTSAに絞り、遺伝子組換えカイコの大量飼育システムならびにヒト型酵素の製造法の確立も進めており、研究成果の実用化に向けてのロードマップは明確である。

動物医薬品の開発に関しては、ウシ乳房炎治療薬に絞り、GM-CSFを大量に産生する遺伝子組換えカイコから乳房炎治療薬を抽出し、自然発症牛への投与試験により、その有効性を確認している。また、動物医薬品メーカーへの技術移転を目指し、より効率的なGM-CSFの抽出・精製法を検討中である。

病態モデルカイコを用いたスクリーニング法により得られた候補化合物からの医薬品開発は、一般的な医薬品開発と同じプロセスとなる。医薬品開発には製薬会社との共同研究が必要であるが、遺伝子組換えカイコの飼育コストは哺乳動物と比べて安いことから、バイオベンチャー企業がプロジェクト当初から参画して研究を進めており、プロジェクト終了時には成果を引き継いで実用化に繋げる予定である。

#### ⑥ 牛等の動物由来の原料を用いた医薬用新素材の開発

皮膚再生用の創傷被覆材については、医療機器メーカーとの共同で三層構造の絆創膏タイプを開発し、医療機器としての製品化に向けてPMDAとの事前面談を行い、平成27年から治験を開始して平成31年の製造承認申請を目指す。また、角膜、気管等の再生材料については、動物試験による安全性・有効性を確認した段階で臨床研究を開始して、医療機器としての実用化を検討する。

平成25年に販売を開始したウシ由来コラーゲンビトリゲル膜チャンバーについては、市場ニーズに応じて様々な仕様（サイズ、素材）の製品を追加して、国際的な普及を目指すとともに、動物試験代替としての眼刺激性試験及び皮膚感作性試験のOECDテストガイドラインとしての登録を平成32年までに目指す。

以上のことから、アウトカムの実現に向けては、薬事法に基づく製造・販売に係る承認が必要であり、このためには、ヒトに対する安全性・有効性を確認するための治験を民間企業が主体となって実施することとなるが、研究成果の実用化に向けての道筋は明確になっていると考えられる。

### 4. 研究推進方法の妥当性

ランク：A

平成 21 年度の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した。さらに、2 年目にはイネ、カイコに加えて、動物由来原料を用いた医療用素材の開発を行う課題を拡充課題として採択し、農林水産業全体で医療分野と連携する体制を取った。なお、拡充課題の採択に当たっては、研究成果の実用化を担う民間企業の参画を条件とした。

研究開始後においては、医薬品・医療用素材の有効性、承認に当たっての要件、製品化に向けて克服すべき課題等について適切な助言をいただける外部専門家 5 名及び関係する行政部局等で構成される「委託プロジェクト研究運営委員会」を、これまで 12 回（年 3 回）開催して進捗状況を点検するとともに、平成 23 年度に実施した中間評価での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ている。

また、開発した医薬品・医療用素材の実用化に際しては、医薬品・医療機器の承認審査が最も高いハードルとなるため、適宜厚生労働省及び PMDA と相談している。特に課題①については、平成 26 年 2 月末までに PMDA と延べ 22 回の事前面談・対面助言を行い、研究内容に反映させている。具体的には、PMDA の助言に従って、薬事法に基づいて実施する治験の開始に必要な非臨床試験を実施するとともに、医薬品としての品質規格及び試験方法の設定、ならびに原原種の維持・生産から治験薬製造までの治験薬 GMP の策定を進めている。また、プロジェクト終了後の製薬企業への成果の引き渡しを目指して、ヒト試験による経口免疫寛容の有効性を確認するための臨床研究を 7Crp 米を用いて実施中である。

課題④では、平成 25 年度からフィブロインスポンジを生産するための化成品製造会社、医療機器メーカーならびに臨床医がコンソーシアムに加わり、ヒトでの臨床研究の実施に向けた取組を進めている。

課題⑤では、ヒトリソーム病の酵素補充療法の対象として 3 種類の酵素を候補としていたが、実用化の可能性が高い酵素に絞って開発を進めることとした。また、動物医薬品については、当初ウシ用ウイルス薬 2 種と乳房炎治療薬の計 3 種類の開発を予定していたが、現場で最も要望されている乳房炎治療薬（ウシ GM-CSF）を対象を絞り、評価系の確立及び有効性の確認を行うこととした。さらに、平成 24 年度から動物医薬品メーカーが研究アドバイザーとして参画し、ウシ乳房炎治療薬の製造の技術移転に向けた取組を進めている。

課題⑥では、当初はウシ由来コラーゲンと血清培養液を用いて作製したビトリゲル膜を材料に再生材料用素材を開発する予定であったが、平成 23 年に実施した PMDA 事前面談を受けて、医療機器としての審査のハードルがより低いブタ由来コラーゲンと無血清培養液を用いて作製したビトリゲル膜を材料として開発を進めることとした。また、創傷被覆材の開発については、平成 24 年度から医療機器を製造販売する製薬会社がコンソーシアムに加わり、PMDA 事前面談を実施するなど、製品化に向けた取組を進めている。

このほかの課題においても、プロジェクト終了後の成果の実用化を目指して、製薬会社、医療機器メーカー等との連携を進めている。

このように、実施計画、課題構成、実施体制、予算配分等を見直しつつ適切な進行管理を行っており、研究推進方法の妥当性は高い。

【総括評価】	ランク：A
<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>	
優れた研究成果が創出されるなど全体的に順調に進んでいる。前例がない取組のため、研究開発の優良事例となることを期待する。	
<b>2. 今後検討を要する事項に関する所見</b>	
実用化に向けた具体的なロードマップについて検討する必要がある。また、遺伝子組換え作物に対	

する国民の理解が得られるよう引き続き努力する必要がある。

[研究課題名] アグリ・ヘルス実用化研究促進プロジェクト

用語	用語の意味	※ 番号
スギ花粉症治療米	スギ花粉のアレルゲンタンパク質であるCryj1及びCryj2から改変された4種類のタンパク質が胚乳中で発現するように遺伝子を組換えたイネの系統。このコメを食べることにより、いわゆる「慣れ」が引き起こされ、スギ花粉を外敵と認識しなくなり、免疫過剰反応が抑えられる。	1
治験	医薬品もしくは医療機器の製造販売に関して、薬事法上の承認を得るために行われるヒトを対象とした臨床試験。	2
小口径絹人工血管	絹糸を編みまたは組みによって内径6mm未満の筒状とし、さらに絹コーティングを施した人工血管。ポリエステル製の小口径人工血管では、短期間で血栓ができてしまうことから、実用化されていない。	3
フィブロインスポンジ	絹糸の主タンパク質であるフィブロイン水溶液に少量の水溶性有機溶媒を添加し、凍結・融解処理することにより形成される、多孔質三次元構造体（スポンジ）。	4
コラーゲン	真皮、腱、骨、軟骨などを構成するタンパク質のひとつ。体内に存在しているコラーゲンの総量は、ヒトでは全タンパク質の約3割程度を占めるとされ、化粧品、医薬品などにも様々に用いられている。なお、コラーゲンの両端には主たる抗原部位であるテロペプチドが存在しているため、この部分を除いて抗原性を低下させたアテロコラーゲンを医療用及び化粧品用に用いている。	5
ビトリゲル	従来のハイドロゲルに熱変性タンパク質のガラス化技術を応用した後、再水和して得られる安定した状態にあるゲルのこと。従来の平板状のコラーゲンゲルをガラス化した後に再水和して得られるコラーゲンビトリゲルは、従来のコラーゲンゲルと比べて約100倍の密度に高めたコラーゲン線維で構成される薄膜。コラーゲンゲルより強度や透明性に優れることから、医療用素材等への利用が期待される。	6
腸管免疫	腸管の主要な働きは消化吸収であるが、免疫器官としても極めて重要である。多くの病原細菌は口から入り、腸などを通して体内に侵入するため、これらの侵入物から身を守るための自己防衛体制として免疫機能が働く。	7
減感作療法	アレルギーの原因物質（アレルゲン）を継続して摂取することにより、アレルゲンとして認識しなくなることで過剰な免疫反応を抑える治療法。抗ヒスタミン剤による対症療法と異なり、アレルギー疾患の根治が可能。	8
独立行政法人医薬品医療機器総合機構（PMDA）	Pharmaceuticals and Medical Devices Agencyの略。厚生労働省所管の独立行政法人であり、医薬品や医療機器等の品質、有効性及び安全性について、治験前から承認までを一貫した体制で指導・審査し（審査業務）、市販後における安全性に関する情報の収集、分析、提供を行う（安全対策業務）。	9
T細胞エピトープ	エピトープとは抗体が認識する抗原の一部分を指し、このうちT細胞レセプターに結合する抗原部分をT細胞エピトープという。	10
アナログペプチド	アミノ酸の一部を置換したペプチドで、自己免疫疾患に対してアナログペプチドを一定期間投与することにより、その原因となる抗原への反応を抑制する免疫T細胞を誘導できれば、根治が可能と考えられる。	11
疾患モデル（病態モデル）	遺伝子組換え技術等により、ヒトの疾患を再現したマウスやカイコ等の実験用動物を指す。ヒト疾患の病態解明と診断・治療への応用に大きな役割を果たす。	12
血管内皮細胞増殖因子（H-VEGF）	Vascular Endothelial Growth Factorの略であり、血管新生に関与する糖タンパク質。	13

ウシ乳房炎	ウシの乳房内に病原微生物が感染することによって発症する炎症性疾患のこと。乳用牛において最も発生の多い疾患であり、乳用牛の病傷事故件数の約 3割を占める。治療費だけでなく、乳質ならびに泌乳量の低下を招くため、酪農経営に甚大な被害を与えている。	14
ウシ顆粒球マクロファージ・コロニー刺激因子 (GM-CSF)	免疫系に重要な役割を持つ顆粒球・マクロファージ等に作用する因子。ウシ顆粒球マクロファージ刺激因子 (GM-CSF) は、乳房炎治療薬としての利用が期待されている。	15
OECDテストガイドライン	化学物質やその混合物の安全性を評価するための国際的に合意された試験方法を集めたもの。	16
原原種	一般には、品種の種籾は、原原種圃→原種圃→採種圃を経て種子増殖され、農家の栽培に用いられる。原原種は、遺伝的な変化を避けるため、厳密な条件で栽培し、注意深く品種の特性が保たれるよう管理して採種される。ここでは、医薬品としての特性（4種類のタンパク質の成分量及びその比）が保たれるように管理して栽培・採種された種子のことを指し、その後、採種圃で増殖された種子を栽培して医薬品原料となるコメを収穫する。	17
GMP	Good Manufacturing Practiceの略であり、日本では、薬事法に基づいて厚生労働大臣が定めた医薬品等の製造管理及び品質管理基準等を指す。治験薬GMP、医薬品GMP等がある。	18
7Crp米	スギ花粉のアレルゲンタンパク質であるCry j1及びCry j2のうちヒトT細胞が認識する部分（ヒトT細胞エピトープ）である7つのペプチドを連結させたもの（7crp）が胚乳中で発現するように遺伝子を組換えたイネの系統。平成19年に食品としての安全性試験を実施し、安全性を確認している。	19
臨床研究	患者に新しい医薬品や医療機器等の治療方法を試みて、安全性及び有効性を判定するための研究。国が定めた指針に基づき計画され、実施する医療機関や研究機関等の倫理審査委員会の審査を受けて承認された後に実施される。	20
リソソーム病	細胞内にある小器官の一つであるリソソーム（ライソゾーム）に関連した酵素が欠損しているために、分解されるべき物質が老廃物として体内に蓄積してしまう先天代謝異常疾患の総称。	21
酵素補充療法	欠損している酵素を薬剤として体外から投与することにより、細胞内に欠損酵素を補充する方法。	22
糖鎖挿げ替え法	糖転移活性をもつ酵素（endo Mやendo A等）を用いて、タンパク質に結合する糖鎖を目的の位置に挿げ替える技術。	23

## 農林水産資源を活用した新需要創出プロジェクト

【924（848）百万円】

### 対策のポイント

農林水産物が有する機能性成分の有効性や効果的な摂取条件等を科学的に明らかにするとともに、生産現場で簡易に評価できる技術等を開発します。

### <背景/課題>

- ・今後、少子高齢化の一層の進行が見込まれる中、国内の農業・食料関連産業の市場規模の維持・拡大を図るためには、農林水産物の機能性成分が有する疾病予防機能などを活用し、新たな需要を開拓していくことが重要となっています。
- ・このためには、農林水産物が有する機能性成分の有効性やそれらを含む農林水産物の個人に適した効果的な摂取条件等を科学的に明らかにするとともに、機能性成分の含有量が一定ではない農産物を生産現場で簡易に評価できる技術開発等が必要です。

### 政策目標

機能性農林水産物等を核とした新たな需要を創出  
(平成34年度までに6,000億円規模)

### <主な内容>

#### 1. 農林水産物の機能性の解析評価技術の開発

農林水産物に含まれる機能性成分について、ヒトレベルでの生体調節機能の解析等により、科学的エビデンスを獲得します。さらに、個人に適した摂取条件を特定する手法の開発及び普及するためのモデル体制の構築等を実施します。

#### 2. 医薬品作物、医療用素材等の開発

スギ花粉症治療薬となるコメ、カイコや動物由来の原料を用いた医療用素材等についてヒトや動物での安全性・有効性の評価試験等を実施します。

#### 3. 国産農産物の潜在的品質の評価技術の開発

農産物とその加工品の多様な品質（機能性、食味、加工特性など）について、従来では複数の分析法によって得ていた各種情報を、光学的手法等によって一括で取得し、生産現場で迅速に推測する新しい農産物評価法を開発します。

補助率：定額  
事業実施主体：民間団体等

お問い合わせ先：

- 1の事業 農林水産技術会議事務局研究統括官（食料戦略、除染）  
(03-3502-2549 (直))
- 2、3の事業 農林水産技術会議事務局研究開発官（食の安全、基礎・基盤）  
(03-3502-7430 (直))

# 農林水産資源を活用した新需要創出プロジェクト

## これまでの成果

- タマネギ(ケルセチン)
- 生活習慣病予防・軽減
- 認知症改善
- 茶(エピガロカテキン、ストリクチニン類)
- 抗糖尿病・抗肥満作用
- 抗酸化作用



農林水産物のもつ機能性成分の有効性に関する科学的エビデンスの獲得

## 現状の課題

広く国民に農林水産物のもつ機能性を理解し、利用してもらうためには、

- 機能性成分の一般的な有効性だけでなく、個人の年齢・性別・健康状況等に応じた摂取条件の提示
- 生産現場で農林水産物のもつ機能性等の品質を簡易に評価する技術が不可欠

## 研究内容

### 機能性成分の実用研究

- 統計的に十分な規模(1,000人規模)の疫学調査の実施
- 疫学調査結果に基づく、年齢・性別・健康状況等に応じた摂取条件の解明

個人毎の摂取条件の特定

### 機能性等の品質評価技術の開発

- 光学的手法等により成分情報全体を把握する技術の開発
- 成分情報から品質を推定する技術の開発

簡易的に品質評価

一体的なデータ提供

医師・管理栄養士が個人に合わせた適切な摂取条件を提示することが可能に

広く国民に普及し、健康の維持増進を食生活を通じて実現

機能性農林水産物等を核とした6,000億円規模の新たな需要を創出

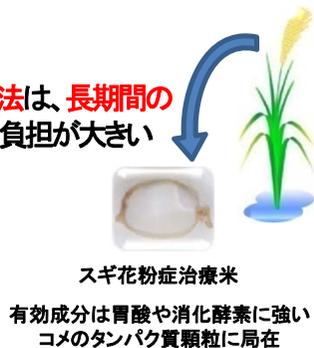
# 医薬品作物、医療用素材等の開発

## スギ花粉症治療薬の開発

### 背景

- 国民の約30%が花粉症に罹患
- そのための医療費等は約2,300億円
- 治癒も期待できる治療法である減感作療法は、長期間の通院、注射による痛みなどがあり、患者の負担が大きい

遺伝子組換え技術により  
スギ花粉症の主要な有効成分  
を蓄積するコメを開発



### 課題

医薬品・医療機器の実用化のためには、薬事法に基づく承認取得が必要

### 研究内容

[22~25年度] マウスやサルで安全性・有効性を確認

[26年度] 承認審査のための治験を開始



## カイコによる医療用素材等の開発

### 背景

- 従来の合成樹脂製の人工血管では、小口径の場合、血栓ができやすい
- そのため、心筋梗塞の冠動脈バイパス手術では、患者の体の他の部分から血管を採取し、移植するしかない

人体になじみやすい  
絹糸を用いて  
小口径人工血管を作製



### 研究内容

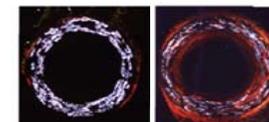
[22~26年度] ラットやイヌで安全性・有効性を確認



合成樹脂製



絹糸製



移植後2週間 移植後12週間  
絹人工血管(白色部分)が移植後  
徐々に成体成分に置き換わる

製薬・医療機器メーカーに成果の受渡

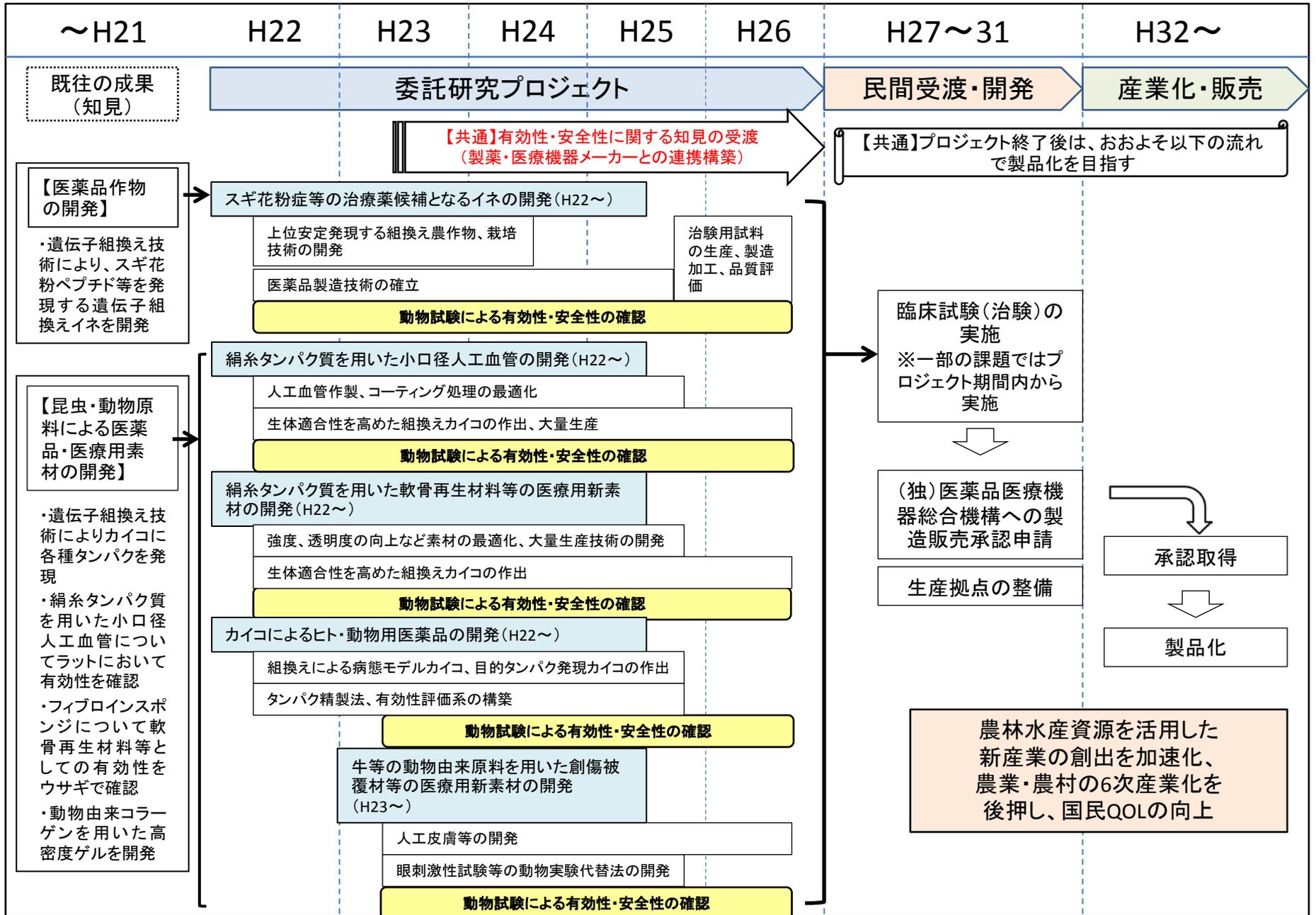
さらに治験を進め、ヒトでの安全性・有効性を確認することで、

医療用作物や農産物を利用した医療機器の製造・販売承認(平成32年)

本プロジェクト研究では、このほかに次の医薬品、医療用素材を開発中

- ・絹糸タンパク質を用いた軟骨再生材料などの医療用素材
- ・カイコの持つタンパク質生産能力を活用したヒト・動物用医薬品
- ・動物由来のコラーゲンを用いた創傷被覆材などの医療用素材

# アグリ・ヘルス実用化研究促進プロジェクト



# アグリ・ヘルス実用化研究促進プロジェクトの進捗状況

課題名 (研究期間)	アウトカム	研究目標(H26)※	進捗状況※	理由	H26計画
スギ花粉症治療薬候補となるコメの開発 (H22-H26)	スギ花粉症治療薬の製品化 (H32目処)	【治験】 スギ花粉症治療米の有効性・安全性に関する動物試験を終了し、治験第2相前半(患者での安全性評価)を実施する	非臨床試験 (GLP試験)	治験の実施に必要な手続きについて、当初の計画より時間が掛かることが判明(H26治験開始)	・ヒトでの腸管免疫寛容を確認する ・製薬企業との連携を構築する ・治験第I相(安全性評価)を実施する
スギ花粉症以外の疾患治療薬候補となる農作物の開発 (H22-H26)	喘息治療薬等の製品化 (H38目処)	【非臨床試験(安全性予備試験)】 各疾病治療薬を生産する組換えイネを開発し、動物試験による有効性・安全性を確認する	非臨床試験 (有効性確認)		・引き続き、動物試験による有効性・安全性を確認する ・製薬企業との連携を構築する
絹糸タンパク質を用いた小口径人工血管の開発 (H22-H26)	絹人工血管の製品化 (H32目処)	【非臨床試験(安全性予備試験)】 口径6mm未満の人工血管を開発し、動物試験による有効性・安全性を確認する	非臨床試験 (有効性確認)		・引き続き、動物試験による有効性・安全性を確認する ・医療機器メーカーとの連携を構築する
絹糸タンパク質を用いた創傷被覆材、角膜再生材料等新素材の開発 (H22-H26)	軟骨再生材料の製品化 (H34目処)	【非臨床試験(安全性予備試験)】 絹糸タンパク質を原材料とした医療用素材を開発し、動物試験による有効性・安全性を確認する	非臨床試験 (有効性確認)		・引き続き、動物試験による有効性・安全性を確認する
カイコによるヒト・動物用医薬品の開発 (H22-H26)	ウシ乳房炎治療薬の製品化 (H35目処) ヒトリゾソーム病治療薬の製品化 (H37目処)	【非臨床試験(安全性予備試験)】 各疾病治療薬を生産する組換えカイコを開発し、動物試験による有効性・安全性を確認する	非臨床試験 (有効性確認)及び開発段階	リゾソーム病治療薬について、疾患モデルマウス作製に時間がかかったため動物試験が未実施(H26開始)	・動物試験による有効性・安全性を確認する ・製薬企業との連携を構築する
牛等の原料を用いた医薬用新素材の開発 (H23-H26)	膜チャンバーの製品化 (H25) 創傷被覆材の製品化 (H31目処)	【非臨床試験(安全性予備試験)】 コラーゲンを原料に用いた医療用素材を開発し、動物実験等による有効性・安全性を確認する	非臨床試験 (有効性確認)		・引き続き、動物試験による有効性・安全性を確認する ・膜チャンバーを用いた動物代替試験法については、バリデーション試験を実施する

※ 医薬品、医療機器の開発ステージとして、「開発段階」、「非臨床試験(有効性確認)」、「非臨床試験(安全性予備試験)」、「安全性試験(GLP試験)」、「治験」と分類して、研究目標(H26)及び進捗状況を記載

# 課題①スギ花粉症治療薬候補となるコメの開発

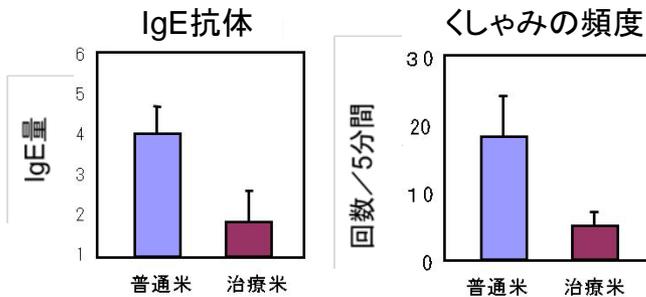
## 【研究内容】

スギ花粉症治療薬を生産する米(スギ花粉症治療米)について、医薬品の承認申請に必要な手続きに準拠した方法で動物試験による有効性・安全性評価を実施し、十分な有効性・安全性が認められた場合に治験段階に移行する。

## 【主要成果】

### マウスでの有効性試験

- スギ花粉症治療米(治療米)を3週間投与したマウスでは、アレルギー症状が有意に改善。



### 有効成分の消化性試験

- 有効成分が胚乳中のタンパク質顆粒(PB)で保護されていることにより、米粒と同様の難消化性を有することが示された。  
→ PB抽出物を製剤化することによっても同等の効果が得られる可能性。

このほか、治験の実施に向けて、

- スギ花粉症治療米の栽培及び加工について、カルタヘナ法に基づく第2種産業利用としての承認を取得。

## 【今後の予定】

ヒト試験による腸管免疫による減感作を確認する。また、治験第I相(安全性評価)を実施する。

# 課題②スギ花粉症以外の疾病治療薬候補となる農作物の開発

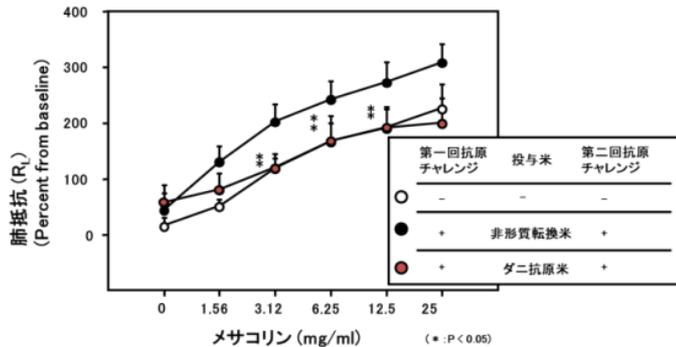
## 【研究内容】

気管支喘息、関節リウマチ等の疾病治療薬を生産するイネを開発し、疾患モデルマウスによる有効性及び安全性を評価する。

## 【主要成果】

### 気管支喘息の治療効果

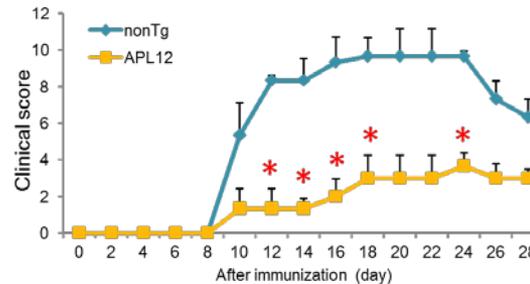
- ダニ抗原を生産する米を疾患モデルマウスに経口投与することによって、アレルギー症状が緩和。



ダニ抗原米の経口投与による喘息症状の改善

### 関節リウマチの治療効果

- 自己抗原物質であるⅡ型コラーゲン(CII)及びグルコース-6-リン酸イソメラーゼ(GPI)の原因となるペプチドを特定し、疾患モデルマウスを開発。
- CII及びGPIのアミノ酸の一部を置換したペプチド(アナログペプチド)を生産する米を疾患モデルマウスに経口投与することにより、関節炎症状が緩和。



アナログペプチド米の経口投与による関節炎症状の改善

## 【今後の予定】

各課題とも計画通り進捗しており、医薬品としての安全性や、より実用化に近い状態での有効性を確認するための動物試験を引き続き実施する。

# 課題③絹糸タンパク質を用いた小口径人工血管の開発

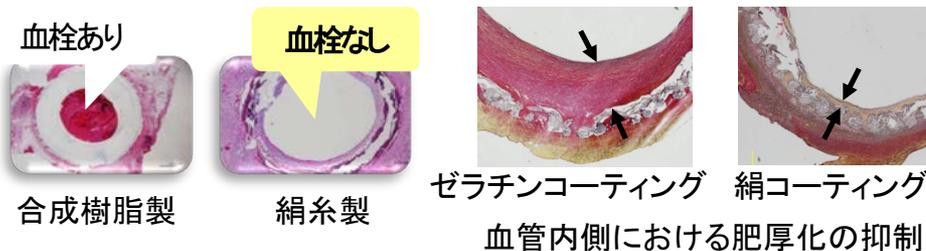
## 【研究内容】

絹糸を用いて小口径人工血管を作製し、動物移植試験による有効性及び安全性を評価する。また、ヒトの細胞との相性をより高めた絹糸を生産する遺伝子組換えカイコを開発する。

## 【主要成果】

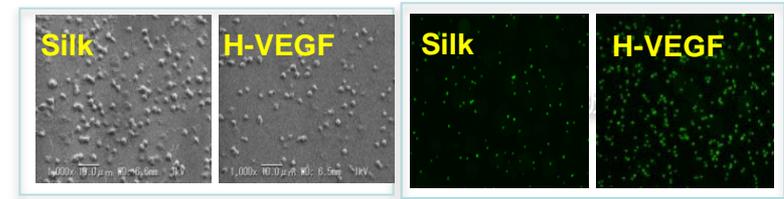
### 絹人工血管の優位性

- 合成樹脂では市販品のない直径3.5mmの絹糸製の人工血管でも血栓が生じにくいことを動物試験により確認。
- 絹コーティングは、市販品で用いられているゼラチンコーティングより、移植後の血管内側における内膜肥厚が少ない(閉塞を防ぐ)ことを確認。



### 遺伝子組換えによる人工血管に適した絹の開発

- 血管再生能をより高めた絹(H-VEGF)を生産する遺伝子組換えカイコを開発。



血小板の数が少ない → より血栓ができにくい  
内皮細胞の接着が多い → より早く血管が再生

## 【今後の予定】

計画通り進捗しており、医療機器としての安全性や、より実用化に近い状態での有効性を確認するための動物試験を引き続き実施する。

# 課題④ 絹糸タンパク質を用いた創傷被覆材、 角膜再生材料等新素材の開発

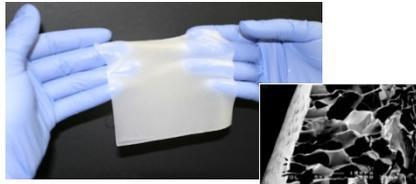
## 【研究内容】

独自の製法により開発したフィブロインスポンジを材料とした医療用素材(軟骨再生材料等)を開発し、動物試験による有効性及び安全性を評価する。

## 【主要成果】

### フィブロインスポンジによる新しい再生医療

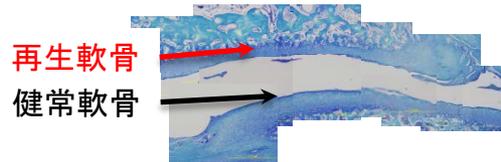
- 広範な軟骨再生及び対面軟骨の保護効果を動物試験で確認。



フィブロインスポンジ製品の  
・製品製造技術の開発  
・安全性の確認



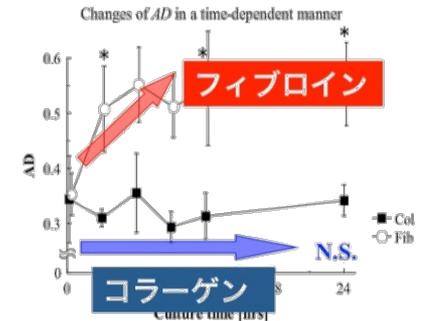
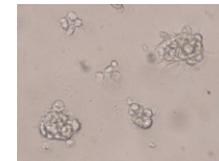
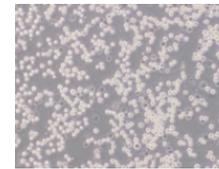
軟骨欠損モデル フィブロインスポンジの貼り付け



軟骨形成の促進効果を確認

### フィブロインの特性解明

- フィブロイン上では高い軟骨細胞凝集性
  - フィブロイン上での高い細胞移動性
- 組織再生足場材料としての有用性



## 【今後の予定】

各課題とも計画通り進捗しており、医療機器としての安全性や、より実用化に近い状態での有効性を確認するための動物試験を引き続き実施する。

# 課題⑤カイクによるヒト・動物用医薬品の開発

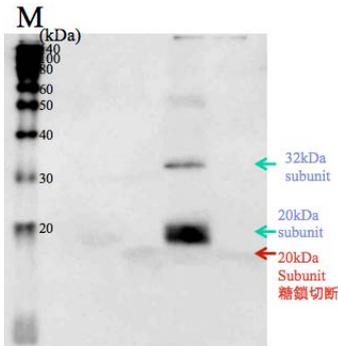
## 【研究内容】

ヒト及び動物用医薬品を生産するカイクを開発し、動物試験による有効性及び安全性を評価する。

## 【主要成果】

### ヒトリソーム病治療薬

- カテプシンA(CTSA)欠損症治療薬を生産する遺伝子組換えカイクを開発。
- 高機能なヒト型酵素への改変に成功。
- 患者由来iPS細胞株樹立と疾患モデルマウスを作製。



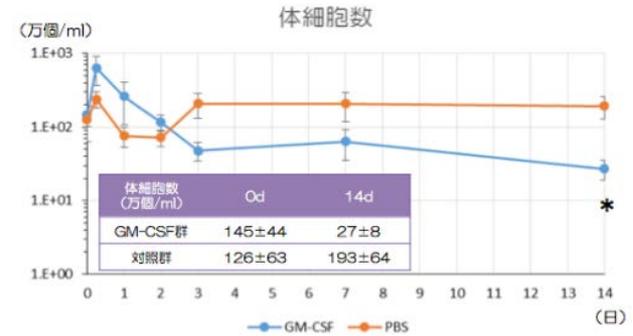
高機能なヒト型酵素への改変



疾患モデルマウスの作製

### ウシ乳房炎治療薬

- 乳房炎治療薬(顆粒球マクロファージコロニー刺激因子(GM-CSF))を生産する遺伝子組換えカイクを開発。
- 乳房炎自然発症牛への投与試験で治療効果を確認。



乳房炎自然発症牛への投与実験で体細胞数の低下を確認

## 【今後の予定】

医薬品としての安全性や、より実用化に近い状態での有効性を確認するための動物試験等を実施する。

# 課題⑥牛等の動物由来の原料を用いた 医療用新素材の開発

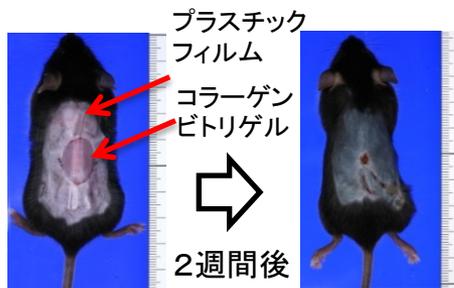
## 【研究内容】

独自の製法により開発した高密度のコラーゲン繊維(コラーゲンビトリゲル)を材料とした医療用素材等を開発し、動物試験による有効性及び安全性を評価する。

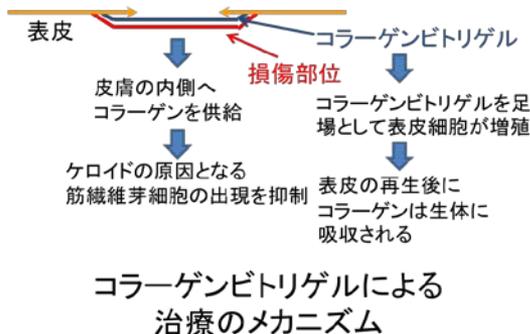
## 【主要成果】

### 創傷被覆材の開発

- 皮膚再生を促進するとともにケロイド形成を抑制できる創傷被覆材を開発し、動物試験で治療効果を確認。

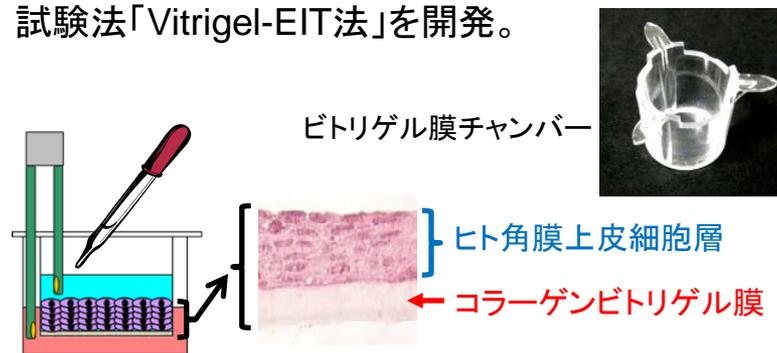


実験動物での  
治療効果の確認



### 動物試験代替システムの開発

- コラーゲンビトリゲル膜チャンバー内に構築したヒト角膜上皮モデルに化学物質を投与して、電気抵抗値の変化を測定する新しい眼刺激性試験法「Vitrigel-EIT法」を開発。



電気抵抗値の変化を測定 → 動物試験の代替

## 【今後の予定】

各課題とも計画通り進捗しており、医療機器としての安全性や、より実用化に近い状態での有効性を確認するための動物試験を引き続き実施する。動物試験代替システムについては、OECDテストガイドラインへの登録を目指してバリデーション試験を実施する。

論文数等共通事項調査票

(平成25年12月31日調査時点)

事業名	アグリ・ヘルス実用化研究促進プロジェクト					
実施期間	平成22～26年度			評価段階	終了時	
予算額 (百万円)	初年度 (22年度)	2年度目 (23年度)	3年度目 (24年度)	4年度目 (25年度)	5年度目 (26年度)	総合計
	551	605	468	409	352	2,385

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	105	16	5	0	1	54

具体的な実績
①査読論文
<ul style="list-style-type: none"> <li>•Wakasa, Y. et al. (2013) Oral immunotherapy with transgenic rice seed containing destructed Japanese cedar pollen allergens, Cry j 1 and Cry j 2, against Japanese cedar pollinosis. Plant Biotechnol. J. 11: 66–76.</li> <li>•Kawakatsu, T. et al. (2013) A whole-genome analysis of a transgenic rice seed-based edible vaccine against cedar pollen allergy. DNA Research 20: 623–631.</li> <li>•Saeki, M. et al. (2012) Inhibition of allergen-induced airway inflammation by low-dose oral immunotherapy with transgenic rice seeds independently of immunoglobulin e synthesis. Int. Arch. Allergy Immunol. 158: S66–69.</li> <li>•Nishimura, T. et al. (2013) Existence of antigen-specific immunoglobulin E is not sufficient for allergic nasal eosinophil infiltration in mice. Int. Arch. Allergy Immunol. 161: S125–128.</li> <li>•Derya, A. et al. (2013) Small-diameter knitted silk vascular grafts (3mm diameter) with a double-raschel knitted silk tube coated with silk fibroin sponge, Advanced Healthcare Materials. 2: 361–368.</li> <li>•Asakura, T. et al. (2014) Characterization of silk sponge in wet state using <sup>13</sup>C solid state NMR for development of porous silk vascular graft with small diameter, RSC Advances 4: 4427–4434.</li> <li>•Takeuchi, K. et al. (2013) Chondroitin sulphate N-acetylgalactosaminyl-transferase-1 inhibits recovery from neural injury. Nature Communications, 4 (Article number: 2740) DOI: 10.1038/ncomms3740.</li> <li>•Hattori, S. et al. (2011) Influence of sterilizations on silk protein-based materials for developing a novel artificial cornea. Bioinspired, Biomimetic and Nanobiomaterials 1: 245–251.</li> <li>•Tsuji, D. et al. (2011) Highly phosphomannosylated enzyme replacement therapy for GM2 gangliosidosis. Annal Neurol. 69: 691–701.</li> <li>•Hitaoka, S. et al. (2012) Modeling of Human Neuraminidase-1 and Its Validation by LERE-Correlation Analysis. Chem-Bio Informatics J. 13: 30–40.</li> <li>•Tani, A. et al. (2012) Regeneration of tracheal epithelium using a collagen vitrigel-sponge scaffold containing basic fibroblast growth factor. Annals of Otolaryngology, Rhinology &amp; Laryngology 121: 261–268.</li> <li>•Yamaguchi, H. et al. (2013) Vitrigel-eye irritancy test method using HCE-T cells. Toxicological Sciences 135: 347–355.</li> </ul>
②③④(国内外)特許権等出願・品種登録
<ul style="list-style-type: none"> <li>•スギ花粉の免疫原性を有するタンパク質、当該タンパク質をコードするポリヌクレオチド及びこれらの用途 出願番号:2011-538487、PCT/JP2010/069218</li> <li>•「遺伝子組み換えイネ科植物、その種子又は種子の加工品の生産方法」 出願番号:特願2013-191472</li> <li>•「人工血管及びその製造方法」 出願番号:特願2012-110443、PCT/JP2013/003078</li> <li>•「人工血管の製造方法」 出願番号:特願2013-176485</li> <li>•「医療用材料」 出願番号:特願2011-287650</li> <li>•「抗リン酸化GAP43抗体」 出願番号:特願2012-230577、PCT/JP2013/003078</li> <li>•「神経再生発生を可視化する抗リン酸化抗体」 出願番号:PCT/JP2013-0053</li> <li>•「細胞培養用支持体の製造方法、細胞培養用支持体および細胞培養方法」 出願番号:特願2013-101259</li> <li>•「ハイドロゲル乾燥体、ビトリゲル膜乾燥体およびこれらの製造方法」 出願番号:PCT/JP2011/069191</li> <li>•「細胞培養チャンバーとその製造方法、および、この細胞培養チャンバーを利用した組織モデルとその作製方法」 出願番号:特願2011-246873、PCT/JP2011/076009</li> <li>•「貼付型人工皮膚製剤」 出願番号:特願2013-136118</li> <li>•「ガラス化後のハイドロゲル膜の製造方法、ハイドロゲル材料の製造方法、ガラス化後のハイドロゲル膜、ガラス化後のハイドロゲル膜の乾燥体、細胞シート、およびガラス化後のハイドロゲル膜の製造装置」 出願番号:特願2013-168393</li> </ul>

#### ⑤プレスリリース

・独立行政法人農業生物資源研究所「角膜構造を再現した培養モデルでの新たな安全性試験法を開発」(平成25年8月9日)

#### 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)

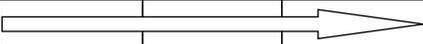
- ・バイオeカフェ「薬?食事?花粉症緩和米!あなたの春を快適に」(平成25年2月19日、つくばサイエンスインフォメーションセンター)
- ・サイエンティスト・トーク「花粉症にサヨナラ 貴方は食べる遺伝子組換え米」(平成25年4月20日、日本科学未来館)
- ・アレルギーワクチン米の通年性アレルギー(ダニアレルギー)への応用、「植物を用いたバイオ医薬品の開発の現状と今後の課題」11月8日、東京、2013.
- ・ダニ抗原Der p 1を発現した形質転換イネのアレルギー性気道炎症に対する効果. 第58回日本アレルギー学会秋季学術大会(東京)、ミニシンポジウム“基礎-免疫調節”、2008.
- ・先端繊維技術講演会「絹構造の徹底解明とそれを生かした絹人工血管等再生医療材料の開発」(平成25年12月19日、福井大学アカデミーホール)
- ・首都圏西部スマートQOL技術開発地域シンポジウム「絹で創る人工血管の開発 産業連携によるイノベーション~中小企業のカで技術を創る~」(平成24年3月19日、京王プラザホテル八王子)
- ・第7回フィブロイン・セリシンの利用に関する研究会(平成25年2月21日、秋葉原ダイビル会議室)
- ・第5回公開シンポジウム「カイコ産業の未来 ~遺伝子組換えカイコによる医薬品開発・生産を目指して~」(平成25年1月18日、秋葉原コンベンションホール)
- ・日本薬学会第133年会シンポジウム「カイコを用いた新規医薬品と評価システムの開発」(平成25年3月30日、パシフィコ横浜)
- ・日本動物実験代替法学会第24回大会 市民公開シンポジウム「日本における代替法研究の新しい胎動:新規農林水産省プロジェクト”アグリ・ヘルス実用化研究促進プロジェクト(ビトリゲル)”」(平成23年11月12日、宮城県建設産業会館)
- ・日本動物実験代替法学会第25回大会 シンポジウムS6「コラーゲンビトリゲル膜チャンバーを用いたADMET解析に有用な培養システム」(平成24年12月9日、慶應義塾大学薬学部 芝共立キャンパス)

#### 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

- ・東京農工大学科学博物館特別展「衣料から医療へーシルクで創る人工血管ー」(平成26年2月11日~平成26年4月26日、東京農工大学科学博物館)
- ・つくば医工連携フォーラム2015(未定)
- ・NIASシンポジウム(日本組織培養学会第87回大会サテライトシンポジウム)「再生医療、創薬および動物実験代替法分野における実用化を指向したコラーゲンビトリゲルの開発状況」(平成26年5月31日、星陵会館ホール)

## 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>	水田の潜在能力発揮等による農地周年有効活用技術の開発 (25年度に「国産農産物の革新的低コスト実現プロジェクト」に組替・再編)			<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>	生産局農産部穀物課・地域作物課、 農村振興局農地資源課
<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>	H22～H26（5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>食料自給率を向上させるためには、麦、なたね等の冬作物(※1)や戦略作物(※2)を含む夏畑作物の生産を拡大するとともに、水田の汎用化により農地の有効活用を図る必要がある。このため、パン・中華めん用小麦や暖地向けなたね等の高品質品種の育成、大豆等の湿害回避技術の開発、戦略作物を含む夏畑作物の省力・多収生産技術、水田を最大限に活用するための用排水機能の管理(※3)・最適化技術の開発を行う。</p> <p>&lt;課題①：冬期の水田活用を促進する高品質な冬作物品種の開発(継続：22～24年度、組替：25年～革新的低コストプロ<sup>注</sup>で実施)&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・高品質な冬作物品種を選抜・育成するため、②で開発されたDNAマーカー等の技術を活用して品種育成を実施する。</li> </ul> <p>&lt;課題②：冬作物の高品質化に資する基盤技術の開発(終了：平成22～24年度)&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・①の品種開発をアシストするための選抜マーカー等を開発する。</li> </ul> <p>&lt;課題③：土壌養水分制御技術を活用した水田高度化技術の開発(終了：平成22～24年度)&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・土壌養水分制御による麦類や大豆の生産性向上技術を開発する。</li> </ul> <p>&lt;課題④：超低コスト作物生産技術の開発(終了：22～23年度)&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・土地利用型作物の輪作(※4)体系において、生産コスト半減技術の実証試験を実施する。</li> </ul> <p>&lt;課題⑤：戦略作物等の省力・多収生産技術の開発(拡充：24年度、組替：25年～課題①に統合し革新的低コストプロ<sup>注</sup>で実施)&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・大豆とそばの機械収穫体系に向けた品種及び生産技術を開発する。</li> </ul> <p>&lt;課題⑥：水田最大限活用のための低コストな用排水機能管理・最適化技術の開発(拡充：24年度、組替え：平成25年～革新的低コストプロ<sup>注</sup>に組替え)&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・広域的に安定した給排水を可能とする用排水機能の管理、最適化技術を開発する。</li> </ul> <p>注：革新的低コストプロ；国内農産物の革新的低コスト実現プロジェクト</p>					
<b>1. 委託プロジェクト研究課題の主な目標</b>					
・パン・中華めん用小麦や暖地向けなたね等の高品質な冬作物品種を10品種以上開発					
・湿害を回避し、水田において麦、大豆等の生産性を向上させる技術を開発					
・水稻-麦-大豆等の輪作体系において、生産コスト半減を実証					
・大豆の収量を10%以上改善する生産技術を開発、機械化収穫向けそば品種開発等による安定生産技術の開発					
・高度化した水田群に対応し、広域的に安定した水供給を可能とする技術の開発					
<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（H32年）</b>					
					<b>備考</b>

<ul style="list-style-type: none"> <li>・小麦、大豆等主要品目において国内生産量 31% 拡大に貢献</li> <li>・小麦、大豆等需要品目において国内作付面積 67% 拡大に貢献</li> <li>・食料自給率 50%、耕地利用率（※5）108%の達成に貢献</li> </ul>	<p>各地域に適応した高品質・多収品種、低コスト栽培技術の確立</p> <p>耐穂発芽性・耐病害虫性品種、産地拡大のための新たな作型を可能にする品種と輪作体系の確立</p>
---	--

【項目別評価】	
<b>1. 研究成果の意義</b>	<b>ランク：A</b>
<p>(理由)</p> <p>世界的な需給の逼迫傾向等により輸入農産物の価格上昇や供給不安定化の傾向が増している中、食料の安定供給を確保していくためには、水田の汎用化によりその機能を最大限に引き出すことで、戦略作物である麦、大豆、そば等の生産性向上を図る必要がある。</p> <p>また、農業の6次産業化を推進するためには、農産物の品質・付加価値向上、農業生産基盤整備の推進が求められている。このため、自給率が低いパン・中華めん用の小麦や産地拡大に資する暖地向けなたね等の高品質な冬作物品種の開発を進めるとともに、土壌の養水分制御技術等を活用した水田の高度化技術、地域ごとの合理的な輪作体系を構築するための省力化及び生産コストの大幅削減を可能とする作物生産技術、大豆等の戦略作物の生産性向上技術、事業地区レベルの水田群の用排水機能管理技術の開発を行う必要がある。以上の農林水産業・食品産業、国民生活等のニーズ及び農業の6次産業化への対応を踏まえると研究成果の意義は高いものである。</p>	
<b>2. 研究目標の達成度及び今後の達成可能性</b>	<b>ランク：A</b>
<p>冬作物の品種育成については、高品質のパン・中華麺用品種をはじめとして、10品種を育成した。また、水稻の乾田直播栽培技術の開発と機械の汎用利用化により、輪作体系全体で生産コスト5割削減を実証できた。また、拡充課題についても2年という短期間ながら、着実に研究は進展しており、全体として達成度は高い。</p> <p>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。</p> <p>1. 冬期の水田活用を促進する高品質な冬作物品種の開発</p> <p>パン・中華めん用小麦や暖地向けなたね等の高品質な冬作物品種をDNAマーカー等の技術を活用して品種を育成する。プロジェクト研究終了までに10品種以上開発するという目標に対し、既に10品種を開発する等、目標どおりの成果が得られている。主要成果は以下のとおり。</p> <p>(1) パン・中華めん用等の硬質小麦新品種の育成</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・パン用小麦品種「せときらら」（中国161号）の品種登録出願を2012年11月に行い、2013年度に山口県で奨励品種に採用された。「せときらら」は、日本めん用小麦「ふくほのか」にグルテンの強化（Glu-D1d）と伸展性（Glu-B3h）および硬質性（Pinb-D1c）に関わる遺伝子をDNAマーカーによって導入した準同質遺伝子系統である。</li> <li>・パン用品種育成を目標とした交配組合せから収量性、コムギ縞萎縮病抵抗性に優れた「みのりのちから」（北海262号）の品種登録出願を2012年9月に行った。</li> </ul> <p>(2) 菓子用等の軟質小麦新品種の育成</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・育成中の軟質小麦系統から菓子用として有望な系統を選定し、「ゆきはるか」として品種登録出願を2011年1月に行った。平成25年に岩手県において産地品種銘柄の設定が申請され、平成27年産100tの生産目標が設定されている。</li> <li>・育成中の硬質系統からグルテンの強靱な系統を選定し、「銀河のちから」として品種登録出願を2011年1月に行った。平成25年に岩手県の奨励品種に採用され、宮城県と秋田県においても産地品種銘柄の設定が予定されている。</li> </ul>	

・平成 25 年度に福井県での普及を目指し、硬質小麦品種「東北 225 号」の品種登録出願を行う予定である。

(3) 日本めん用小麦等の新品種の育成

・日本めん用小麦「ふくあかり」（関東 135 号）を育成し、2010 年 10 月に品種登録出願を行った。2011 年 4 月に福島県の奨励品種として採用された。

(4) 暖地向け通常アミロース小麦新品種「ちくごまる」の現地栽培試験および加工適性試験

・通常アミロース小麦品種として、「ちくごまる」（西海 191 号）の品種登録出願を 2011 年 11 月に行った。福岡県うきは市の一般農家圃場において試験栽培された生産物（2012 年産）を大規模製粉し、実需者による菓子加工適性試験を行った結果、「シロガネコムギ」と比較すると、口溶け以外の評価項目では、スポンジ・クッキーともに同等か大差なしであった。「ちくごまる」はスポンジの口溶けがやや悪いとの評価であった。

(5) 大麦新品種「西海皮 69 号」普及拡大のための広域適応性実証試験

「ニシノホシ」に替わる精麦用の新品種「はるか二条」（西海皮 69 号）の品種登録出願を 2012 年 11 月に行い、2013 年 4 月には農林認定品種（二条大麦農林 26 号）に認められた。「はるか二条」は九州 7 県の 4 カ年（2010～2013 年）の試験において、「ニシノホシ」と比較して有意に出穂期が早く、短稈であり、多収で千粒重と容積重が大きく、これらの形質に関して試験地・年次を込みにした変動は「ニシノホシ」と同程度であった。収量については一部を除いて、ほとんどの試験地、産年で「ニシノホシ」を上回る多収性を示し、「はるか二条」の「ニシノホシ」に対する平均収量比は 110 %であった。

(6) 良色相・高整粒歩合の高 $\beta$ -グルカン含量のはだか麦品種の育成

・原麦白度が高く、硝子粒の発生率が著しく低い、味噌加工適性を有する大麦品種「ハルヒメボシ」（四国裸 110 号）の品種登録出願を 2012 年 3 月に行った。

(7) 暖地向けなたね新品種普及のための栽培実証試験

・暖地向け無エルシン酸なたね「ななはるか」（東北 96 号）の品種登録出願（2013 年 9 月）を行った。

## 2. 冬作物の高品質化に資する基盤技術の開発

上記 1 の品種開発をアシストするため、品質に関わる要因の解明や DNA マーカーの開発などを目標とした。DNA マーカーの開発等により品種開発をアシストし、10 品種が開発されたことから、本研究の目標は概ね達成した。主要成果は以下のとおり。

### (1) 小麦チーム

・小麦粉色相に関しては、タンパク質含量が高まると小麦外皮の粉への切れ込みが増加し、フィチン酸移行率が切れ込みの指標となる可能性があることを明らかにした。

・グルテンについては、6 輸入銘柄に含まれる品種のグルテン組成を解明し、タンパク質プロファイリングを明らかにした。また、生地強度に関係するグルテニン遺伝子マーカーを開発した。

・澱粉については、極低アミロース系統「農 7 号」の原因遺伝子が一塩基多型であることを解明し、この変異部位を検出する PCR ベースの共優性マーカーを開発した。既存の他ゲノムのマーカーに組み合わせることにより、極低アミロース系統の選抜が可能になった。

・グルテンと澱粉の相互作用については、製菓特性にはアミロース含量と損傷澱粉の効果が大きいことを明らかにした。また、溶媒保持能力が他形質と相関し、選抜指標として有望であることを明らかにした。

・新規グルテン素材については、小麦と野生種の転座染色体を開発し、戻し交配により実用小麦品種に転座染色体を導入したところ、生地強度が強まった。また、野生種染色体部分を識別するマーカーを開発した。

・新規澱粉素材については、844 系統の調査から、7 種の新規 Wx 遺伝子を見いだした。デュラムコムギ由来の Wx-A1 はアミロース含量を極めて低下させた。また、新規遺伝子を識別するための DNA マーカーを開発した。

・マーカー開発については、早生、うどんこ病、赤かび病、閉花性の分離集団を用いて、連鎖 SSR マーカーを選定した。また、小麦 A ゲノムを大麦遺伝子配列地図に対応させ、大麦ゲノム情報を小麦マーカー開発活用する基盤を構築した。

## (2) 大麦チーム

- ・精麦特性については、大麦の果種皮に特異的に存在するポリフェノール成分 (PDB3) を明らかにし、種皮マーカーとしては PDB3 およびフィチン酸が有効であることを明らかにした。
- ・炊飯麦臭については、SPME 法 (固相マイクロ抽出法) により、香気成分分析の簡便化を実現した。大麦炊飯麦臭の鍵化合物を解明した。プロアントシアニジンの有無と香気成分の関係を解明した。
- ・色相については、大麦搗精麦の黄色みの主因はカロテノイドであることを明らかにした。黄色みおよびカロテノイド含有量の保存に伴い色相が低下することを明らかにした。各育成場所の大麦品種・系統から高低カロテノイド育種素材を選定した。
- ・澱粉特性については、大麦澱粉変異体では、受粉 3 週目の澱粉粒に亀裂、崩壊が顕著であることを明らかにした。米、トウモロコシと異なるモチ性大麦澱粉の特性を解明した。
- ・ $\beta$ -グルカンについては、高 $\beta$ -グルカン系統では合成酵素活性以外に、基質となる UDP-グルコースの供給が $\beta$ -グルカン含量に影響する可能性があることを明らかにした。
- ・ $\beta$ -グルカン含量の簡易迅速測定法については、多点数の大麦穀粒 $\beta$ -グルカン含量を簡易に測定するための簡易検定手法を開発した。四国裸 97 号 ( $\beta$ -グルカン 5.7%) のアジ化ナトリウム処理による $\beta$ -グルカン変異体系統の中から、しわ粒を対象に $\beta$ -グルカン含量 15%以上の超高 $\beta$ -グルカン含量大麦系統及びノーマル粒を対象に 8%以上である高 $\beta$ -グルカン含量大麦系統を選抜した。
- ・マーカー開発については、プロアントシアニジンフリー ant28、ant25 の遺伝子を単離し、ant26、ant27 遺伝子をマッピングした。高リジン遺伝子 lys3. a の選抜用マーカーを開発した。また、雲形病抵抗性の遺伝解析に有用なゲノム全体にわたって多型を示すマイクロサテライトマーカーを見いだした。

## 3. 土壌養水分制御技術を活用した水田高度化技術の開発

地下水水位制御システム技術を核とし、その機能を長期に維持しつつ稲、麦、野菜などへの適用範囲を広げ、自給力の向上につながる生産性の高い高度集約型水田輪作体系を構築する目標に対し、地下水水位制御技術の機能管理および基盤技術の開発等の成果は得られた。ただし、当初、研究は 5 ヶ年の予定で進めていたが、行政事業レビュー等の所見を踏まえ検討した結果、事業を 3 カ年に短縮したため、水田輪作体系での評価とそれに基づく経済性評価は十分に行うことができなかった。

主要成果は以下のとおり。

### (1) 地下水水位制御技術の機能管理および基盤技術の開発

- ・地下水水位制御システム (FOEAS) 導入に適するのは、FOEAS の幹線パイプが埋設される地表下 60cm 付近に水田の地下水水位が存在する圃場、あるいはその付近の透水性が低い圃場であった。代かきや経年変化により補助孔 (弾丸暗渠) の機能が低下するが、弾丸暗渠、籾殻暗渠施工により機能が回復した。地下水水位制御下における雑草管理は、慣行栽培と基本的に同じであること、FOEAS の高い排水機能により、降雨後の耕耘作業に適する期間を拡大できることを明らかにした。

### (2) 水田の地下水水位制御を核とした高度地域輪作システムの確立

- ・FOEAS 圃場の水稻乾田直播においては、播種後早期の給水により苗立ちが向上するが、収量向上の効果は限定的で、FOEAS 圃場の乾田直播は落水後の圃場乾燥が早く、地耐力が高いので作業機の走行性が良好であった。
- ・FOEAS 圃場の麦類栽培においては、FOEAS の排水機能が湿害回避や収量改善に有効であり、通常年では地下水水位-30cm の一定制御のような給水は土壌が過湿となり、湿害による生育抑制が認められた。
- ・FOEAS 圃場の大豆栽培においては、地下水水位-30cm 制御の給水で莢数や百粒重が増大し、FOEAS 水位制御と不耕起狭畦栽培の組み合わせで増収効果が大きかった。全国の FOEAS 試験における大豆の収量は平均で約 2 割増大した。
- ・FOAS を用いた野菜作では水田転換畑の排水機能の向上に加えて、湯水期に灌漑機能を活用することにより、収量と品質を向上できた。
- ・盛夏期に定植するブロッコリーや冬季の降水量の少ない時期に栽培するタマネギについて栽培暦を作成した。FOEAS を用いたキャベツ、レタス、パレイショ、加工用トマト等の栽培では、苗の活着期に一時的に地下水水位を上げ、生育が進むにつれて-60cm まで水位を下げて制御すると生育が優れ、収量も多い傾向にあった。

・FOEAS 導入に関する経済性について、施工費が自前の場合、導入コストが 10 a 当たり年償却費 2.3 万円より少ないこと、麦・大豆の 10 a 当たり収量が FOEAS 導入した場合 10 a 当たり 30～60 kg 増収すること、単作ではなく二毛作で利用されること、などが必要なことを明らかにした。また、補助金による施工の場合、宮城県の事例では、自己負担額は 10a 当たり 1500 円で、施工後、野菜導入や大豆生産費低減により所得が上回った。

#### 4. 超低コスト作物生産技術の開発

土地利用型農業において規模拡大と生産コストの大幅な低減をめざし、耕うん、畝立て、播種の同時作業が可能な播種機等を用い、高速化や汎用利用による機械費の低減、直播栽培の導入による育苗、移植作業の省略、直播向け多収品種の導入等の技術を組み合わせた輪作技術体系を構築し、現地農家で実証を行って生産コストの半減程度を目指す目標に対し、以下のような成果を上げ、概ね目標を達成した。主要成果は以下のとおり。

##### (1) 北海道畑輪作地帯

北海道畑輪作地帯では、テンサイ、馬鈴薯とともにコムギ、ダイズと緑肥作物を組み合わせた 5 年 5 作輪作体系を構築し、テンサイとダイズの播種に汎用利用できる不耕起狭畦直播機の開発、バレイショの低価格な日本型セパレータの開発を行った。また、ソイルコンディショニング栽培にかかる労働時間は慣行栽培と比較して、圃場準備から播種及び培土までは 30% 削減、収穫作業では 70% 削減となった。

##### (2) 寒冷地 1 年 1 作水田輪作地帯

東北北部の寒冷地イネ・ダイズ 1 年 1 作地帯では、水稻のグレーンドリルを用いた乾田直播栽培と鉄コーティングを用いた湛水直播栽培技術と、ダイズの小畝立て栽培技術やチゼル型有芯部分耕播種機を開発し、生産コストを半減した。

##### (3) 寒冷地 2 年 3 作水田輪作地帯

北陸、南東北の寒冷地 2 年 3 作地帯では、エアアシスト条播機による水稻湛水直播技術、耕うん同時畝立て播種機の汎用利用によるオオムギ、ダイズ狭畦栽培技術を開発し、生産コストを約 4 割削減した。

##### (4) 温暖地乾田型水田輪作地帯

温暖地の乾田地帯では、ディスク駆動式汎用型不耕起播種機によるイネ、ムギ、ダイズの不耕起栽培体系を構築し、生産コストを 3～4 割削減した。

##### (5) 温暖地湿田型水田輪作地帯

温暖地の湿田地帯では、イネ、コムギ、ダイズの小明渠浅耕播種機による浅耕栽培体系、あるいは水稻の鉄コーティング湛水直播栽培とムギ、ダイズのトリプルカット播種機による栽培体系を構築し、生産コストを 3 割削減した。

##### (6) 暖地 2 年 4 作水田輪作地帯

九州では、効率的な水稻直播のための高速湛水直播機、ムギ用のアップカットロータリを用いた表層散播機を開発するとともに、スクミリンゴカイの忌避剤の開発を行った。生産コストを約 3 割削減した。

以上の各地域の現地実証農家において、新たに構築した輪作体系は生産コストを平均で 3 割から 5 割削減した、ただし、天候が不順の際には収量が低く、生産コストの削減率は低くなるため、安定的に生産コストを削減するためには収量性の高い品種の導入等が必要であることを明らかにした。これらの技術開発の成果は、マニュアルとしてとりまとめ、農研機構の各地域研究センターのホームページ等で公開した。

#### 5. 戦略作物等の省力・多収生産技術の開発

「戦略作物」である大豆およびソバの機械化多収栽培と水田の高度利用を可能にする技術を開発するため、品種育成と栽培技術を開発するという目標に対し、大豆の多収技術の開発など、目標どおりの成果が得られている。主要成果は以下のとおり。

##### (1) 草型改良と無培土栽培を組み合わせた大豆の多収技術の開発

大豆では、密植栽培による多収化を目的に、長葉・短莖、無限伸育型などの草型改変系統を開発するとともに、品種に対応した栽培技術を検討し、以下の成果を得た。

- ・晩播狭畦密植栽培において耐倒伏性で高収量の無限伸育型系統「東北 175 号」を開発した。
- ・「作系 115 号」と「東北 164 号（あきみやび）」は密植栽培で倒伏が少なく、北陸地域の晩播狭畦栽培に適することを明らかにした。
- ・難裂莢性戻し交雑系統は機械収穫ロスが少なく多収であることを、2カ年の現地試験で実証した。
- ・密植適性があり、豆腐加工適性にも優れる長葉短莖系統「九州 161 号」は、新品種候補として検討中である。
- ・暖地における「サチユタカ A 1 号」の早播き狭畦密植栽培は、抑草効果が高く、省力・低コストの安定栽培技術であることを明らかにした。

#### (2)密植栽培による多収化を支える基盤技術の開発

- ・密植栽培において問題となる立ち枯れ性病害抵抗性の素材開発では、茎疫病の噴霧接種により抵抗性遺伝子の有無を簡易検定する方法を開発し、日本で効果が期待できる Rps1d 類似の真性抵抗性をフクユタカが保持することを明らかにした。
- ・農家現地圃場における黒根腐病抵抗性の品種間差を検定すると共に、ポット栽培による接種法を開発した。

#### (3)機械収穫に適したソバ品種の開発

機械収穫適性の向上と、作期分散による安定多収を可能にする技術として、

- ・難脱粒性の有望系統「GF4」を開発し、転換畑現地圃場においてコンバイン収穫の損失軽減効果を実証した。
- ・「さちいずみ」の播種期移動の可能性を熊本県、鹿児島県、大分県の現地圃場で実証し、新たな作期の可能性を提案した。
- ・QTL 解析によって確認された日長反応性候補遺伝子の DNA マーカーを開発し、育成集団で遺伝子型と登熟期の関係を確認した。

#### (4)ソバー大豆の機械化輪作栽培技術の確立

寒冷地と暖地におけるソバー大豆輪作を支える技術として、

- ・チゼルプラウシーダによる、大豆・ソバの省力的な狭畦密植栽培技術を確立した。
- ・春播ソバー大豆輪作で問題となる漏生ソバの除草剤による防除効果を明らかにした。

### 6. 水田最大限活用のための低コストな用排水機能管理・最適化技術の開発

高度化された水田群への安定した用水供給と排水制御を実現し、老朽化・劣化が進行している既存水利施設（※6）の用排水機能を確保するために戦略的かつ低コストな保全管理に関わる技術開発等の目標に対して、鉄筋コンクリート・高分子など材料特性および地盤特性を考慮した既存水利施設の劣化メカニズムの解明と水利施設の高精度な劣化予測手法の開発等、目標どおりの成果は得られている。主要成果は以下のとおり。

#### (1)老朽化・劣化の進行した水利施設の用排水機能の戦略的な保全管理に関わる技術開発

- ・摩耗が発生した RC 開水路を模擬した RC 梁供試体試験を実施し、摩耗による断面欠損深さに比例して水路の耐力が低下することを明らかにした。また、RC 開水路の中性化予測に必要な中性化深さの実測を行い、開水路の 1 スパン内における中性化深さの空間的なばらつきが大きいことを明らかにした。
- ・FRP パイプの室内曲げ試験から、パイプ内面に発生する亀裂は、管頂・管底に発生しやすく、亀裂は、FRP パイプの樹脂層とガラス繊維層の境界部を起点として生じ、パイプ内面に向かって進展していることを明らかにした。
- ・数種類の土質材料について静的三軸試験および繰返し三軸試験を行い、繰返し载荷に伴う土質材料の強度及び変形特性の変化を明らかにした。
- ・クリンカ細骨材をモルタルに使用することにより、山砂を用いた場合に比べて、乾燥時の逸散水量が小さく、収縮量も同程度の緻密なモルタルが得られることを明らかにした。このモルタルに短繊維を混入し、0.02mm 程度の微細ひび割れを多数発生させたところ、水中養生を行うことで明瞭な自己治癒機能が確認され、農業用水路の補修材料として有望であることが示された。
- ・表面被覆材料の現地調査を行い、長期供用された開水路の表面被覆材料の付着強度の経時的変化について分析した。また、施工条件および人工的な浮が表面被覆材料の劣化現象解明に与える影響を解明するために、室内温冷繰返し試験を実施した。

(2) 高度化された水田群の最大限活用のための事業地区規模での用排水の最適管理に関わる技術開発

- ・ほ場単位での用水量（水稻作、大豆作）、および比較的多量の降雨時の排水量（麦作、水稻作、大豆作）について観測データを取得し、分析中である。
- ・対象とする地区情報を反映した用水路網モデルおよび排水路網の計算モデルを概ね作成したところである。

**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)

現在、開発した新品種の普及に向けて、新品種や開発技術の紹介を行っているほか、生産局の事業とも連携しながら、種苗供給体制の整備、必要な機械や施設などの導入支援などを通じ、生産現場への支援を進めている。

水田の高機能化を活かして、高品質の畑作物を安定的に生産することにより、国産の畑作物の利用を促進し、食料自給率の向上に貢献する。また、生産者の経営にあわせて水稻、麦、大豆、そば、なたね等を選択し、農作業の分散化や機械の汎用利用を進めることにより、競争力のある経営体の育成に貢献する。

以上のことから、本研究が社会・経済などに及ぼす効果とその実現に向けた研究成果の普及・実用化の道筋の明確性は高い。

**4. 研究推進方法の妥当性**

**ランク：A**

(理由)

計画の妥当性：

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した。

研究開始後においては、外部有識者4名、24年度の課題拡充に伴い同有識者を2名増やし、計6名と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、これまでに16回（年間4回程度）開催し、適切な進行管理を行ってきた。具体的な実施内容は以下のとおりである。

課題①の高品質な冬作物の開発については、地域毎に継続的な取組が必要なことから、24年度以降もほぼ同じ研究体制で推進した。一方、品種育成を支援する課題②の冬作物の高品質化に資する基盤技術の開発については、当初の目標を概ね達成したと判断して24年度で計画を終了した。課題③の土壤養水分制御技術を活用した水田高度化技術の開発については、23年度から24年度にかけて個別解明課題を整理し、現地実証型のチーム編成（課題数は平成23年63課題→平成24年55課題）に切り替えて推進し、さらに概ね一定の成果が得られたと判断して24年度で計画を終了した。課題⑤の戦略作物等の省力・多収生産技術（※7）の開発については、予算の効率的な運用を図るために、24年度から25年度にかけて課題を絞り込み10課題から8課題に整理した。

研究推進体制の妥当性：

研究開始当初、課題①の冬期の水田活用を促進する高品質な冬作物品種の開発と課題②の冬作物の高品質化に資する基盤技術の開発は、効率的な研究推進のため推進会議や現地検討会を共同開催して、最新の情報の共有を図った結果、実際の品種育成に利用可能なDNAマーカーが開発され、「せときらら」などのDNAマーカーを効率的に利用した品種が育成された。

課題①と課題⑤は、冬作物と夏作物の技術開発を目的としていることから、25年度は双方の成果を活用した輪作体系を構築することを目指して、「国内農産物の革新的低コスト実現プロジェクト」において一体的に試験を行っている。

課題⑥の水田最大限活用のための低コストな用排水機能管理・最適化技術の開発については、事業地区規模での試験を中心に行い、現場の技術者向けのマニュアル作成、広域用排水の管理運用手引きを作成できる研究推進体制とした。

予算の規模や配分の妥当性：

品種育成や技術の開発の進捗状況を勘案し、研究開発の当初は個々の研究単位に予算を配分したが、技術開発の完成程度に応じて、技術をパッケージとして課題を再構成して予算を配分した。途中、24年

行政事業レビュー公開プロセス等の指摘を受けて予算規模を縮小したが、上記のように課題の進捗状況や全体の構成に配慮しつつ、課題を整理し、効率の良い予算の配分に努めた。

以上のように、行政ニーズと研究シーズの両面から、投入される研究資金及び研究期間、研究推進体制、研究課題構成等を適宜見直し、研究の効率的な推進を図った。

以上のことから、研究推進方法の妥当性は高い。

- (注) 1. 「ランク」の欄には、本要領の別表2-4に定める評価項目ごとの評価基準（S・A・B・C）の中で最も近いと考えられるものを選択し、記載。
2. 評価個票の記述の中で引用した情報・データについては、その出典（引用文献、URL等）を明記すること。また、専門用語については、適宜注釈を加えること。
3. 様式に記載している注意事項（青字）は提出時に削除すること

【総括評価】	ランク：A
<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>	
6次産業化への対応に向けて我が国の農政上必要な取組であり、効率のよいプロジェクト運営が行われており、全体的に順調に進んでいる。国産農作物は国内メーカーに潜在的な需要があり、生産性・品質の向上が重要である。	
<b>2. 今後検討を要する事項に関する所見</b>	
実用化に向けて各課題で創出された成果を融合させ、委託プロジェクト成果の価値の最大化を図る必要がある。	

[課題名] 水田の潜在能力発揮等による農地周年有効活用技術の開発

用語	用語の意味	※番号
冬作物	冬の間には生育し、春から夏にかけて収穫する作物。小麦・大麦・なたね等。	1
戦略作物	食料・農業・農村基本計画（平成22年3月閣議決定）において、水田を活用して食料自給率の向上等を実現するための作物として生産拡大が定められている、麦、大豆、そば、なたね、米粉用米、飼料用米、WCS（ホールクロップサイレージ）用稲、飼料作物。	2
用排水管理	取水施設から農地へ必要な用水を配分し、過剰な用水を下流側へ排水させる水管理。湛水する「水田」と過剰な水を排水する「畑」を両立させ、作目・作付期ごとに必要十分な用水を供給し生産性を向上させるためには、事業地区レベルでの用水と排水の一元的な管理の高度化が求められている。	3
輪作	畑作では、単一作物を一箇所で連続して作り続けると、土壌病害の発生等により、次第に生産性が低下する現象、連作障害が発生することから、連作障害の発生を防ぐため、いくつかの異なる作物を同じほ場において作り回す栽培法のこと。連作障害の回避に有効である反面、単一作物の連作に比べて多くの面積と作物ごとに異なる栽培技術の習得が必要となることから、効率的に運用する工夫が必要になる。	4
耕地利用率	耕地面積を100とした作付延べ面積の割合（耕地利用率（％）＝作付延べ面積÷耕地面積×100） 例えば、1年1作は100%、2年3作は150%、3年5作は167%、2年4作は200%となる。	5
水利施設	農業用水を供給し、また排水するための施設であり、開水路、パイプライン及びポンプ等の付帯施設が該当する。農業用排水路の総延長は約40万kmであり、水田の生産性向上に直結する末端水路が約9割を占める。末端施設は小規模のものが多く、施工条件が異なり（基礎が簡便、無筋コンクリートの使用など）、劣化条件も大規模施設とは異なる。また、管理主体が土地改良区（農家）であり、より簡易で低コストな診断、補修・補強技術の確立が必要となる。	6
省力栽培技術	通常の栽培技術と比較して、機械化、作業の簡略化（回数・工程）により、労働時間の短縮や資材費の削減を狙った栽培技術。省力化と合わせて、通常の栽培方法と同等かそれ以上の収量や品質が求められる。	7

## 水田の潜在能力発揮等による農地周年有効活用技術の開発

【325（448）百万円】

### 対策のポイント

小麦、なたね等の冬作物の高品質化技術、水田の高度化技術、戦略作物等の生産性向上技術等の農地の周年有効活用に係る研究開発を実施します。

### <背景／課題>

- ・食と農林漁業の再生推進本部で決定された「我が国の食と農林漁業の再生のための基本方針・行動計画」において、「食料・農業・農村基本計画」（平成22年3月30日閣議決定）に基づく食料自給率50%の達成等を目指していくとされたところです。
- ・このため、戦略作物の生産拡大と水田の汎用化による農地の有効活用を目的として、パン・中華めん用小麦等のニーズに応じた多様な品種の開発や、湿害回避等の水田高度化技術の開発、水田における大豆、そば等の生産性向上技術の開発を進める必要があります。

### 政策目標

- パン・中華めん用小麦等の高品質な冬作物品種を10以上開発
- 大豆、小麦等の湿害回避技術を開発
- 大豆、そば等夏畑作物の生産性向上技術を開発
- 事業地区レベルでの水田群への安定的な水供給技術を開発

### <主な内容>

#### 1. 冬作物の高品質化技術の開発

現在国産シェアが1%程度のパン・中華めん用途向けの高品質小麦や、なたねの生産拡大に向けた暖地向けなたね等の冬作物品種を開発し、冬期の農地の有効活用の促進を図ります。

#### 2. 生産性の飛躍的向上に資する水田高度化技術の開発

水田に特有な湿害等の問題を回避し生産力を最大限に高めるために、土壌の養水分制御技術等を活用した水田の高度化技術を開発するとともに、高度化ほ場を活用した作物生産技術体系を確立します。

#### 3. 戦略作物等の省力・多収生産技術の開発（拡充）

大豆、そば等において、多収性や機械化収穫適性を備える品種、及びそれら品種の特性を水田において発揮できる多収栽培技術を開発します。

#### 4. 水田最大限活用のための低コストな用排水機能管理・最適化技術の開発（拡充）

高度化した水田を最大限に活用するため、低コストで既存水利施設の用排水機能を回復・保全する技術、事業地区レベルでの用排水機能の管理・最適化技術を開発し、広域的に安定した水供給を可能にする技術を確立します。

（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）

（03-6744-2214（直））]

# 水田の潜在能力発揮等による農地周年有効活用技術の開発

## 背景

我が国の食料自給率は40%  
水田の耕地利用率93%  
水田約250万haの内、冬期の作付けは約20万ha

農地の周年有効活用を可能にし、さらに、生産性を向上させることで、食料自給力を強化する必要

## 研究内容

- 水田冬活用:「冬作物の高品質化技術の開発」
  - 一 麦、なたね等の冬作物を高品質化し、水田の冬期の作付け拡大を図る
    - ・パン・中華めん用の高品質小麦品種の開発
    - ・暖地向けなたね品種の開発及び輪作体系の構築
- 水田の装置化:「生産性の飛躍的向上に資する水田高度化技術の開発」
  - 一 湿害等の水田特有の問題を克服し、生産性の飛躍的向上を可能にする
    - ・土壌水分や養分の制御技術の開発
- 戦略作物等の生産性向上:「戦略作物等の省力・多収生産技術の開発」(拡充)
  - 一 戦略作物等の安定多収生産と省力化・生産コスト削減を可能にする
    - ・大豆等の草型改良による多収品種の開発とその能力を活かした省力栽培技術の確立
- 広域水田群の水管理:「水田最大限活用のための低コストな用排水機能管理・最適化技術の開発」(拡充)
  - 一 事業地区レベルでの安定的な水供給により水田の生産性拡大を図る
    - ・高度化した水田に対応した、低コストな既存施設の保全と性能回復、広域的な用排水機能の管理・最適化技術の確立



製パン性の向上

パン用小麦の高品質化

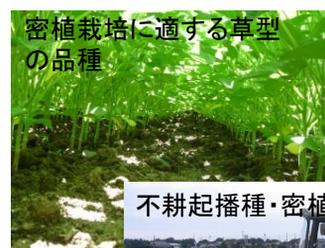


暖地向けなたね品種



制御有り 無し

土壌水分制御による大豆の生産性向上



密植栽培に適する草型の品種

不耕起播種・密植栽培



多収・省力栽培に適する品種と栽培技術

- ・麦類、なたね等の冬作物の高品質化により、冬期の作付け拡大を促進: **耕地利用率向上**
- ・ほ場の高度化による新たな水田農業システムの構築により、耕地利用を高度化(温暖地: 2年3作→2年4作、3年5作): **高い土地生産性**
- ・省力・低コスト・多収生産技術の確立により、戦略作物等の生産性を向上: **高い労働生産性**

**我が国農業の競争力と食料自給力の強化に貢献**

## 国産農産物の革新的低コスト実現プロジェクト

【468（1,131）百万円】

### 対策のポイント

米粉用米や超多収飼料用米等の加工適性に優れ、収量性の高い品種の育成と土地利用型農業や施設園芸における低コスト生産技術の開発を行います。

### <背景/課題>

- ・食料・農業・農村基本計画の目標である食料自給率50%を達成するためには、外国産への依存度の高い加工原料用農産物等について、国産への需要代替を図ることが不可欠です。
- ・このためには、加工適性に優れ、収量性の高い品種の育成と低コストな生産技術の開発を一体的に実施し、実需者ニーズに応じた国産農産物の革新的な低コスト・省力生産体系を構築することが必要です。

### 政策目標

- 土地利用型農業における労働コストを半減するとともに、輸入品の加工需要を10万トン程度代替
- 施設園芸の農薬使用量30%、電照栽培の電力消費量70%削減
- 飼料用米の生産コストを40%削減

### <主な内容>

1. 土地利用型農業における高加工適性品種の育成と低コスト生産技術の開発  
米粉用品種、パン・中華めん用小麦品種等、用途に応じた高い加工適性を有する品種を育成するとともに、土地利用型農業における自動農作業体系化技術等を開発します。
2. 植物工場等園芸技術の省エネ・省力・低コスト化  
生物の光応答メカニズムの解明による省エネ・コスト削減技術、施設園芸における高度環境制御技術、作業軽労化のための農業用アシストスーツを開発します。
3. 超多収飼料用米の育成と低コスト飼料生産技術の開発  
超多収飼料用米・飼料作物品種、稲・麦二毛作体系を基軸とした効率的飼料生産技術、飼料用米多給を中心とした自給飼料利用技術を開発します。

（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統括官（食料戦略、除染）  
（03-6744-2214（直））

# 国産農産物の革新的低コスト実現プロジェクト

## 背景

我が国の食料自給率は39%と低い水準にある。国産農産物のシェア拡大には、用途に応じた適性品種を育成するとともに革新的な低コスト・省力生産技術を開発し、生産コストの大幅な削減と耕地・施設の高度利用による生産の効率化を推進する必要がある

土地利用型農業における高加工適性品種の育成と低コスト生産技術の開発



トラクター、コンバインのロボット化

- ・国産品シェアの拡大に必要な高加工適性品種の育成
- ・無人トラクター等による農業自動化

食料・農業・農村基本計画の目標、食料自給率50%、耕地利用率108%に貢献

- ・米粉適性品種、パン・中華めん用小麦等の品種育成
- ・農業自動化システムによる抜本的省力体系を構築する

農業自動化システムによる低コスト・省力体系

水田の高度利用による生産拡大      アシストスーツによる軽労化

超多収飼料用米の育成と低コスト飼料生産技術の開発



- ・飼料米・飼料作物の品種育成
- ・自給飼料利用技術の開発

食料・農業・農村基本計画の目標、飼料自給率38%に貢献

- ・超多収飼料用品種育成、稲麦二毛作体系による生産拡大
- ・飼料米多給技術を開発し、自給飼料の利用拡大に貢献する

植物工場等園芸技術の省エネ・省力・低コスト化



- ・園芸作物生産の効率化
- ・LED照明を利用した高度環境制御技術の開発
- ・農業用アシストスーツによる軽労化

食料・農業・農村基本計画の生産数量目標、野菜1308万tに貢献

- ・施設園芸における高度環境制御技術を開発し、生産効率化に貢献する

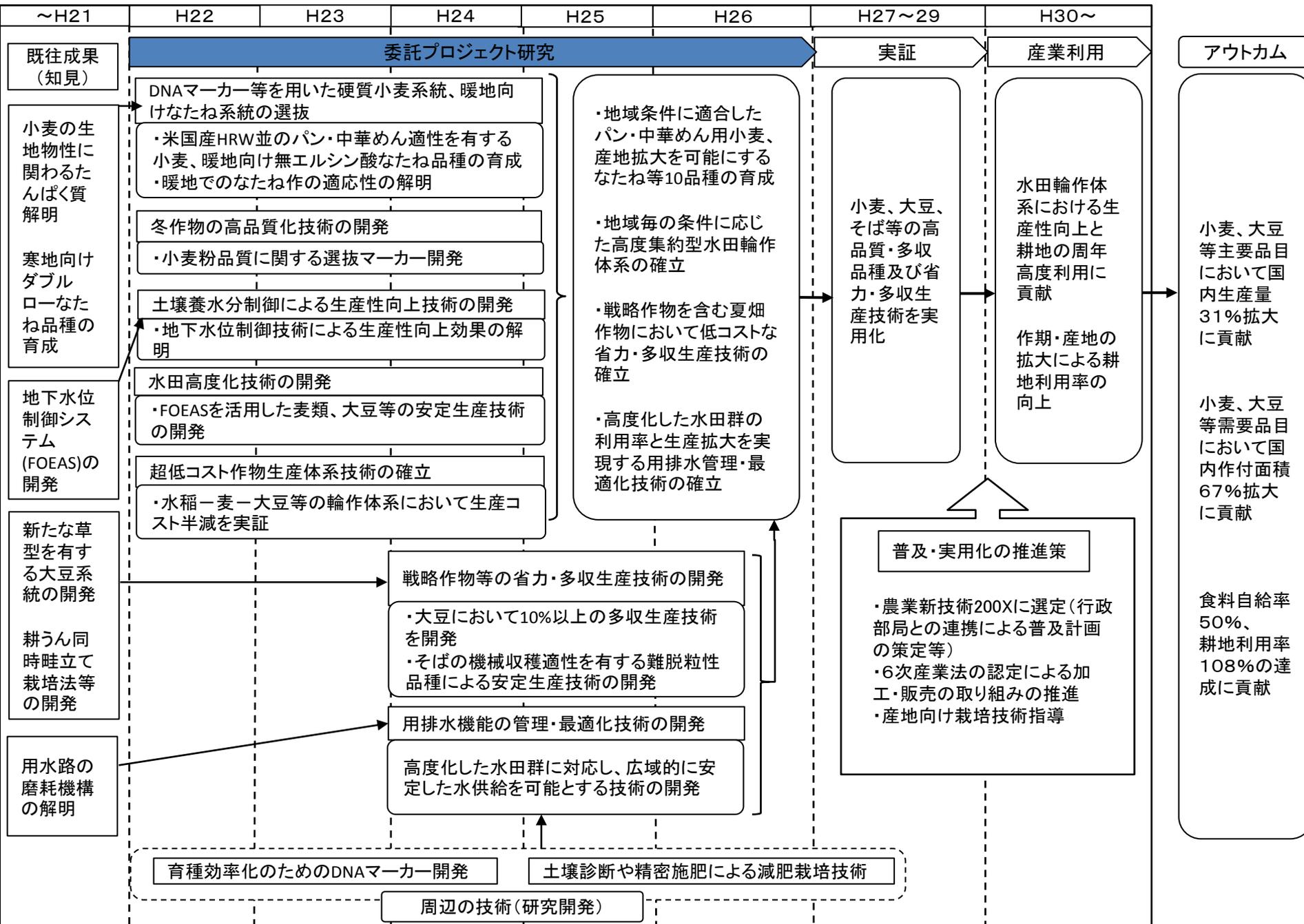
生産コストの大幅削減・省力化

耕地・施設の高度利用による生産の効率化

国産農産物シェア拡大



# 水田の潜在能力発揮等による農地周年有効活用技術の開発

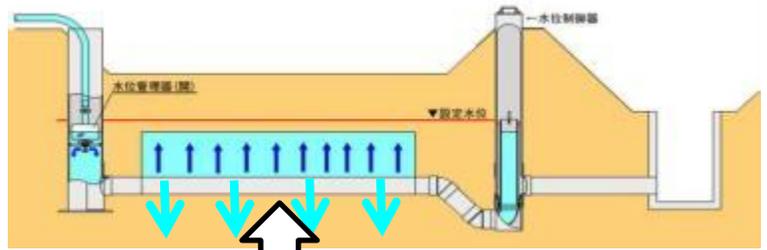




# 水田最大限活用のための低コストな用排水機能管理・最適化技術の開発 水田活用を促進する高品質な畑作物品種の育成と生産技術の開発

- FOEAS（地下灌漑排水システム。地下水位を調節し作物の生育を調節する圃場施設）施工の可否を決める際の、土壌の透水条件を明らかに。
- 大豆の安定生産のため、各地域の気象条件に合わせた播種技術を開発。  
例）小畝立て播種機 比較的湿害条件の軽微な東北地域を対象とし、排水性を改善しつつ作業効率の高い播種機。約10%の増収効果（287→319 kg/10a）を確認。

## FOEAS導入条件の解明



地下への漏水はFOEAS施工時の懸案事項

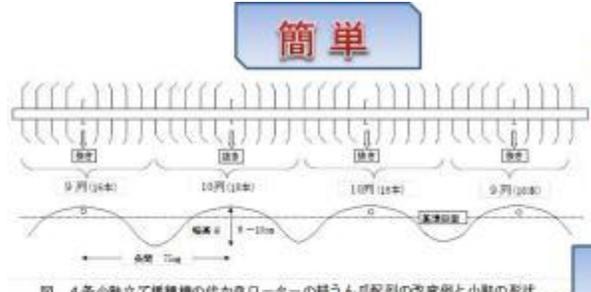
穴を掘ってみてグライ層（青みがかった水を通さない層）の有無を確認

施工ほ場の地下にグライ層がなければ土壌の透水性を確認する必要あり。

※安定した地下かんがいの目安は 土壤への浸透速度が **約10mm/日以下**

## 小畝立て播種機による大豆の湿害回避技術の開発

ロータリー作業機の刃の向きを変更、土が集まるように飛ばして畝立て



速い



増収



小畝立て

慣行

- ・既存の耕耘機の刃の向きを変更するだけで畝立て(左上)
- ・畝立て、同時播種により作業効率の改善(右上)
- ・畝立て栽培により、種まき時期(梅雨期)の湿害を回避(左下)

# 水田活用を促進する高品質な畑作物品種の育成と生産技術の開発

○ 基幹品種に難裂莢性を導入した大豆品種「サチユタカA1号」の収穫損失軽減効果を現地実証。  
 西日本の主力品種「サチユタカ」は裂莢し易く、刈り遅れなどで種子がこぼれて収量が減少する。「サチユタカA1号」は、DNAマーカーを利用して「サチユタカ」に難裂莢性遺伝子を導入した品種であり、品質特性は安定した実需ニーズのある「サチユタカ」とほぼ同じで、圃場における裂莢が少なく、刈り遅れや機械収穫による収量の低下を最小限におさえることができる。

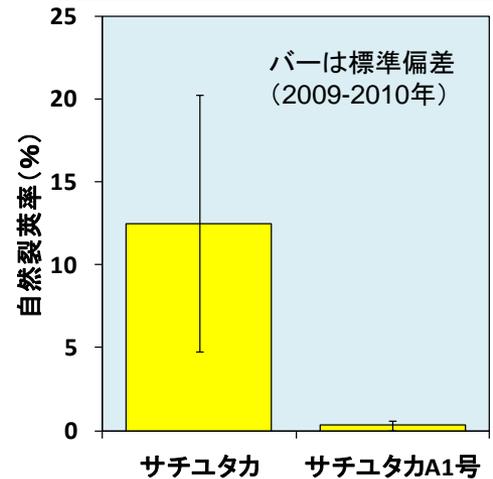


裂莢性



難裂莢性

成熟後1ヶ月間圃場に放置した場合の自然裂莢率



60℃で3時間加熱した莢の裂莢程度



サチユタカ

サチユタカA1号

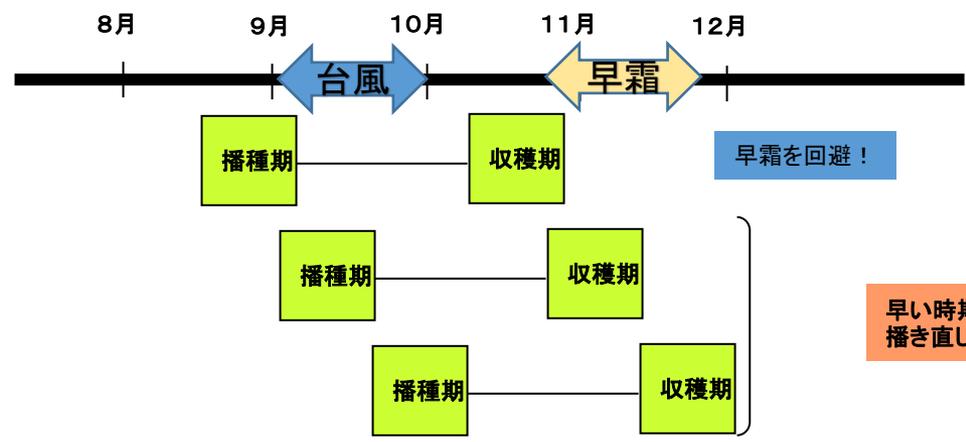
サチユタカA1の特性

品種	成熟期 月.日	主茎長 cm	百粒重 g	タンパク 含量%	子実収量 kg/a	同左 比率%
サチユタカA1号	10.26	61	30.1	45.4	32.7	106
サチユタカ	10.26	62	30.1	46.8	31.2	100

# 水田活用を促進する高品質な畑作物品種の育成と生産技術の開発

## ○暖地向け秋ソバ新品種「さちいずみ」を用いた播種適期拡大技術

夏まき栽培用に開発された「さちいずみ」は多収で栽培期間が短く、早めの播種による収穫期の前進や、早霜害の回避が可能である。また、初期生育不良時の播き直しや晩播が可能になるので、作期の分散や生産の安定化に寄与できる品種である。熊本、鹿児島、大分で、播種期を拡大した現地実証試験を行い、晩播での増収効果を明らかにした。



左:さちいずみ、  
中央:常陸秋そば  
右:鹿屋在来(対照)

表 秋まき播種期試験 (九沖研・熊本県合志市 2013年)

播種日	系統名	登熟期	生育日数	草丈(cm)	主茎長(cm)	1次分枝数(本)	主茎節数(節)	10a当収量(kg)
8月7日	鹿屋在来	11月10日	95	120.7	118.3	4.2	14.2	115.2
	常陸秋ソバ	10月15日	69	103.0	98.8	5.0	12.3	61.1
	さちいずみ	10月7日	61	85.8	75.0	3.3	10.0	137.5
8月21日	鹿屋在来	11月13日	84	67.2	65.3	3.0	8.5	73.9
	常陸秋ソバ	10月27日	67	57.8	55.3	3.2	7.8	50.2
	さちいずみ	10月25日	65	57.3	56.5	2.5	7.0	44.9
9月4日	鹿屋在来	11月26日	83	68.5	68.5	3.0	8.3	103.0
	常陸秋ソバ	11月5日	62	58.7	57.3	2.7	7.2	61.0
	さちいずみ	11月5日	62	58.2	58.2	3.3	7.3	59.8
9月18日	鹿屋在来	11月26日	69	67.8	65.8	2.2	7.5	64.9
	常陸秋ソバ	11月26日	69	69.3	66.2	2.5	7.8	109.0
	さちいずみ	11月26日	69	58.2	57.3	1.8	7.2	102.5

表 さちいずみの草姿

論文数等共通事項調査票

(平成25年12月31日調査時点)

事業名	水田の潜在能力発揮等による農地周年有効活用技術の開発					
実施期間	平成22～26年度			評価段階	終了時	
予算額 (百万円)	初年度 (22年度)	2年度目 (23年度)	3年度目 (24年度)	4年度目 (25年度)	5年度目 (26年度)	総合計
	601	448	325	117	31	1,522

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	74	16	0	11	39	228

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研程度)のみを記載)

①査読論文

- ・nishio Z et al(2013),Influence of Higher Growing Season Temperatures on the Yield Components on Winter Wheat (Triticum aestivum L.),Crop Science,53-2
- ・谷口義則ら(2013),寒冷地向け超強力小麦新品種「銀河のちから」の育成,東北農業研究センター研究報告115
- ・那須田周平(2012),コムギ遺伝資源の持つ表現型・遺伝子型多型の評価:ゲノム情報活用の現状と題,Techno Innovation,21-4
- ・松本浩一ら(2013),汎用化水田の導入による水田作経営の展開可能性—地下水位制御システム導入の経営的評価—,農業経営研究,51(2):25-30
- ・若杉晃介ら(2013),食料自給率向上に資する地下水位制御システムおよびGPSレベラーの普及:農業農村工学会誌 81(10), 789-792
- ・中村一要ら(2013)改良型アップカットロータリによるオオムギあとダイズの耕うん同時畝立て狭畦栽培技術の確立と実証.富山県農総七農研報5.7-15
- ・内川修ら(2013)土壌水分が異なる水田転換畑および狭畦での大豆栽培におけるディスク式中耕除草機の中耕培土性能.福岡農総試研報. 32:13-15
- ・山田哲也ら(2013),DNAマーカーを利用した連続戻し交雑による難裂莢性および早晩性改変大豆系統の育成、作物研究所研究報告 14. 13-22
- ・中谷敬子ら(2013),シロザ, オオイヌタデ, アメリカセンダングサ種子の発芽特性に及ぼす短期湛水処理の影響,雑草研究58-1
- ・高木強治ら(2013),小排水路の下流端構造に関する一考察,農業農村工学会論文集,283

②③④(国内外)特許権等出願・品種登録

- ・小麦品種「みのりのちから」2012-27433
- ・小麦品種「せときらら」2012-27569
- ・二条大麦品種「はるか二条」2012-27568
- ・大麦品種ハルヒメボシ2012-26868
- ・大豆品種サチユタカA1号2012-27287
- ・「直播管及び湛水直播装置」特願2010-3289
- ・「湛水直播装置」特願2010-32895
- ・「土壌処理機」特開2008-43261
- ・「石礫除去機」特開2011-217741
- ・「耕耘同時施用機」特開2011-223955

#### ⑤プレスリリース

- ・日本めんだけでなく菓子等にも使える小麦新品種「ちくごまる」(平成24年5月7日、独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構)
- ・多収で穂発芽と萎縮病に強い二条大麦新品種「はるか二条」(平成25年4月3日、独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構)
- ・「地下水位を簡単測定」平成25年11月6日 日本農業新聞14面
- ・「畑作物の収量安定化に 栽培マニュアルを作成」(平成24年4月5日、岩手日日新聞)
- ・「小畦立て播種技術を普及 湿害対策に手引き書」(平成24年6月14日、日本農業新聞)
- ・「広がる大豆小畦立て播種栽培 湿害防ぎ増収 初期生育良く管理が楽」(平成24年8月9日、日本農業新聞)
- ・「麦・大豆畝立て播種 ディスク式中耕除草機改良」(平成25年10月8日、日本農業新聞)
- ・「水稲無代かき栽培後の狭畦密植栽培で安定多収」(平成24年4月11日、農業共済新聞)
- ・「水稲無代かき湛水直播＋大豆無培土湿田での輪作確立 秋田県農試 排水・砕土性を向上」(平成24年10月16日、日本農業新聞)
- ・「地下水位を簡単測定」平成25年11月6日 日本農業新聞14面

#### 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)

- ・東北ソバフォーラム「機械及び品種を組み合わせた輪作体系の確立」(平成25年9月18日、滝沢ふるさと交流館)
- ・長崎県土地利用型作物推進研修会 話題提供「大豆300A技術について」(平成25年7月9日 諫早市L&Lホテルセンリュウ)
- ・水田農業を元気にする新技術等普及戦略検討会「小畦立て播種栽培技術マニュアル」(平成24年1月26日)
- ・「耕うん同時畝立て播種栽培講習会」(平成25年6月、JA松本ハイランド)
- ・新潟県現地指導「地下水位測定方法の実践指導」(平成24年7月23日)
- ・平成24年度農研機構シンポジウム「大豆低収の打破 高位安定化への道」(平成24年12月6日)
- ・大豆作用機械化一貫体系に関する現地セミナー(平成25年10月10日)
- ・大分県農林水産祭(農林部門)(平成25年10月26日、27日、別府公園)－FOEAS耕などの模型を展示し、地下灌漑システムの研究を紹介
- ・平成25年度農村工学実用新技術説明会(地下水位制御システムFOEAS、平成25年10月22日)
- ・「土器川試験区間現地調査研究会」実際の開水路を対象に各種点検・診断を行い、最新の測定方法を公報するとともにそれぞれの測定法の現場適用に関する問題点、課題について意見交換を行った。(平成25年12月11日、香川県まんのう町)

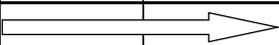
#### その他(行政施策等に貢献した事例)

- ・JATAFFジャーナル(農林水産・食品産業技術振興協会)「硝子率が低く精麦品質の優れるはだか麦新品種「ハルヒメボシ」(平成25年6月)
- ・第12回国際コムギ遺伝学シンポジウムポスター発表(平成25年9月10日)
- ・めん用小麦の新品種「さとのそら」平成25年度農林総合研究センター成果発表会(平成25年11月20日)
- ・「播種深度がコムギ品種「さとのそら」の生育、収量に及ぼす影響」作物学会関東支部会(平成25年12月6日)
- ・米麦改良／全国米麦改良協会「アミロースが減少した小麦の開発と遺伝子要因」(平成25年6月)
- ・研究ジャーナル 9月号「意欲ある経営体による圃場の大区画化と直播技術の導入」(平成24年9月)
- ・平成26年版「農業日誌」「プラウ耕・グレーンドリル播種体系の水稲乾田直播」(平成25年10月)
- ・植物病理学会「ダイズ茎疫病の真性抵抗性の判別のための噴霧接種法と胚軸接種法の比較」(平成25年3月27-29日)
- ・北日本病害虫研究会「2012年の新潟県におけるダイズ黒根腐病の発生状況」(平成25年2月14-15日)

#### 今後予定しているアウトリーチ活動等

- ・「平成25年度 主要農作物生産振興研修会」(平成26年1月、長野県松本合同庁舎)

## 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>	農作業の軽労化に向けた農業自動化・アシストシステムの開発 (25年度に「国産農産物の革新的低コスト実現プロジェクト」に組替・再編)			<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>	食料産業局新事業創出課 生産局農産部穀物課 生産局農産部園芸作物課 生産局農産部地域作物課 生産局農産部技術普及課
<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>	H22～H26（5年間）
				<b>総事業費（億円）</b>	10億円（見込）

### 研究課題の概要

農業現場では農業者の大幅な減少や高齢化が進展している。我が国農業の持続的発展を図るためには、きつい、危険な農業の労働環境を改善していく必要がある。本研究では、農作業の負担軽減をする農作業ロボットやアシストスーツ（※1）、施設園芸（※2）における高度環境制御技術等の開発を行う。また、篤農家（※3）がもつ技能を継承するシステムを開発する。

<課題①：自動農作業の要素技術開発>

稲麦大豆作等土地利用型農業（※4）における自動農作業体系化技術を開発する。（継続：平成22～26年度）

<課題②：高度環境制御技術の開発>

施設園芸における高度環境制御技術を開発する（継続：平成22～26年度）

<課題③：農業用アシストスーツの開発>

軽量で不整地に対応した全天候型、装着型スーツを開発する。（継続：平成22～27年度（注））

<課題④：小型ロボットによる畦畔（※5）除草等自動化技術の開発>

急傾斜斜面で作業可能な除草ロボットを開発する（課題①に統合：平成22～24年度）

<課題⑤：農家の作業技術の数値化及びデータマイニング手法の開発>

センサ等を用いた各種情報の数値化、統合化、可視化技術を開発する（継続：平成22～26年度）

<課題⑥：超省力施設園芸生産技術の開発（研究終了：平成22～23年度）>

環境制御、多収生産技術により、収量増加、労働時間を削減する。

注：本課題は、26年度に終了する予定であったが、研究目標を超える成果が得られていることから、26年度予算要求において拡充要求を行い、アシストスーツの様々な品目や適用場面での実証試験等を実施するため、研究期間を27年度まで延長する。

### 1. 委託プロジェクト研究課題の主な目標

①航法システムや各種センサのプロトコルを共通にして低コスト化を図るとともに、作業履歴を記録・蓄積して活用可能な、GISを基盤としたロボット作業管理システムを開発する。さらに、技術パッケージを導入したモデル地域を設定して実証試験を行い、経済性評価を行う。これらにより、稲麦大豆の全栽培期間で耕うん、整地、播種、施肥、防除、除草、収穫等の一連の作業をロボットによって安全に遂行できる農作業ロボットシステムを開発する。

②我が国の優れた産業技術であるセンシング技術、ロボット技術、空調技術等を応用し、高度環境制御技術、低コスト・安定生産技術、軽労化技術等、次世代型施設園芸（植物工場）の普及・拡大に必要な要素技術を開発し、体系化する。

③大型の農業機械が入りにくい山間部が多い我が国の農地に適し、現在手作業で行っている様々な農作業を2分の1から3分の1程度軽労化する農業用アシストスーツを実用化する。具体的には、軽作業（～5kg）のミカン・柿・桃・ブドウ・梅等の果物の上向き姿勢での摘花・摘果・袋かけ・収穫作業や傾斜地での歩行、また重作業（10～30kg）の米袋・収穫物コンテナ等の持ち上げ運搬作業や大根・キャベツ等の重量野菜の中腰姿勢での収穫作業のアシストを実現する。

④中山間地の棚田や段畑内および急傾斜法面において、人の判断を介さずに無人作業が行える小型除草ロボットの開発、畦畔の植生転換、作業計画へのGISの利用などの開発を行うとともに、集落単位での管理体系の実証を行うことにより、小型除草ロボットを継続的に運用できるシステムを構築する。	
⑤農作業情報、環境情報、生体情報の連続計測・データベース化、さらにこれらの情報の統合化・可視化を可能にし、熟練農作業ノウハウの抽出および継承を支援する実用的なシステムおよび手法を開発する。これにより、高度な農業技術の次世代継承を加速し、また農業者に対する適時的確なアドバイスの提供を可能にする。	
⑥細霧冷房・循環扇・遮光の合理的運用マニュアルを作成し、ユビキタス環境制御システムの運転ソフトウェアとして提供する。トマトでは、低段密植栽培により、房採り自動収穫が可能な省力多収生産システムを開発し、収量40t/10aを達成する。イチゴでは、吊り下げ式ベンチと少量培地耕、クラウン温度制御により、周年多収生産システムを開発し、収量10t/10aを達成する。	
<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（H32年）</b>	
	<b>備考</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>・土地利用型農業や施設園芸の各種作業の自動化技術の開発、篤農家の技術を継承するシステムの開発、条件不利地域等の農作業を軽減する小型作業ロボット等の開発等を通じて、農作業の自動化に貢献</li> <li>・軽労化による農作業効率の向上、新規参入者の円滑な就農の促進、条件不利地域等の農作業労働環境の改善に貢献</li> </ul>	農作業を軽労化するための各種技術については、農作業現場に適用することで効果の検証を行い、技術の確立を行う。

<b>【項目別評価】</b>	
<b>1. 研究成果の意義</b>	<b>ランク：S</b>
<p>農業就業人口の大幅な減少や高齢化の進行に対応して、きつい、危険な農業の労働環境を改善し新規参入者の円滑な営農等に対処するためには、農作業の負担を軽減する技術開発を行う必要がある。このため、農作業の自動化・軽労化技術、篤農家が有する技術を継承するシステムを開発し、<u>きつい、危険な農業の労働環境を改善し、新規参入者の円滑な営農を促進する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。</u></p>	
<b>2. 研究目標の達成度及び今後の達成可能性</b>	<b>ランク：A</b>
<p>土地利用型農業におけるトラクタ、田植え機、コンバイン等のロボット化および障害物センサ等の付帯する要素技術の開発、施設園芸における苗診断・生産技術、生育診断技術・収穫・搬送ロボット・多目的ヒートポンプシステムを用いた総合環境制御技術等の要素技術の開発、農作業軽労化のための軽作業用・重作業用のアシストスーツの開発、傾斜40度（最大45度）の急傾斜地で安定走行可能で除草ができる作業機の開発、農作業情報等の数値化・可視化技術の開発及びデータマイニング手法の検討、施設園芸におけるユビキタス環境制御システムの運転ソフトウェアの作成及び省力多収生産システムの開発を行うなど、<u>研究全体の進捗は概ね順調</u>であり、<u>目標達成の可能性も高い</u>。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。</p>	
<p>1 稲麦大豆作等土地利用型農業における自動農作業体系化技術の開発</p> <p>稲麦大豆作等の土地利用型農業において、全栽培期間で耕うん、整地、播種、施肥、防除、除草、収穫等の一連の作業をロボットによって安全に遂行できる農作業ロボットシステムを開発する目標に対し、ロボット作業管理システムの開発等、<u>目標どおりの成果</u>が得られている。主要成果は以下のとおり。</p> <p>(1) Multi-GNSSを利用した低コスト航法センサの開発</p> <p>Multi-GNSSにIMU等センサの生データ出力機能、アスキーフォーマット出力機能を追加した。さらにネットワーク型RTKに対して汎用的なインターネット通信網を使用し補正情報の配信を受けるこ</p>	

とを可能にした。この機能によりロボットの運用管理をインターネット回線を使用して行う場合コスト低減が図れる。

(2) ロボット作業管理システムの開発

作業計画作成機能、作業状況表示作業監視機能、作業履歴の登録と履歴の参照機能、作業指示機能の実装が完了し、ロボット作業管理システムに求められる基本的な機能の実装を終了した。

(3) 障害物検出センサの開発

ロボットトラクタの障害物との衝突を回避するための“安全 Strategy”を策定した。レーダ（前方）と超音波センサ（前・後方・左右側）を組合わせた障害物検知システムのプロトタイプを試作し、圃場において検知/識別機能を確認した。

(4) 通信・制御インターフェースの標準化

デジタル入出力やモータ制御回路を実装した NAROCANBOARD 用拡張ボードを試作した。農作業ロボット及び農作業ロボット作業機に搭載されている電子制御ユニット（ECU）に内蔵し、ISO11783 に対応した情報の入出力を行うソフトウェア開発支援用ライブラリを開発した。また、国際標準化機構（ISO）に出席し、ISO11783 規格の最新情報を収集した。さらに、今後のロボット制御に必要な新たな通信メッセージの仕様について検討を行った。

(5) 田植え機のロボット化

田植えロボットにタッチパネルを採用して使いやすさを向上させた。さらに、2台の田植えロボット体系を検討するため、さらにもう1台の田植えロボットを試作した。作業経路計画プログラムの改良を行い、水田の大きさ、端面からの余裕幅等を与えることで自動的に作業経路を生成できた。

(6) 中型トラクタのロボット化

作業経路計画を生成する作業ソフトウェアを作成した。このシステムにより矩形以外のほ場形状でも作業経路計画を作成することが可能となった。作業ソフトウェアで生成した作業経路計画に従って作業、走行できることを確認した。

(7) 大型トラクタのロボット化

車両内通信系を介してトラクタの走行制御を行い、ユーザインタフェースとして機能するソフトウェア開発を行った。耕うん作業など有人作業との精度・作業能率などを比較することでロボットの性能を評価し、有人よりも遙かに優れた性能を有していた。さらに、ロボットと有人の協調作業システムを開発した。

(8) 自脱コンバインのロボット化

4条刈り自脱コンバインをロボット化した。また、遠隔でロボットのエンジンを緊急停止する機能やカラー表示灯を設置してロボット作業状態を周囲に表示する機能を装備した。さらにマシンビジョンで刎コンテナを見つけて自動的に穀粒を排出するシステムを開発した。

(9) 大豆用コンバインのロボット化

大豆用コンバインロボットを開発した。小麦・大豆の無人自動収穫が可能であった。圃場内でコンテナを搭載したトラックを無人自動収穫作業中のコンバインロボットに併走させ、トラック側からコンバインロボットの排出オーガを操作し、収穫同時排出を行うことで、30aの圃場で作業効率が約10%向上した。

(10) 普通型コンバインのロボット化

刈取作業の全ての操作を無人で行うことが可能な普通型ロボットコンバインシステムを完成させた。麦刈試験では長辺200mある圃場を、刈取速度1m/sで無人刈取作業を実施し、誤差50mm、方位誤差で1degを実現した。

(11) ロボット用施肥・播種機の開発

施肥・播種機を改造してロボットトラクタで施肥・播種作業が行えるシステムを構築した。トラブル検出センサーとして超音波センサー、光ファイバーセンサー、フォトセンサーを採用し、その情報は、NAROCANBOARDを使用して情報通信できるシステムを構築した。

(12) ロボット用防除機の開発

ロボットトラクタで防除作業のできる防除機の開発を行った。ISO11783で使用するブームの開閉および流量設定、噴霧のON/OFFをパソコンベースで自動制御できるようにした。タンク内の水の残量を知るために圧力センサを取り付けた。

(13) ロボット作業の安全性確保

農作業ロボットのリスク分析と安全確保要件を検討した。安全装置である障害物センサの適用性や運転状態表示装置の設置条件等を検討し、歩行速度、摩擦係数等必要なパラメータデータを収集した。運転状態表示装置、警報装置について7つの動作状況を表現する案を提案した。

#### (14) 大規模農業におけるロボット導入の経済性評価

北海道の水稲作付および普通畑作物作付経営の半数強は男子2名の労働力を保有しているが、約3割は父のリタイアに直面していると推計できる。オペレータ2名以上の家族経営、法人経営では、耕起・代掻き、田植えなどの春作業をオペレータ+ロボットの複数台並走作業を実施することで、オペレータ1名の減員が可能である。オペレータ1名の雇用賃金を300万円と評価すると、その代替額からロボット導入の投資限界額は1,500万円程度と算出された。

#### (15) 分散錯圃におけるロボット導入の経済性評価

ロボットを導入した水田作経営モデルを用いてロボットの導入費用の目安などについて、①トラクタ、田植機、コンバインの各2台セットに作業員2名の体系が効率的に作業が行え、その場合の作業処理能力が40ha/年であること、②ロボット導入による農業所得の増加額より、導入費用は減価償却費で500万円/年が目安になることを明らかにした。

#### (16) ロボットシステムの実証試験

分散錯圃地域では北関東の稲作において実証試験を行い、大規模地域は北海道において上士別地区で稲作、十勝地区で小麦、大豆の実証試験を行った。分散錯圃地域は中型ロボットトラクタによる耕うん・整地、田植えロボットによる田植え作業、自脱型コンバインロボットによる収穫作業を行った。大規模地域については稲作が耕うん・代かき、収穫作業を無人で実施した。さらに、畑作は耕うん・整地作業、施肥・播種作業、除草作業、防除作業、収穫作業のすべてをロボットで行った。基盤技術であるMulti-GNSSとロボット作業管理システムの適応性も調査した。

## 2 施設園芸における高度環境制御技術の開発

遠隔リアルタイムモニタリングシステムや汎用搬送ロボットシステムによる栽培管理をアシストする技術、静電場スクリーンによる省力的な病虫害管理法ならびに多目的ヒートポンプシステムを用いた総合環境制御技術の開発及び施設園芸における果菜類（トマト、キュウリ、イチゴなど）の周年生産量を高める高収益システムを構築する等の目標に対し、各種ロボット技術の開発など、目標どおりの成果が得られている。主要成果は以下のとおり。

### (1) 施設園芸作業の省力・軽労化アシストシステム（※6）の開発

- ・クロロフィル蛍光画像計測用のLEDパネルについて、長時間のON/OFF試験による光源のちらつき・ばらつき等、商品化を想定した場合の耐久性に問題がないことを確認した。
- ・植物工場内で、作業員と同伴して作業を行い、自律的にも走行する搬送ロボットの開発を行い、PCと無線通信を行い、目的地、走行経路、他のロボットとの干渉回避等の情報を授受することで、干渉を回避して最短経路で目的地へ向かうことができるとともに、2ha規模では約24.9%の作業時間削減が可能であることを明らかにした。
- ・静電場スクリーンが施設栽培で推奨される0.4mm目合いネットと同等の防虫効果を示すことを明らかにするとともに、0.4mm目合いネットよりも温室内の最高気温を2～4℃低下させることを明らかにした。
- ・ヒートポンプを暖房に使用することで、A重油暖房よりも暖房費を30%およびCO<sub>2</sub>排出量を50%以上削減できることを明らかにし、ヒートポンプの多目的利用に必要な暖冷房・除湿・送風のための基本制御アルゴリズムを開発した。

### (2) 施設の効率的周年利用技術・高収益施設園芸システムの構築

- ・トマト一段密植栽培における群落内補光により収量を20%、糖度を9%高めるとともに最も効率的な補光期間を明らかにすることで消費電力量を50%程度削減できることを明らかにした。また、移動ベンチシステムの導入により、単位面積当たりの収量が最大で46%向上することを明らかにした。
- ・低濃度培養液（EC0.6 dS/m）を日射比例制御で少量多頻度給液する、Dトレイ処方培養液によって総収量はが冬春作および春夏作で増加することを明らかにするとともに、2段と4段栽培の組み合わせならびに裂果耐性品種を組み合わせた高収性作型を開発した。
- ・キュウリの養液栽培において、年3～4作の周年栽培を可能とする整枝方法ならびに環境制御技術

により、一般的な施設栽培（土耕）の平均収量の2倍以上の収量が得られることを実証した。

・キュウリの養液栽培において、夏期のミスト処理は収穫本数で60%程度、初冬期のCO<sub>2</sub>施用処理で20～30%の増収効果があることを実証した。

・CO<sub>2</sub>を外気と同程度（400ppm）で施用するゼロ濃度差施用により、低温期には10～40%収量が向上し、3～5月のCO<sub>2</sub>施用に要する経費が40%に削減された。

・太陽光利用型植物工場での夏秋どり栽培に適したイチゴの新品種「夏の輝」を育成し、平成25年6月27日に品種登録出願（出願番号：第28314号）し、平成25年10月8日に品種登録出願公表された。

・植物工場でのイチゴの夏秋どり栽培において、長日処理とクラウン冷却処理、不織布製高設栽培槽を組み合わせることで、連続出蓄性および果実肥大が向上し、商品果収量が著しく増加することを実証した。

### 3 農業用アシストスーツの開発

ミカンや柿や梅等の収穫など腕の高さが変化する上向き作業にて10kgの収穫カゴをさげた前かがみでの作業、20kgのミカンなどの収穫コンテナや30kgの米袋などの重量物の運搬作業、大根やキャベツなどの中腰姿勢での収穫作業等の農作業を軽減する農業用アシストスーツの開発及び実証試験により実用性を検証する目標に対し、軽作業向け及び重作業向けアシストスーツを開発し、軽量化、装着性、親和性を向上させる等、目標を超える成果を上げている。主要な成果は以下のとおり。なお、本研究は、26年度に終了する予定であったが、目標を超える成果が得られていることから、26年度予算要求において拡充要求を行い、アシストスーツの様々な品目や適用場面での実証試験等を実施するため、研究期間を27年度まで延長することとしている。

#### (1)アシストスーツの軽量化研究について

軽作業（～10kg）用アシストスーツ（ミカン・柿・梅など果物の収穫などの腕の高さが変化する作業で、10kgの収穫カゴをさげた前かがみ姿勢の保持と傾斜地での歩行に対して、腰と股関節をアシストするスーツ）の軽量化研究については、平成22年度には開発当初40kgあった肘と肩と股と膝関節をアシストする空気圧式スーツを、電動モータ式に変更し肩と股関節のアシストに絞り込んで、平成23年度にはフレームにCFRPを用いるなどして、9.5kgに軽量化した。平成24年度には、軽量化のための試作検討を行った結果、電動モータを4台使用して肩と股関節をアシストする方式では大幅な軽量化に限界があり、108名参加している有田市みかん生産者大会にて、腕の高さが変化するミカンの収穫作業でのアシストニーズの調査を行った。この結果、肩関節アシストのニーズはほとんどなく、腰関節アシストのニーズが高いことがわかった。このため肩関節のアシストはせずに、小型電動モータ2台にて、10kgの収穫カゴをさげた前かがみ姿勢の保持のために腰関節をアシストし、傾斜地での歩行のために股関節をアシストするように設計変更することにより、重作業用アシストスーツと同一機能となるため、今後肩と腰関節をアシストする軽作業用アシストスーツの開発は取りやめて、腰と股関節をアシストする重作業用アシストスーツの開発に統一することにした。

重作業（10～30kg）用アシストスーツ（米袋や収穫物コンテナの持ち上げ運搬作業にて腰と股関節をアシストするスーツ）の軽量化研究については、平成22年度には、開発当初40kgあった肘と肩と股と膝関節をアシストする空気圧式スーツを、平成23年度には、電動モータ式に変更し、腰と股関節のアシストに絞り込んで9.6kgに軽量化した。平成24～25年度には、フレーム構造など軽量化することにより、8.8kgから7.4kgさらに6.9kgから6.3kgとなり、アクティブにアシストするスーツでは全国で最も軽量となった。

#### (2)不整地対応のための靴部の開発について

平成22年度には、アシスト制御に用いるために、装着者の歩行などの動作意図を推定するのに用いる床反力センサを組み込んだ靴を開発した。平成23年度には、軽量化と低コスト化のため接離判定用のフットスイッチを開発し、フットスイッチ信号を無線化した。平成24～25年度には組み込んだ靴の実用化範囲を拡大するため、急斜面における接離判定についても平地と同等に判定できるようにプログラムの改良を行った。

#### (3)正確で着脱容易な筋電位センサの開発について

アシスト制御のための装着者の正確な動作意図を推定するためと、アシスト制御の効果検証に用いるために、平成22年度に、8chの無線式で着脱容易で実用的な筋電位センサを開発した。さらに平

成 23 年度には、1ch の無線式で着脱容易で実用的な筋電位センサを開発した。開発した筋電位センサは、アシスト効果の計測に用いるのに充分である。しかし、筋電位センサは、装着が煩わしく汗をかいての動きの激しい農作業には不向きであるため、今後アシスト制御には筋電位センサを使用しないので、低コスト化など実用化のための開発を実施する必要がないため、平成 23 年度に開発を終了し、平成 24 年度以降は開発を実施していない。

(4) 装着者のより正確な動作意図推定の研究について

平成 22 年度には、筋電位センサ信号や床反力センサ信号や股関節角度信号を用いて、歩行や持ち上げの動作意図を推定する方法を開発した。またアシスト制御装置の実用化のために、SHマイコンを用いた組み込みシステムを開発した。平成 23 年度には、装着が煩わしいなど実用には不向きであることにより筋電位センサ信号を用いずに、フットスイッチ信号と股関節角度信号により実用的な歩行動作意図の推定法を開発した。また手袋スイッチにより持ち上げの動作意図推定法も開発した。組み込みマイコンシステムにおける CPU ボードと I/O ボードを、一体化することによりコンパクトした。平成 24～25 年度には歩行アシストでの個人差への対応のためティーチング機能を開発し、組み込みマイコンシステムを高機能化した。またパラメータ設定用のパソコンをスマートフォンに変更し実用化に近づけることにより、研究目標を超える成果を上げている、

(5) 安全性評価に関する研究について

平成 22 年度には、安全性評価に関する調査を行うとともに、安全性評価のためのリスクアセスメントを実施し、安全性評価のための上肢モデルの物理試験装置を開発した。平成 23 年度には、開発した試作機の安全性を確保するために、環境試験を実施した。環境試験としては、防水試験・繰り返し耐久試験・恒温恒湿試験を実施した。平成 24～25 年度には、開発した試作機の安全性を確保するために、繰り返し耐久試験を実施した。また、枝などに引っかからないためと、転倒した場合や周囲の人と衝突した場合などの安全性を考慮して、樹脂製のカバーなどを試作した。

(6) 実証試験と実用化のための試作改良研究について

平成 23 年度に、一年前倒して実証試験を 9 回実施したため、多くの農家のニーズを聴取でき、実用化のための試作改良研究が行えた。平成 24～25 年度には実証試験を 15 回実施し、多くの農家のニーズを聴取でき、実用化のための試作改良研究が行えた。具体的には、アシストスーツを一人で着脱しやすいようにし、実用化に近づけた。装着者とアシストスーツとの接触部の密着性や親和性を改善することにより、アシスト力発生時の装着者への衝撃力を緩和し、よりスムーズなアシストを実現した。またパラメータの設定にパソコンを用いていたのを、簡便な情報端末（スマートフォン）にすることにより、高齢な農家の人が簡単に扱えるようにし、研究目標を超える成果を上げており、実用化一歩手前に達している。

(7) 経済性評価について

平成 22 年度には、和歌山県下の JA を通して、米袋や収穫物コンテナの持ち上げ運搬などに用いる重作業用アシストスーツと果物の上向き収穫などに用いる軽作業用アシストスーツのニーズについて調査した。和歌山県下の JA 8 か所へ説明用パンフレットを 1000 部配布し農家に周知徹底するとともに、365 軒の農家からアンケートを回収し、ニーズが高いことを確認した。平成 25 年度には、アンケート調査に応じていただいた農家の方の年代別のアシストスーツのニーズを分析し直した。その結果、30 歳代で 74% と最も高く、次に 50 代で 68% と高く、比較的若い年代を中心にニーズが高いことが分かった。また、108 名参加している有田市みかん生産者大会にて、腕の高さが変化するミカンの収穫作業でのアシストニーズの調査を行った。この結果、肩関節のアシストはほとんどなく、腰関節のアシストニーズが高いことがわかった。このため、今後肩と腰関節をアシストする軽作業用アシストスーツの開発は取りやめて、腰と股関節をアシストする重作業用アシストスーツの開発に統一することにした。

#### 4 小型ロボットによる畦畔除草等自動化技術の開発

中山間地の棚田や段畑内および急傾斜斜面において、人の判断を介さずに無人作業が行える小型除草ロボットを開発し、継続的に運用できるシステムを構築する目標に対し、小型除草ロボット要素技術の開発等、目標どおりの成果が得られている。主要成果は以下のとおり。

(1) 小型除草ロボット要素技術の開発

要素技術に関しては、H22 年度から 3 年間にわたり、改良を重ねながら、各年度 1 台の試作機を製

作した。要素技術の開発に関しては、H24年度で終了した。

#### ①走行部の開発

走行部に関しては以下の改良を重ね、3号機が試作機としての最終仕様となった。

- ・走行能力向上のため、左右それぞれのクローラを駆動するモータ出力を200Wから400Wに増やすとともに減速機の変更を行った。
- ・斜面での旋回性能向上のため軽量化を図り、かつクローラの履帯幅を110mmから150mmに広げ、接地圧を約半減させた。
- ・2号機までの試作機では、鉛蓄電池（重さ28kg）を機体内部に組み込んでおり、バッテリーの交換ができないため充電に長時間要したが、3号機では交換式のリチウムイオン電池（同10kg）を採用することで、軽量化とともに長時間の運転にも耐えられるようにした。
- ・平均傾斜40度（最大45度）の斜面での安定走行を確認でき、年度初めの目標を達成できた。
- ・春夏秋の斜面の草生や土壌条件の異なる状態での走行の安定性の確認を行った。

#### ②草刈部の開発

草刈部に関しては、H22年度から3年間にわたり刈取り性能向上、刈取り精度向上のための改良を行い、最終的に双頭式の草刈部を採用した。

- ・刈刃の刃先角度を任意に変更できるチルト機構を付加した。
  - ・刈取り高さを位置決め用のゲージホイールとは独立して調整できるようにした。
  - ・2台の草刈用エンジンについて、遠隔で起動・停止および回転数の調整をできるようにした。
- これらの改良により、安全性、操作性、実用性が大幅に向上した。

#### ③経路制御方式の開発

経路制御方式に関しては、基本的な距離計測の原理に基づき、専用処理ボードを開発した。その結果、本用途に適用可能な、安価で小型な位置計測システムが開発できた。

- ・位置検出精度の向上を図るため、外乱の影響を低減する手法について検討し、確認試験を行った。
- ・精度的には、畦畔除草ロボットに適用可能であるとの見通しが得られた。
- ・当初計画通り、ロボットの2次元の位置計測を行い、経路の制御ができることをテスト機により確認した。
- ・実機による除草しながらのテストが未実施であり、実証試験は不十分であった。

#### ④安全技術の開発

安全技術に関しては、PCによるデジタル制御サーボを導入し、揺動式草刈部、走行部の精密な制御が可能となった。また開発したファームウェア搭載のZigBeeによる無線通信により、ロボットのリモート運転、自動運転に用いる通信系を確立できた。

#### (2)小型除草ロボット利用技術の開発

##### ①試作・改良・実用機の開発と結合試験

走行部と草刈部を結合させ、斜面での走行テスト、草刈部の遠隔発停、回転数調整の確認試験を15度～42度の斜面で確認テストを行い、下記の項目の確認を行った。

- ・小型除草ロボットの法面草刈での運用方法を確認した。
- ・検討した除草方式について異なる傾斜度、植生条件において、作業能率、刈取精度を実証した。
- ・最終的に試作3号機について、異なる畦畔植生における作業性を明らかにした。

その結果、傾斜25度の法面において走行速度0.4m/sでの除草作業が行え、草刈精度も刈り高さ10cm未満であった。また、傾斜42度まで適用可能であることを確認した。

##### ②作業計画へのGIS利用

作業計画へのGISの利用に関しては、作業時間を試算するモデルを構築し、圃場単位の作業時間などの試算シミュレーションを行った。

・作業計画に関して、複数の畦畔を選択して合計面積や特定の畦畔の作業時間を試算して表示できる機能を有するタブレット端末型のロボット作業用GISを構築した。

・ユーザビリティを検討し、ユーザが除草ロボットの所用作業時間と面積が簡便に試算・表示できる除草ロボット作業時間試算アプリケーションを開発した。

・除草ロボットの作業データを農作業情報記録装置などを用いて自動取得し、構築したGISとの情報連携を試みた。

その結果、除草ロボットに作業データ収集ロガーを搭載して、草刈部エンジンが稼働している状況

でも作業データを安定して記録できることを確認した。

また、作業モデルの有効性を検証した結果、ロボットの作業速度が0.5m/s~0.3m/sで、慣行の畔草刈り機の理論作業量1.01~1.85(h/10a)と同等の作業が可能であることを明らかにし、同モデルの精度向上によって概ねの作業時間が試算できることを確認した。

### ③植生転換技術の開発

植生転換に関しては、二重ネット工法によるシバ植生の早期創出（法面試験、精密試験）を行い、シバ植生の早期創出方法が明らかとなった。また、小型除草ロボットによるシバ植生管理技術の開発では、芝生畦畔と雑草畦畔の適切な維持管理法を確立するため、刈取り回数が群落高に及ぼす影響が明らかとなった。本課題は、H24年度で終了した。

### (3)小型除草ロボット管理体系の構築と評価

#### ①運用実証試験

農研センターの試験圃場において、小型除草ロボットの実証試験を行いながら、並行して下記の市販化に向けた取り組みを行った。

- ・コスト分析を行い、コストダウン目標を検討した。
- ・試作機における問題点を抽出するため、リスクアセスメントを行った。これにより、市販化する場合の改良点を抽出できた。
- ・現在除草機を市販している農業機械メーカを主に、ロボット化に興味がありそうなメーカにPRを実施した。また、実機による成果発表会を行った。

#### ②管理体系構築と評価

主に島根県・兵庫県を主に、集落営農組織における畦畔除草の実態調査と除草ロボット導入に関する意向調査を行った。また、H26年度には島根県の農家圃場の法面において通年で実証試験を行いながら、運用実証試験によるコスト試算に基づき機体運用コストを算出し、中山間地域への小型除草ロボットを導入した場合の作業体系モデルを提示し、実用化に向けた評価を行う予定である。

## 5 農家の作業技術の数値化及びデータマイニング手法の開発

農作業情報、環境情報、生体情報の連続計測・データベース化、さらにこれらの情報の統合化・可視化を可能にし、熟練農作業ノウハウの抽出および継承を支援する実用的なシステムおよび手法を開発する目標に対し、営農可視化システムFVSを開発する等、概ね目標どおりの成果が得られている。主要な研究成果は以下のとおり。

### (1)「農匠ナビ」全体システム設計・開発・評価

営農可視化システムFVSの開発により、当初目標とした農作業情報の連続計測・データベース化・可視化基盤技術が概ね確立され、手作業では記録が困難であった詳細な農作業情報の連続計測・統合化・可視化を行なうことを可能にした。

### ①「農匠ナビ」全体システム設計・実証および農作業連続計測・可視化・データマイニング基盤技術の研究開発

- ・営農可視化システムFVSスマホアプリを試作し、スマートフォン1台で、農作業に係る画像・映像データ、農作業軌跡GPSデータ、農作業の対象となる作物・機械・施設・圃場の位置や状態を識別するRFIDデータ情報を連続計測・収集し、クラウドシステムに自動送信することが可能になった。
- ・営農可視化システムFVSクラウドシステムを試作し、FVSスマホアプリで収集した多様な農作業情報を蓄積・統合化し、図表や地図で可視化することが可能になった。
- ・営農可視化システムFVS-PC Viewerを試作し、農作業映像データ（2画面）、農作業軌跡GPSデータ、農作業識別RFIDデータ情報を、時刻をキーとして同期再生し農作業を疑似体験することが可能になった。

### ②土地利用型農業における「農匠」ナビの現地実証

- ・大規模水田作成経営において、（1）①で開発された営農可視化システムFVSの現地実証を行った結果、14項目57区分に細分化して設定した詳細な農作業情報を連続計測でき、農作業構造分析表を用いた作業者インタビューと組み合わせることで、作業ノウハウを体系的に抽出・整理できることを明らかにした。
- ・育苗や代かき等の作業を対象に熟練ノウハウの伝承を支援するためのコンテンツを試作するとともに、その有用性などについて検討し、熟練ノウハウの伝承促進に有用であることなどを確認した。

・農匠ナビの活用により、作業判断の背景にある多様な状況に対する理解の促進、計画策定時の判断支援など従業員の能力養成に有用であることを確認するとともに、今後の実用化に向けた改善点を抽出した。

## (2) 作業・環境・生体情報の統合化・可視化技術の研究開発

圃場単位の詳細な生産工程管理データスキーマの提案と既存ソフトウェアへの適用・実装を行うと共に、農作業・作物生体・生産環境データの統合利用を実現するための共通 API を考案・実装した。これにより、様々な農作業情報の統合化の基盤技術が概ね開発された。主要な研究成果は以下のとおり。

### ①土地利型農業における作業・環境・生体情報の統合化・可視化技術の研究開発

・携帯端末用作業記録作成ソフト FaWL (Android 版) について、実証現地での試用を踏まえたニーズ対応として、事前に作成された作業計画の確認機能、その計画に基づく作業の開始時と終了時の二回操作だけで作業実績登録とする省力入力機能、作業に付随する（作業データに紐付け可能な）静止画や動画、音声、バーコードの記録機能、GPS 移動軌跡記録機能を実現した。

・農業生産工程管理システム PMS で管理されている生産工程管理データを Web (クラウド) 上で参照するための XMLWeb サービスを試作すると共に、アクセス制御を実現するために ACL プロトタイプを定義して、FIX-pms 文書のデータ要素に対する属性として追加することとし、FIX-pms を拡張した。

・経営シミュレーションが可能な農業技術体系 DB と農作業ノウハウ DB の連動による作業ノウハウの継承支援ツール「作業ノウハウ体系化ツール」のプロトタイプを試作した。これにより、利用者は簡易な操作で農作業ノウハウの閲覧・編集、ユーザ管理を実施することが可能になった。

### (3) 匠の技 (※7) のデータマイニング・継承支援手法の開発

大規模稲作経営に (1) ①で開発された営農可視化システム FVS 等を適用し、匠の技のデータマイニングを行うと共に、熟練農作業の継承支援のための手法を考案し、その有効性を明らかにした。主要な研究成果は以下のとおり。

#### ①作業・環境・生体情報を用いたデータマイニング技術による匠の技抽出の実証

・営農可視化システム FVS 等を用いて連続計測された育苗作業情報にデータマイニング手法を適用し、農作業担当者の感覚に合う育苗ハウス温度管理作業について一定のルール化 (形式知化) できることなどを明らかにした。これにより、実際の作業とルールから得られる窓の開閉量が異なる時に作業の確認に使える等の評価を得た。

#### ②匠の技継承・人材育成手法の開発

・主に稲作経営を対象に、篤農家や新規就農希望者等のインタビューおよび現地調査を行い、それらを映像ナレッジライブラリー化し、これらの映像内容・対話の分析から、体験・経験の豊かな篤農家の「匠の技」は、「形式知」化困難な「暗黙知」を含むものであるが、映像ナレッジライブラリーを視聴することで、暗黙知を含む技術継承の可能性を確認した。

・生産プロセスの各段階 (荒起こし、代掻き、田植え、稲刈りなど) におけるフィールド調査 (多数カメラによる映像撮影)、収集された多数の映像のライブラリー化と多視点映像制作を行い、その匠の技継承・人材育成のための (匠の自己想起を加えた) 「匠コメント付き多視点映像コンテンツ」を制作し、その有用性を明らかにした。

## 6 超省力施設園芸生産技術の開発

細霧冷房・循環扇・遮光の合理的運用マニュアルを作成し、ユビキタス環境制御システムの運転ソフトウェアとして提供し、トマトの収量 40t/10a、イチゴの収量 10t/10a を達成する目標に対し、遮光カーテン制御ソフトウェア等の開発、イチゴの収量 10t/10a を達成する一方で、トマトの課題では、要素技術の連携構築の開発が遅れ、23 年度に生産システムの総合実証が困難なことから、22 年度で研究が終了した為、収量目標は達成できなかった。主要な成果は以下のとおり。

### (1) トマトとイチゴに共通する環境制御の効率化技術の開発

・高圧細霧冷房システムの制御法として、植物や地表面の濡れを少なく盛夏期の温室内気温を 30℃付近に制御できる温室内気温、相対湿度に基づく制御ロジックを構築した。

・循環扇による送風が温室内気流に及ぼす影響を解析し、温室内に植物群落がある場合には茎葉や果実が気流の抵抗となり、気流の到達距離が短くなる状況を明らかにした。

・トマトのつるおろし作業時の心拍数を調べ、作業の暑熱ストレスを低減するには湿球黒球温度

(WBGT) を指標として制御することが有効であった。ユビキタス環境制御システム (UECS) 上で、WBGT および屋外日射と連動して動作する遮光カーテン制御ソフトウェアを開発した。

(2) 低段トマトにおける房採り収穫による省力・多収生産システムの開発

- ・低段密植栽培の房採りに適した推奨品種は「冠美」と「CF 桃太郎ヨーク」で、年間収量を計算すると、CO<sub>2</sub> 施用や細霧冷房のない条件で約 32t/10a を達成した。
- ・トマト苗の効率的栄養繁殖のための全茎切断法では、果房下葉数、花数、着果数及び収量が実生苗とほぼ同じで大量の苗が確保できるが、果房の高さの変動が大きかった。
- ・トマト低段栽培用の自動着果処理装置の噴霧成功率は 84~92% で、着果数は慣行手作業とほぼ同等であった。カメラ画像に色温度および照度の補償を行うことで昼間でも高精度な花の検出が可能で、画像から花房の向きおよび花数を推定するプログラムを開発した。
- ・収穫装置、収容装置、搬出装置で構成した自動収穫システムでは、各装置間の協調動作プログラムを開発し、収穫装置による収穫、収容装置による収穫物の収容および運搬、搬出装置による収穫物の貯留までの一連の動作を可能とした。

(3) イチゴの高設高密度植栽培による超省力・多収生産システムの開発

- ・イチゴ果実を収穫箱から取り出し画像処理により S、M、L サイズの大きさ別に階級判別し、専用の通い容器と平詰めソフトパックに向きを揃えて並べる自動選別装置 (パック詰めロボット) を開発した。ハンドリング成功率は 95% 以上で、1 果当たりの選別パック詰め作業時間は平均 7.3 秒と、慣行の手作業と同等の速度能率を有する。
- ・苗大量生産のために、バッグ育苗法を検討し、15℃・8 時間日長の夜冷短日処理を 20 日以上行うことで、8 月下旬に花芽分化させ、早期定植が可能となることを明らかにした。新育苗体系では、収穫物当たりの労働時間を 52%、育苗コストを 14% 削減できた。
- ・極少量培地耕の開発では、バッグ苗定植による定植作業時間の 60% 削減、培地使用量の 70% 削減およびモミ殻培地利用による低コスト化を達成し、株間 15cm の高密度植栽培によって、11 月から翌年 7 月までの収量は「さがほのか」、「紅ほっぺ」とともに 10t/10a を達成した。
- ・鮮度保持技術では、定温蒸気処理 (45℃20 分) によりカビ数 (発生数) を減少させ、0℃で果実の商品性を 1 か月以上保持できる新しいチルド貯蔵技術を開発した。
- ・現地試験では、松山市 W 農園の実証ハウスにおいて収穫ロボットとの協調作業により作業時間が短縮されることを明らかにした。作業時間は摘葉・摘蕾・摘果、出荷・調製、収穫、採苗・育苗で多くなり、密植栽培を導入することで収穫果実数が増えることから収穫時間も長くなるが、ロボット導入により 60% 程度の収穫作業の省力効果が示された。
- ・佐賀県神埼市の 3a 規模の実証ハウスにおいて、ロボット導入を想定し 2 ベッド連動で畝間調節が行える低コスト仕様の吊り下げ式高設栽培ベッド栽培を実証した。資機材コストは 400 万円/10a 水準である。2010 年作では 8.5t/10a の多収生産を実現できた。2011 年作は 5 月末で試験を途中終了したため収量は 8.0t/10a であった。

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

本プロジェクトのアウトカム目標は以下の通りである。

- ・自動化・軽労化による農作業効率の向上
- ・新規参入者の円滑な就農を促進
- ・条件不利地域等の農作業労働環境の改善

上記のアウトカム目標を達成するために、土地利用型農業や施設園芸の各種作業の自動化技術の開発、篤農家の技術を継承するシステムの開発、条件不利地域等の農作業を軽減する小型作業ロボット等の開発を実施し、目標どおりの成果が得られている。

得られた技術は農作業現場に適用し、技術導入による軽労化・効率化の実証を行い、生産現場への普及を進めることとしている。

以上のことから、本プロジェクトの社会・経済等に及ぼす効果の明確性は高く、技術の普及・実用化への道筋は明確である。

4. 研究推進方法の妥当性	ランク：A
<p>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した。研究開始後においては、外部有識者5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22回（年間5回程度）開催し、適切な進行管理を行った。具体的な実施内容は以下のとおりである。</p> <p>24年度は、中間年にあたり効率的、かつ、効果的に研究を推進するため、「施設園芸における高度環境制御技術の開発」において大課題を統合し（4個→3個）、「農家の作業技術の数値化及びデータマイニング手法の開発」において所期の目標を達成した課題を終了する等、課題の統合や前倒しでの終了を行い、本プロジェクト全実施課題数を23年度66課題から24年度55課題とした。</p> <p>25年度からは革新的低コストプロに大括り化に伴い、以下のとおり、課題構成の見直し等を行った。</p> <p>□稲麦大豆作等土地利用型農業における自動農作業体系化技術の開発については、各要素技術の開発を終了し、実証試験を中心とした課題構成（19課題→15課題）とした。</p> <p>□小型ロボットによる畦畔除草等自動化技術の開発の除草ロボットの課題を統合した（11課題→4課題）。</p> <p>施設園芸における高度環境制御技術の開発については、実用化段階に到達していない課題を終了させ課題構成全体を見直した（19課題→15課題）。</p> <p>□小型ロボットによる畦畔除草等自動化技術の開発各要素技術の課題を終了し、稲麦大豆作等土地利用型農業における自動農作業体系化技術の開発に統合した。</p> <p>以上のように効率的、かつ、効果的な研究推進を図ってきたことから、<u>研究推進方法の妥当性は高い</u>。</p>	

【総括評価】	ランク：S
<p><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></p>	
<p>本プロジェクトで開発された技術は農業だけにとどまらず、他産業へ波及させることを期待する。「農匠ナビ」など農業者が主体的に参加していることは技術開発の優良事例となり高く評価する。</p>	
<p><b>2. 今後検討を要する事項に関する所見</b></p>	
<p>成果を共有し、農業分野以外の分野にも拡大して、適応できる技術であることを念頭に置きながら進めていく必要がある。</p>	

[課題名] 農作業の軽労化に向けた農業自動化・アシストシステムの開発

	用語	用語の意味	※番号
アシストスーツ		人間が体に装着することにより、作業時に人間の身体にかかる負荷を軽減する補助器具。	1
施設園芸		ガラス室やハウス等の施設を利用した農業（トマト、メロン、イチゴ等が代表的な作物）。	2
篤農家		地域農業において熱心かつ意欲的に創意工夫を重ね営農活動に取り組んでいる農業者。その豊富な経験と知識をもとに開発・改良を重ねて作り上げた農法や農業技術は、これまでマニュアル化されていないノウハウや技能の場合が多く、継承あるいは一般化されにくいなどの問題があった。	3
土地利用型農業		水稲・麦・大豆など機械化により規模の経済性を追求することが可能な農業の形態。反対に、園芸作物など手作業が多く、規模の経済性を追求することが困難な農業形態を「集約型農業」という。	4
畦畔		水田に流入させた用水が外にもれないように、水田を囲んで作った盛土等の部分のこと。一般的には土を盛って、区画の境界に設けられるが、コンクリートやビニル板でも作られる。また、除草・施肥のための通行、休憩場所などの機能もある。	5
アシストシステム		各種センサーやコンピューターを活用して、情報を記録し、必要な場合に記録された情報を参考に人が農作業できる知的支援を行うシステム。センサー等を利用して人の動きを感知し、人の筋力を補助する、あるいは人は指示を出すのみでその指示に従って作業行う等、物理的な支援を行うシステム。	6
匠の技		熟練者の経験や勘による高度な技術。	7

## 農作業の軽労化に向けた 農業自動化・アシストシステムの開発

【200（285）百万円】

### 対策のポイント

きつい、危険な農作業を軽減するために農作業ロボット等の開発を行います。

### <背景/課題>

農業就業人口の大幅な減少や高齢化の進行に対応して、きつい、危険な農業の労働環境を改善し新規参入者の円滑な営農等に対処するためには、農作業の負担を軽減する技術開発を行う必要があります。

### 政策目標

- 土地利用型農業や施設園芸の各種作業の自動化技術の開発
- 条件不利地域等の農作業を軽減する小型作業ロボット等の開発

### <内容>

#### 1. 農業自動化システムの開発

土地利用型農業における各種農作業を自動化する技術、施設園芸における各種作業の軽労化や省エネ技術、篤農家の持つ技術（「匠の技」）を継承するシステム等の開発を行います。

#### 2. 条件不利地における農作業アシストシステムの開発

体に負担のかかる農作業を軽減するアシストスーツ、畦畔除草等の管理作業を軽減する小型作業ロボット等の開発を行います。

#### 3. 農業自動化、農作業アシストシステムを支える基盤技術の開発

自動農作業一貫体系、省力・省スペース作業体系、低コスト安定生産技術、効率的周年生産技術、ヒトに対する安全対策技術等の基盤技術の開発を行います。

#### 4. モデル体系の構築

要素技術を組み合わせたモデル体系を構築し、生産現場における実証及び経済性の評価を行います。

（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））]

# 農作業の軽労化に向けた農業自動化・アシストシステムの開発

## 背景

- 農業就業人口の大幅な減少や高齢化が進行（農業就業人口は、過去20年で482万人→290万人、65歳以上の割合が3割→6割）
- 園芸作物においては機械化そのものも遅れており、作業の軽労化が重要な課題
- 中山間等の条件不利地においては、従来の機械による省力化は困難
- 高齢化が進行する中、篤農家の持つノウハウや経験を次世代に継承する仕組みがない

## 研究内容

- (1) 農業自動化システムの開発
  - ① 土地利用型農業における各種農作業を自動化する技術の開発
  - ② 施設園芸において各種作業の軽労化や省エネ技術の開発
  - ③ 篤農家の持つ技術（「匠の技」）を継承するシステムの開発
- (2) 条件不利地における農作業アシストシステムの開発
  - ① 体に負担のかかる農作業を軽減するアシストスーツの開発
  - ② 畦畔除草等の管理作業を大幅に軽減する小型作業ロボット等の開発
- (3) 農業自動化、農作業アシストシステムを支える基盤技術の開発
  - ① 自動農作業一貫体系・省力・省スペース作業体系の開発
  - ② 低コスト安定生産技術・効率的周年生産技術の開発
  - ③ ヒトに対する安全対策技術の開発
- (4) モデル体系の構築
  - ① 技術導入モデルの構築
  - ② 生産現場における実証及び経済性の評価



小型ロボットによる畦畔除草



農作業を軽労化するアシストスーツ



トマト着果処理の自動化

- ① 農作業ロボット等と各種農作業を組み合わせることで作業負担を軽減し、農業者の確保に貢献
- ② アシストスーツ等により条件不利地域におけるきつい、危険な農作業を軽減
- ③ 篤農家の技術を数値化・データベース化し、他の農業者の作業判断を支援できるシステムを構築

**農作業の軽労化・自動化による農業者の労働環境を改善**

## 国産農産物の革新的低コスト実現プロジェクト

【468（1,131）百万円】

### 対策のポイント

米粉用米や超多収飼料用米等の加工適性に優れ、収量性の高い品種の育成と土地利用型農業や施設園芸における低コスト生産技術の開発を行います。

### <背景/課題>

- ・食料・農業・農村基本計画の目標である食料自給率50%を達成するためには、外国産への依存度の高い加工原料用農産物等について、国産への需要代替を図ることが不可欠です。
- ・このためには、加工適性に優れ、収量性の高い品種の育成と低コストな生産技術の開発を一体的に実施し、実需者ニーズに応じた国産農産物の革新的な低コスト・省力生産体系を構築することが必要です。

### 政策目標

- 土地利用型農業における労働コストを半減するとともに、輸入品の加工需要を10万トン程度代替
- 施設園芸の農薬使用量30%、電照栽培の電力消費量70%削減
- 飼料用米の生産コストを40%削減

### <主な内容>

1. 土地利用型農業における高加工適性品種の育成と低コスト生産技術の開発  
米粉用品種、パン・中華めん用小麦品種等、用途に応じた高い加工適性を有する品種を育成するとともに、土地利用型農業における自動農作業体系化技術等を開発します。
2. 植物工場等園芸技術の省エネ・省力・低コスト化  
生物の光応答メカニズムの解明による省エネ・コスト削減技術、施設園芸における高度環境制御技術、作業軽労化のための農業用アシストスーツを開発します。
3. 超多収飼料用米の育成と低コスト飼料生産技術の開発  
超多収飼料用米・飼料作物品種、稲・麦二毛作体系を基軸とした効率的飼料生産技術、飼料用米多給を中心とした自給飼料利用技術を開発します。

（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統括官（食料戦略、除染）  
（03-6744-2214（直））

# 国産農産物の革新的低コスト実現プロジェクト

## 背景

我が国の食料自給率は39%と低い水準にある。国産農産物のシェア拡大には、用途に応じた適性品種を育成するとともに革新的な低コスト・省力生産技術を開発し、生産コストの大幅な削減と耕地・施設の高度利用による生産の効率化を推進する必要がある

土地利用型農業における高加工適性品種の育成と低コスト生産技術の開発



トラクター、コンバインのロボット化

- ・国産品シェアの拡大に必要な高加工適性品種の育成
- ・無人トラクター等による農業自動化

食料・農業・農村基本計画の目標、食料自給率50%、耕地利用率108%に貢献

- ・米粉適性品種、パン・中華めん用小麦等の品種育成
- ・農業自動化システムによる抜本的省力体系を構築する

農業自動化システムによる低コスト・省力体系

水田の高度利用による生産拡大      アシストスーツによる軽労化

超多収飼料用米の育成と低コスト飼料生産技術の開発



- ・飼料米・飼料作物の品種育成
- ・自給飼料利用技術の開発

食料・農業・農村基本計画の目標、飼料自給率38%に貢献

- ・超多収飼料用品種育成、稲麦二毛作体系による生産拡大
- ・飼料米多給技術を開発し、自給飼料の利用拡大に貢献する

植物工場等園芸技術の省エネ・省力・低コスト化



- ・園芸作物生産の効率化
- ・LED照明を利用した高度環境制御技術の開発
- ・農業用アシストスーツによる軽労化

食料・農業・農村基本計画の生産数量目標、野菜1308万tに貢献

- ・施設園芸における高度環境制御技術を開発し、生産効率化に貢献する

生産コストの大幅削減・省力化

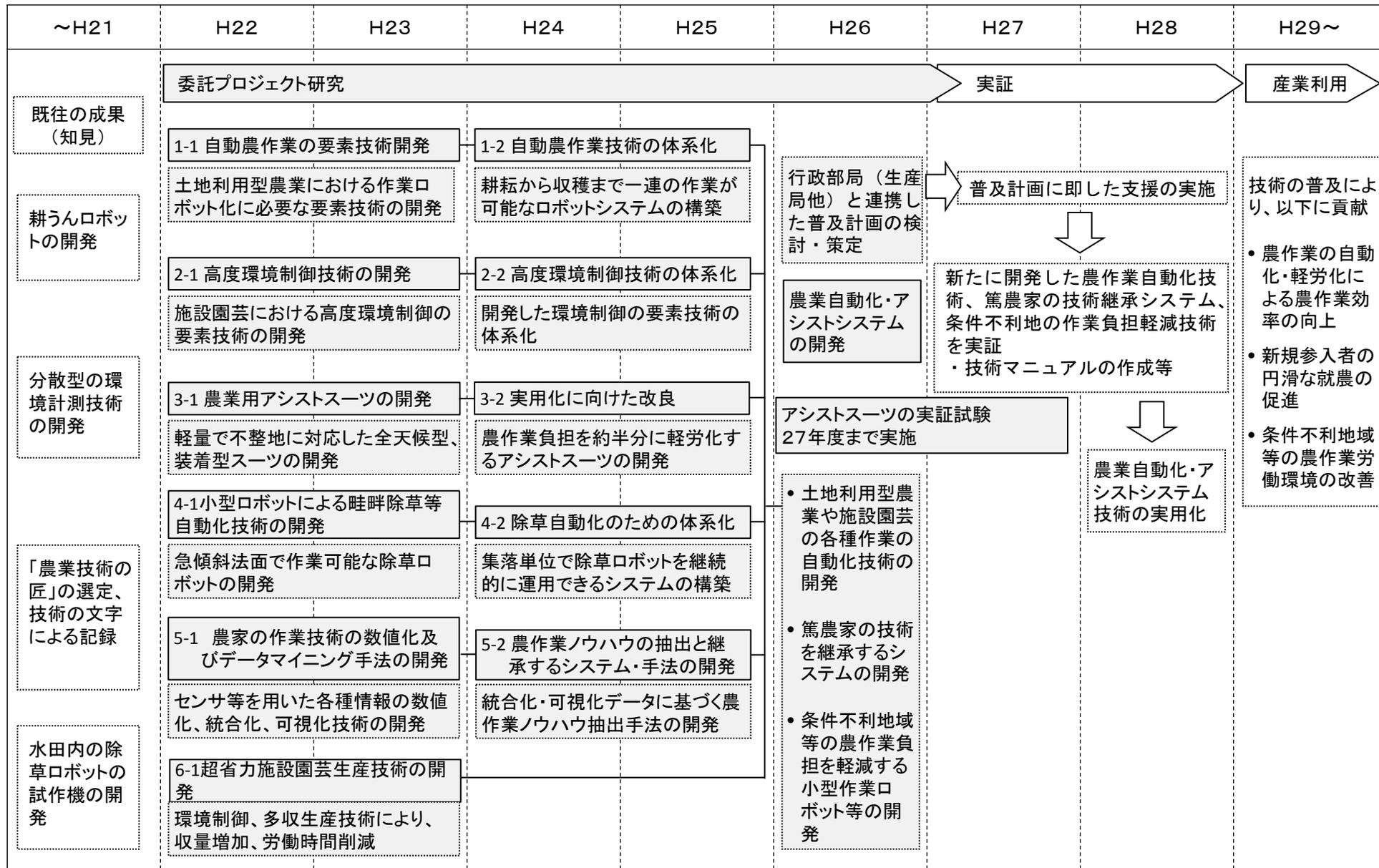
耕地・施設の高度利用による生産の効率化

国産農産物シェア拡大



【ロードマップ（終了時評価段階）】

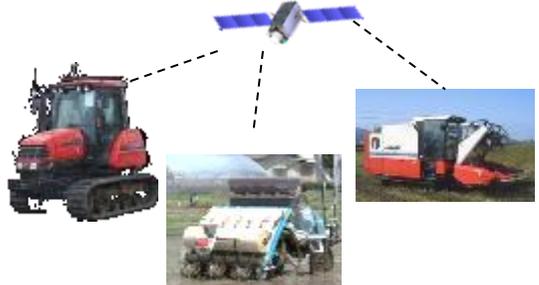
農作業の軽労化に向けた農業自動化・アシストシステムの開発



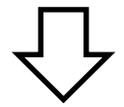
# 稲麦大豆作等土地利用型農業における自動農作業体系化技術の開発 農家の作業技術の数値化及びデータマイニング手法の開発

- トラクタ、コンバイン、田植え機をロボット化し、無人作業を可能に。  
例) 無人（耕うん）+ 有人（播種）の協調作業システムにより、大幅な省力化を実現（小麦播種で42%、大豆播種で35%の労働時間削減）。
- 土地利用型農業の農作業ノウハウを伝承する「農匠ナビ」を開発。「匠の技」を可視化することにより、新規就農・技術継承をサポート。

## 自動農作業体系化技術の開発



農業機械をロボット化することで、農作業が無人化でき、大幅な省力化が可能。安全性確保が課題。



無人+有人作業の協調システム  
(実証農家が発案)



## 農作業ノウハウを伝承する「農匠ナビ」の開発



農作業情報、作物生育情報、環境情報を統合化・可視化。分かりやすくスマートフォンやPCに表示。農作業における映像、音声、視点などの統合化・可視化技術を開発。

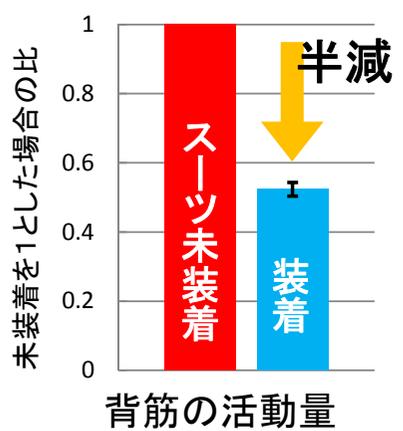


# 農業用アシストスーツの開発、施設園芸における高度環境制御技術の開発

- アシストスーツにより、腕を上下する収穫作業や重量物持ち上げを軽労化。  
例) 20kgの重量物を持ち上げる際に、10kg分を軽減する腰アシストにより、背筋の負担半減)
- キュウリの養液栽培・整枝・二酸化炭素施用による増収技術を開発。
- 植物工場での夏秋どり栽培に適したイチゴの優良品種を育成するとともに、長日処理+クラウン冷却処理により、商品果収量が著しく増加する生産技術を構築。

## 農業用アシストスーツの開発

- 重量物の持ち上げ、運搬作業をアシスト
- 運搬時の歩行をアシスト

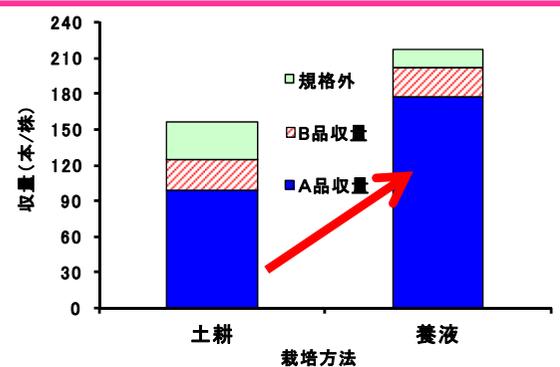
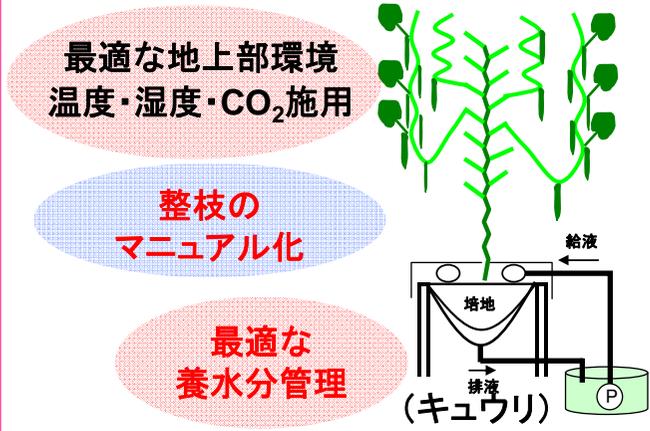


軽作業用



重作業用

## 高品質安定生産のための循環型養液栽培技術の確立



土耕栽培と比較して、株あたりの収量は**40%増加**、A品率は**80%上昇**

## 植物工場での夏秋どり栽培に適したイチゴ品種育成と生産技術の開発

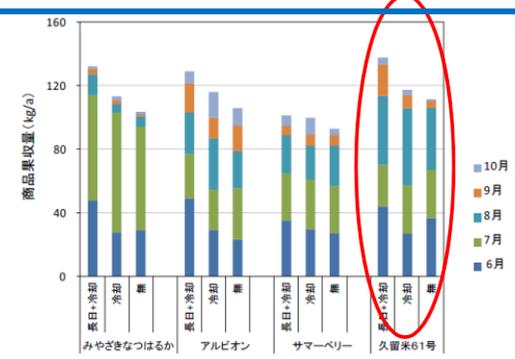


「夏の輝」

品種登録出願公表



クラウン温度制御



長日処理+クラウン冷却処理により商品果収量の増加  
(無処理比**25%増**)

論文数等共通事項調査票

(平成25年12月31日調査時点)

事業名	農作業の軽労化に向けた農業自動化・アシストシステムの開発					
実施期間	平成22～26年度			評価段階	終了時	
予算額 (百万円)	初年度 (22年度)	2年度目 (23年度)	3年度目 (24年度)	4年度目 (25年度)	5年度目 (26年度)	総合計
	345	285	200	74	150	1,054

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
合計	111	16	1	1	127	130

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研程度)のみを記載)

①査読論文

- ・ A.A. Al-Mallahi a, T. Kataoka (2013), Estimation of mass flow of seeds using fibre sensor and multiple linear regression modeling, Computers and Electronics in Agriculture, 99, P116-122.
- ・ Michihisa IIDA, Ryo UCHIDA, Huaping ZHU, Masahiko SUGURI, Hiroki KURITA, Ryohei MASUDA (2013), Path-Following Control of a
- ・ Lu et al. (2012). Effects of supplemental lighting with light-emitting diodes (LEDs) on tomato yield and quality of single-truss tomato plants grown at high planting density. Environment Control in Biology. 50, 63-74.
- ・ Johkan et al.(2013). Improved light conditions at the fruit truss accelerate harvest time and enhance ascorbic acid concentration in a low-truss, high-density tomato production system. Journal of the Japanese Society for Horticultural Science. 2013;82(4):317-321
- ・ 佐野和男ら (2013), 床反力スイッチと股関節角度を用いた健常者の歩行意図推定, 日本機械学会論文集(C編), 3487-3500
- ・ Sato M. et al. (2013), Power Assist Control Calculated by a Human Model and Joint Angles for Walking Motion Using Pneumatic Actuators, Journal of Robotics and Mechatronics, 915-922
- ・ 伏見昭秀ら (2013) 農村畦畔における二重ネット工法によるシバ植栽の検討、芝草研究 41(2) 149-153
- ・ 藤井吉隆ら(2012)大規模水田作経営における従業員の能力養成と情報マネジメントー水稻の育苗作業を対象とした事例分析ー、農業情報研究, 21(3):51-64
- ・ 吉田智一ら(2013)農業生産工程管理データ表現形式FIX-pmsの開発,農業情報研究,22(2):103-116
- ・ 安場ら (2012),ユビキタス環境制御システム通信実用規約に基づいた施設園芸用管理ソフトウェアの開発,野菜茶研報,11.63-72

②③④(国内外)特許権等出願・品種登録

- ・ 夏の輝 出願番号 第28314号
- ・ パワーアシストロボット装置およびその制御方法 出願番号 特願2012-265712
- ・ パワーアシストロボット装置およびその制御方法 国際出願番号 PCT/JP2012/072814
- ・ パワーアシストロボット装置 出願番号 特願2013-217708
- ・ ドップラ効果を利用した位置測定方法および風速測定方法 出願番号2012-049081

⑤プレスリリース

- ・ 「農業ロボット全般」(平成25年6月2日、チャンネルジャパン(TBS))
- ・ 「無人田植えす～いすい 一人で2台操作」(平成25年5月17日、日本農業新聞18面)
- ・ 「キュウリ養液栽培技術の開発」(平成24年10月26日、日本農業新聞)
- ・ 「愛媛大・西条市 企業と連携 農業元気に」平成25年8月26日、愛媛新聞
- ・ 「農業用アシストスーツ 実証試験で効果確認」(平成25年12月26日 日高新報)
- ・ 「農業用支援スーツ試験」(平成25年12月28日 日本農業新聞)
- ・ 「小型除草ロボット開発、急斜面でもスイスイ」(平成25年12月6日、農研機構・近中四農研(日本農業新聞))
- ・ 「小型除草ロボット、作業能率2倍／傾斜地も楽に」(平成25年12月6日、農研機構・近中四農研(全国農業新聞))
- ・ 「農業技術の見える化」ー短期間で技を継承、農業技術の見える化」(平成24年1月1日、全国農業新聞8面)
- ・ 「熟練の”技” 継承効率化」(平成24年2月14日、日本農業新聞5面)

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)

- ・野口 伸: Embedded Technology 2013「農業の情報化とロボット化の現状と今後」(平成25年11月21日、横浜アリーナ)
- ・経済産業省北海道経済産業局、北海道、芽室町、一般社団法人北海道IT推進協会主催「IT農業推進セミナー&実演・展示会2013in芽室」,北海道芽室町
- ・NARO植物工場九州実証拠点1回研修会「イチゴ周年多収どり栽培」(平成25年8月28日、九州沖縄農業研究センター 野菜花き研究施設)
- ・公開シンポジウム「農業の成長産業化に向けてー植物工場関連技術と西条農業革新都市プロジェクトー」(平成25年8月24日、西条国際ホテル,主催:愛媛大学,西条市)
- ・有田市みかん生産者大会「パワーアシストスーツ講演」(平成25年2月10日、有田市文化福祉センター)
- ・静岡県浜松市三ヶ日町認定農業者協議会総会「パワーアシストスーツ講演と体験」(平成25年4月24日、三ヶ日町協働センター)
- ・2013国際フォロントニアメッセ(平成25年9月5日~6日、神戸国際展示場)
- ・平成25年度「小型ロボットによる畦畔除草等自動化技術の開発」成果発表会(平成25年12月25日、農研機構・近中四農研)1JA全農主催 平成24年度第3回TACアグリビジネススクール(平成24年8月8日、JA本社ビル)
- ・公益社団法人鹿児島県農業・農村振興協会「平成24年度農林技術中央研修会」(平成25年2月22日、かごしま県民交流センター)
- ・平成25年度第1回前橋市集落営農塾(前橋市担い手育成総合支援協議会主催、平成25年9月30日、JA前橋市本所)

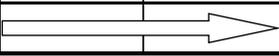
その他(行政施策等に貢献した事例)

- ・野口 伸:農林水産省スマート農業研究会「ICTとロボットによる次世代農業の実現に向けてー世界の技術動向からー」の講演(平成26年1月17日)
- ・スマート農業研究会(平成25年11月26日、農林水産省)で農作業ロボットの安全性について講演。
- ・農作業ロボットセミナーで(平成25年11月26日、生産局,大臣官房)で農作業ロボットの安全性について講演。
- ・園芸学会北陸支部大会シンポジウム「北陸地域における園芸振興のための新しい研究 (高収量と省力化を実現!キュウリの循環型養液栽培技術)」(平成25年11月14日、福井県AOSSA)
- ・植物工場三重拠点の取り組みについて、日本農業気象学会東海支部シンポジウム(平成25年11月29日、三重県農業研究所)
- ・畑中貴登ら「持ち上げ初期動作アシストのための床反力計測値を用いた関節トルク推定」(平成25年12月20日、第14回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会論文集3D3\_3)
- ・木村太郎ら「歩行時の股関節角度とフットスイッチを用いた電動パワーアシスト制御の提案」(平成25年12月20日、第14回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会論文集3D4\_2)
- ・ロボティクス・メカトロニクス講演会2012「畦畔除草ロボットの開発」(平成24年5月27~29日、アクシティ浜松)
- ・農業環境工学関連学会2012年合同大会「小型除草ロボットの除草部の刈取り性能について」(平成24年9月13日)、宇都宮大学峰キャンパス
- ・第14回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会企業展示、「畦畔除草ロボットの開発」(平成25年12月18日~20日、神戸国際会議場)

今後予定しているアウトリーチ活動等

- ・野口 伸:第11回測量技術講演会「地理空間情報を高度に活用したロボット農業」(平成26年1月30日、札幌第1合同庁舎)
- ・野口 伸:UHB大学「ロボットによる次世代農業」(平成26年5月20日、道新ホール)
- ・農業情報学会編「スマート農業ー農業・農村のイノベーションとサステナビリティー,4部12章ロボティクスの応用と農作業のスマート化」(平成26年4月、農業情報学会)
- 平成25年度植物工場拠点研修事業(千葉大学:専門知識研修(平成25年2月24日、2月26日))
- ・みかん展示会「農業用パワーアシストスーツの講演と実演」(平成26年1月9日、JAながみね しもつ営農生活センター)
- ・第21回インフォ・フェア'13inわかやま「パワーアシストスーツの展示と実演」(平成26年2月6日、アバローム紀の国)
- ・JA紀南青年部主催 田辺めぐりセミナー「アシストスーツの講演と実演」(平成26年2月21日、JA和歌山中央会青年部)
- ・ロボティクスセミナー「Powered Suit of Wakayama University」講演(平成26年2月26日、フランス大使館)
- ・千葉県農業再生協議会先進事例視察受入れ「大規模水田作経営における人材育成支援の研究開発」(平成25年12月17~18日、滋賀県農業技術振興センター・(有)フクハラファーム)
- ・日本食農連携機構6次産業化研修会、「農匠ナビプロジェクトの概要と稲作経営合理化の取り組み」,平成25年12月12日、東京都品川区
- ・ほ場生産管理システム説明会(平成26年1月24日、鹿児島県曾於畑地かんがい農業推進センター)

## 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>	自給飼料を基盤とした国産畜産物の高付加価値化技術の開発 (25年度に「国産農産物の革新的低コスト実現プロジェクト」に組替・再編)			<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>	消費・安全局畜水産安全管理課 生産局農産部穀物課 生産局畜産部畜産振興課
<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>	H22～H26（5年間）
				<b>総事業費（億円）</b>	17億円（見込）
<b>研究課題の概要</b>					
<p>飼料自給率の向上、国内における畜産物の安定供給、耕作放棄地の解消に対する要請に応えるため、①超多収飼料用米・飼料作物品種の育成、②飼料用の稲麦二毛作体系を基軸とした持続的な飼料生産技術の開発、③飼料用米多給を中心とした高付加価値畜産物生産技術の開発、④自給飼料の広域流通技術の開発等により、自給飼料を基盤とした畜産物生産技術体系を確立する。</p> <p>&lt;課題①：超多収飼料用米・飼料作物品種の育成 有食用米との識別性を有する多収飼料用米、TDN（※1）収量が高い飼料作物品種を開発する（継続：平成22～26年度）&gt;</p> <p>&lt;課題②：飼料用の稲麦二毛作体系を基軸とした持続的な飼料生産技術の開発 二毛作限界地帯から温暖地における飼料用稲一麦二毛作体系による年間高位安定生産技術や飼料用稲一大麦を基軸とした暖地多毛作体系等を開発する（継続：平成22～26年度）&gt;</p> <p>&lt;課題③：飼料用米多給を中心とした高付加価値畜産物生産技術の開発 自給飼料多給による高付加価値の牛肉・牛乳生産技術及び豚肉生産技術並びに鶏肉・鶏卵生産技術を開発する（拡充：平成22～26年度）&gt;</p> <p>&lt;課題④：自給飼料の広域流通技術の開発 広域流通に向けた自給飼料の高品質化及び安定化技術を開発する。（研究終了：平成22～24年度）&gt;</p>					
<b>1. 委託プロジェクト研究課題の主な目標</b>					
①10アール当たり1tの収量を達成し、食用米と識別性のある飼料用米を5品種以上育成するとともに、安定的に多収を達成できる飼料用米栽培技術を開発する。					
②水田における飼料用の稲麦二毛作体系を中心とした持続的な飼料作物生産技術を開発する。					
③牛・豚・鶏に給与されている輸入トウモロコシを100%代替できる飼料用米の調製・給与技術を開発するとともに、畜産物の高付加価値化を図る。					
④高品質な自給発酵飼料の長期保管技術、および、自給飼料の広域流通システムの開発。					
<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（H32年）</b>					
					<b>備考</b>

<p>水田を活用した国産飼料の生産・利用が拡大することにより、輸入飼料原料に依存した畜産から国産飼料に立脚した畜産への転換が進み、飼料自給率が現在の25%から38%にまで向上するとともに、耕作放棄地の解消が進む。</p> <p>また、飼料用米や稲ホールクロップサイレージ（稲WCS）を利用することによる畜産物の高付加価値化を図り、消費者へも貢献する。</p>	<p>飼料用米や稲発酵粗飼料（※2、3）用の専用品種の普及を進めるためには、地方自治体等での種子供給体制の整備が必要となる。また、飼料用米や稲WCSを利用した場合の畜産物の特徴を整理し、消費者に分かりやすく情報発信を進める。</p>
---	--

【項目別評価】	
<p><b>1. 研究成果の意義</b></p>	<p><b>ランク：A</b></p>
<p>（理由）我が国の畜産は輸入飼料への依存度が高いため、国際飼料価格の高騰及び不安定な飼料需給状況の影響を受けやすく、国内における畜産物の安定供給を確保するためには、飼料自給率の向上を図る必要がある。米については、主食用需要の減少等を理由に40年近くにわたって生産調整が進められてきたが、アジア・モンスーン地帯に属する我が国の気候に最も適した作物である。最近の世界的な穀物需給のひっ迫状況を鑑みれば、水田を有効に活用し、輸入トウモロコシを中心とした輸入飼料の代替として米の利用拡大を図ることで、国産飼料の基盤強化を図る必要がある。</p> <p>このため、飼料用米・稲ホールクロップサイレージ（以下、稲WCS）（※4）を主体とする自給飼料を基盤とした畜産物の生産技術体系を開発・確立することにより、飼料自給率の向上と畜産物の高付加価値化、不作付けとなっている水田の解消を図ることが、農林水産業、食品産業、国民生活の向上を図る上で重要である。また、米については5年後の18年度をめぐりに生産調整が廃止され、飼料用米を含む新規需要米・加工用米の生産を今後10年間で150万トンまで増やすことが新たに目標として掲げられたことから、飼料用米の生産・流通・給与に関する技術開発への要望が高まっている。</p> <p>以上のことから、研究成果の意義は高い。</p>	
<p><b>2. 研究目標の達成度及び今後の達成可能性</b></p>	<p><b>ランク：A</b></p>
<p>（理由）飼料用米については10アールあたり1tの玄米収量を達成しうる有望な系統の育成が順調に進んでおり、飼料特性の優れた稲発酵粗飼料用品種や多収の飼料用大麦品種等の開発では既に6品種を開発し、研究目標を達成している課題もあり、<u>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ことから、達成度は高い。</u>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。</p> <p>（1）食用米との識別性を有する多収飼料用米、可消化養分総量（TDN）収量が高い飼料作物品種の開発</p> <p>10アール当たり1tの収量を達成し、食用米と識別性のある飼料用米を5品種以上育成するとともに、安定的に多収を達成できる飼料用米栽培技術を開発するという目標に対し、以下のような成果を上げるなど、<u>概ね目標どおりの成果が得られている。</u> 主要な成果は以下のとおり。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・飼料用米では、識別性があり粗玄米収量（855kg/10a）が高い「いわいだわら」を品種登録し現場への普及を進めており、1t/10aを達成する品種については候補系統として「関東264号」を開発し、品種登録への準備を進めている。稲発酵粗飼料用については、糖含量が高く茎葉が多収な新品種「たちあやか」及び難消化性リグニン含量が低い「たちはやて」を品種登録した。飼料用作物では、紫斑病抵抗性で高消化性遺伝子を持つ高TDN収量のソルガム品種「夏太郎」、チモシー中生品種との混播適性に優れるアカクローバ品種「アンジュ」、低硝酸態窒素濃度イタリアンライグラス品種「LN-IR01」を品種登録し、現場への普及を進めている。また、飼料用大麦では、縞萎縮病に抵抗性で牛の嗜好性に優れる多収の有望系統「関東皮93号」、暖地での多毛作体系に適した「西海皮67号」を開発し、品種登録への準備を進めているところである。</li> <li>・各種作付け体系に対応した高TDN収量のトウモロコシについては、有望系統の試験データ収集を進</li> </ul>	

めており、実施期間内に目標を達成する見込みとなっている。

### (2) 飼料用の稲麦二毛作体系を基軸とした持続的な飼料生産技術の開発

水田における飼料用の稲麦二毛作体系を中心とした持続的な飼料作物生産技術を開発する目標に対し、概ね目標どおりの成果が得られている。 主要な成果は以下のとおり。

・二毛作限界地帯では荒代かき、無代かき飼料用イネ栽培とチゼルプラウシーダを用いたオオムギの簡易耕同時播種技術により、作目の迅速な切り替えが可能となり、実規模栽培で年間乾物収量 1.6 t/10a 以上を達成した。温暖地においては春季の作業競合を回避できる麦立毛間播種技術を導入して、現地実証試験において実乾物収量 1.8 t/10a を達成した。飼料用稲に液肥、飼料用オオムギには堆肥を活用する低コスト二毛作栽培の実証試験において、年間実乾物収量 2 t/10a を達成した。九州地域では、試験場内でイネ乾田直播 2 回刈りと麦出穂期刈りで 2.5 t/10a を達成し、現地実証試験を進めている。これらの二毛作体系技術は、「ダイレクト収穫体系による飼料用稲麦二毛作技術マニュアル」にとりまとめ公開しており、現場への普及を迅速に進めていく。

・暖地での多毛作体系については、今後も圃場の湿潤程度に対応した適草種の選定や雑草対策を進めることで、現地実証試験での年間乾物収量 2.5 t/10a を達成できる可能性が高い。

・飼料用米の低コスト栽培管理法について、地域の条件に適応した品種を選定し、高収量水準を維持しつつ施肥コスト削減、直播・疎植栽培による種苗費・労働費の削減、立毛乾燥による乾燥費削減の効果を明らかにし、生産費 90 円/kg を下回る栽培事例を得た。堆肥活用を基本とする肥培管理法と 10a 当たり粗玄米収量 800kg 水準の飼料用米生産費を 90 円/kg 以下に抑える低コスト栽培管理法については、各地での技術の適応条件をより明確にしていくことで、広く活用できる技術として確立できる見込みである。

・ソフトグレインサイレージ (※5) 調製については、良好な発酵状態になる破砕・水分条件等を明らかにするとともに、成果は「既存の穀物施設を活用した粃米サイレージマニュアル」として公開しており、現場普及にいたる技術として確立できる。

・トウモロコシでは、簡易耕播種技術について、慣行栽培と遜色ない乾物収量を得ながら、作業時間を半減できることを現地実証試験により証明した。また、寒地限界地帯である北海道天北および根釧地域における、飼料用トウモロコシの安定栽培マップを作成した。とうもろこし赤かび病については、抵抗性評価のための接種条件および耐病性の高い系統を明らかにしたことから、実施期間内に抵抗性選抜方法は確立できる見込みである。

### (3) 飼料用米多給を中心とした高付加価値畜産物生産技術の開発

牛・豚・鶏に給与されている輸入トウモロコシを 100% 代替できる飼料用米の調製・給与技術を開発するとともに、畜産物の高付加価値化を図るという目標に対し、概ね目標どおりの成果が得られている。 主要な成果は以下のとおり。

・飼料用米の泌乳牛への給与については、輸入トウモロコシの全量代替として飼料用米を飼料中に 25~30% 混合できること、配合中のトウモロコシの大部分を置き換える形で飼料用米を 38.5% まで高めたペレットの製造とその給与、ならびに牛乳の高品質化に関する知見が得られた。また、玄米および粃米を加工する場合、2mm 以上の粒の割合が少なくなるにつれデンプン消化率が向上し、TDN 含量が高まることを示した。さらに、水田自給飼料としてオオムギ WCS やコムギ WCS を活用した乳牛の飼養技術について、実証試験を通じた取り組みにより自給飼料を基盤とした畜産物の生産技術体系を開発し、「ダイレクト収穫体系による飼料用稲麦二毛作技術マニュアル」に取りまとめた。

・肉用牛への給与については、飼養管理を適切に行うことにより、市販配合飼料の 35% までを単純に飼料用米で置き換えて肥育可能であること、また飼料設計を適切に行うことにより、濃厚飼料中の飼料用米比率を 40% 以上に高めても肥育全期間を通じて給与可能であることを示した。なお、25 年度までに飼料用米多給肥育牛の試験がほぼ終了し、増体成績、枝肉成績、牛肉の理化学性状、官能評価などのデータが集積され、生産現場への情報提供も本格化しており、目標が十分に達成される見込みである。

・地域飼料資源の反芻動物への有効活用技術については、柑橘粕を 5% 混合した泌乳牛向け完全混合飼料 (TMR) メニュー (飼料自給率 65%) を提示するとともに、大豆 WCS の栽培から乳牛への給与に至る一連の飼料利用技術を提示した。また、ワイン沈殿澱がルーメン中のアンモニア発生を抑制する

とともに酸化ストレスを軽減すること等を明らかにしている。今後、更なる知見が集積されることにより、自給飼料を用いた効果的な発酵 TMR (※6) の製造が期待できる。

・豚については、玄米あるいは粳米という形態のちがい、加工方法、給与時期に応じた肥育用飼料への飼料用米の配合水準の上限値を示すとともに、肥育後期では飼料用玄米でトウモロコシを全量代替して給与できることを明らかにした。さらに、肥育後期豚で飼料用米玄米の多給により皮下脂肪の脂肪酸組成が影響を受け、脂肪融点が変化すること等を示した。また、分析型官能評価パネルを用いて、飼料用米等の自給飼料資源を多給した豚肉は、慣行給与の豚肉との間に「食べてわかる違い」があることを明らかにした。さらに、暑熱環境下の豚に紫黒米を給与することは、豚の酸化ストレスの軽減に有効であることも示唆された。これまでに得られた成果を現場実証試験に活かすことで、多給技術のマニュアル化などの目標を達成できる。有色素米の活用についても、機能性成分の効果に関するデータを集めることでストレス低減技術に関するマニュアル策定が可能となる。

・鶏については、餌付け期を除く肥育の全期間におけるブロイラーや地鶏の肉用鶏および産卵の全期間における産卵鶏で、全粒粳米の形で飼料用米をトウモロコシと全量代替できることを明らかにするとともに実用時の留意点を明確にし、飼料用米の給与により鶏肉のアミノ酸バランスが変化し、特長のある鶏肉を生産できることを示した。また、ブロイラーにおける暑熱の急性感作では全粒粳米給与により負の影響が緩和されることが、そして暑熱の慢性感作ではその給与に工夫が必要なことが確認された。このように、暑熱をはじめとするストレス条件下での鶏への飼料用米給与の影響も明らかになりつつあり、取り組みを継続させることで、ストレス条件下での鶏の生産における飼料用米の適切な利用法の開発が期待できる。さらに、米の糠部分に含まれる機能性成分を利用して初生雛へのごく短期間での栄養操作で、その後の有意な成長促進が見込めることを明らかにするとともに、全粒粳米と単体アミノ酸の併用により卵重制御ができることを明らかにするなど、今後の技術開発のシーズとなる成果も得られている。今後も飼育ステージごとの飼養設計について検討を継続していくことで、全粒粳米の形で飼料用米を給与した場合の留意点が明確となり、飼料用米をトウモロコシに最大限代替する技術の確立が期待できる。

#### (4) 自給飼料の広域流通技術の開発

高品質な自給発酵飼料の長期保管技術、および自給飼料の広域流通システムの開発する目標に対し、概ね目標どおりの成果が得られた。主要な成果は以下のとおり。

・発酵 TMR および素材となる濃厚飼料、粗飼料の一般成分を迅速に高精度で評価できる可搬型近赤外分析 (NIRS) 装置を開発した。この装置の販売価格は、同様の既存装置の 1/3~1/4 に設定可能である。これまで全国から収集した飼料用玄米を無粉碎で NIRS 測定し、水分、粗タンパク質、粗脂肪含量を高精度で推定でき検量線を得ている。また、7 品種の色米について各成分値を測定し、一般成分は日本標準飼料成分表 (玄米) の値とほぼ同等の値であることを示した。開発した近赤外装置については、今後もサンプルの収集・分析を継続して行い、検量線の更なる精度向上を図ることで、実用化の目標を達成する見込みである。色米についても引き続き一般成分および色素成分の解析等を進め、飼料用米については圧ぺん、膨化処理など加工法の異なる粳米を用いて消化性・栄養価の差異を継続して測定し、「日本標準飼料成分表」等の掲載に向けたデータベースを構築することで、目標を達成する見込みである。

・自給飼料の品質維持に向けて、ロールバールの変形を抑えるベールグラブの開発と低温条件下でも良質なサイレージ調製が可能な新規乳酸菌の開発に成功した。また、円滑な自給飼料の流通に向けて、稲発酵粗飼料等のロールバール重量を計測する手法と自給飼料の生産履歴を管理するためシステムを開発した。また、現地調査から稲発酵粗飼料の広域流通が成立するために必要となる条件を、信用、価格、品質、制度の観点から整理した。今後も変形防止用ベールグラブの実用化、新規包装資材や新規乳酸菌等を用いたサイレージ発酵品質の向上を図るとともに、「稲発酵粗飼料流通基準」に対応した生産履歴管理システムの構築をさらに進めることで、安全で安定した良質な国産飼料の広域流通モデルを策定し、目標を達成する見込みである。

### 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) 飼料用米の普及拡大に向けて、生産局や各県、関係団体と連携をとりながら、新品種の普及を進めるための種苗供給体制の整備、飼料用米に適した栽培法や飼料用米給与技術に関するマニュアルを整備して、累計1万冊規模の配付・広報、新技術の普及に必要な機械施設などの導入支援等を通じた現場への支援を進めた。

水田を活用した国産飼料の生産・利用が拡大することにより、輸入飼料原料に依存した畜産から国産飼料に立脚した畜産への転換を促し、飼料自給率が現在の25%から38%に向上し、畜産物の国際競争力強化が図られることが期待できる。また、飼料用米・稲WCSを中心として、耕種農家と畜産農家との耕畜連携が拡大するとともに、地域の活性化が図られることになる。飼料用米や稲WCSの利活用は、不作付となっている水田の解消や輸入飼料の代替飼料としての利用のみならず、その特長を生かした畜産物の高付加価値化が図られることから、消費者への貢献も大きい。

以上のことから、本研究が社会・経済等に及ぼす効果とその実現に向けた研究成果の普及・実用化の道筋の明確性は高い。

#### 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など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。

研究課題採択後においては、外部有識者3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」を組織し、進捗状況等を点検するためにこれまで11回(年間4回程度)開催した。適切な進行管理を行った結果、開始3年で最終目標を達成できた「放牧牛乳の安定生産及び評価利用技術の開発」に関する6課題、「放牧と国産飼料多給を組み合わせた高付加価値放牧牛肉の安定生産技術の開発」に関する6課題、「自給飼料の簡易・迅速評価技術の確立」に関する6課題、「広域流通に向けた自給飼料の高品質化及び安定化技術」に関する8課題等の課題を削減した。また、原発事故に対応した緊急課題等の実施も決める等、実施計画、課題構成、実施体制、予算配分等を見直しつつ適切な研究の進行管理を行った。

また、本委託プロジェクトにおいては、耕種と畜産、各研究分野の連携を図ることに重きを置き、畜種分野から家畜の給与分野への有色素米を初めとする試験用飼料用米の提供や、栽培分野で生産された麦WCSの飼料特性を家畜試験により検討する等の連携が積極的に行われている。研究成果の公表についても迅速な発信を心がけており、「飼料用米の生産・給与技術マニュアル」は耕種・畜種双方の領域において出された成果を、毎年更新し、農研機構畜産草地研究所のホームページで公表するとともに、地方農政局、関係団体等の協力も得ながら指導機関への配布を行っている。また、「ダイレクト収穫体系による飼料用稲麦二毛作技術マニュアル」及び「既存の穀物施設を活用した籾米サイレージマニュアル」についても畜産草地研究所のホームページで公表するとともに、指導機関への配布を行っている。

以上のことから研究推進方法の妥当性は高い。

#### 【総括評価】

ランク：A

##### 1. 委託プロジェクト研究課題全体の実績に関する所見

実用化に向けて体系的に研究が進められており、全体的に順調に進んでいる。

##### 2. 今後検討を要する事項に関する所見

具体的な展望を盛り込んだロードマップが必要である。また、技術マニュアルが農家に行き届くよう、より成果の普及・広報に力を入れる必要がある。

[課題名] 自給飼料を基盤とした国産畜産物の高付加価値化技術の開発

用語	用語の意味	※番号
TDN	Total Digestible Nutrients (可消化養分総量) の略である。家畜が栄養として消化・吸収しうる養分量。飼料イネでは、乾物中のTDNの含量が55%前後、トウモロコシでは67%前後である。	1
発酵粗飼料	牧草や飼料作物を原料としてサイロ (気密性と圧密性を持ち、嫌気状態を保つことのできる構造物または容器) に詰め込み、発酵させることによって保存性を付与した飼料である。	2
稲発酵粗飼料	稲の地上部を収穫した後、乳酸発酵させて貯蔵した飼料のことである。稲WCSとも言う。(WCSとは、ホールクロップサイレージの略称。)	3
ホールクロップサイレージ (WCS)	Whole Crop Silage (WCS)。イネやトウモロコシなど、従来、子実部と茎葉部を分けて利用していた作物について、作物の茎葉部を含めた植物体全体を用いてサイレージとしたもの。栄養価の高い子実部と繊維を含む茎葉部の両方を含むため牛にとってバランスの良い飼料である。	4
ソフトグレインサイレージ (SGS)	稲や麦などの穀実を水分が高いまま密閉した容器で貯蔵して、乳酸発酵を行うことで調整した飼料のことである。SGSのTDN含量は77~81%であり栄養価が高く、物理性もよく、さらに家畜の嗜好性も良いが、末消化子実の排泄も多いので、子実を破砕して調整する。開封後に変敗しやすいのが難点である。	5
発酵TMR	サイレージ、乾草などの粗飼料を破砕し、濃厚飼料、ミネラルなどを混合した飼料であるTMR (Total Mixed Ration: 完全混合飼料) に乳酸菌などを添加し、保存性や消化性、嗜好性を高めるため発酵貯蔵した飼料である。	6

## 自給飼料を基盤とした国産畜産物の高付加価値化技術の開発

【404（505）百万円】

### 対策のポイント

多収で食用米と識別性がある飼料用米等の開発、自給飼料を活用した高付加価値畜産物生産技術の開発を行います。

### <背景／課題>

我が国は、輸入飼料への依存度が高いため、輸入トウモロコシを飼料用米で代替すること等により、飼料自給率を向上させ、国内における畜産物の安定供給を確保する必要があります。

### 政策目標

- 10アール当たり1トンの多収で食用米と識別性のある飼料用米を5品種以上開発
- 飼料用米等の自給飼料多給型畜産飼養技術を開発

### <主な内容>

#### 1. 超多収飼料用米・飼料作物の品種育成

多収で食用米と識別性がある飼料用有色米、暖地向き三毛作用トウモロコシ等の品種開発を行います。

#### 2. 持続的飼料生産技術の開発

飼料用稲・飼料用麦二毛作体系を基軸とした飼料生産技術、家畜ふん堆肥を用いた持続的な低コスト飼料用米栽培技術、立毛乾燥等による飼料用米の低コスト調製技術等の開発を行います。

#### 3. 飼料用米多給を中心とした高付加価値畜産物生産技術の開発

牛・豚・鶏への輸入トウモロコシに代替する飼料用米の給与技術、放牧による畜産物の安定生産技術、機能性飼料の給与による家畜のストレス回避技術等の開発を行います。

#### 4. 自給飼料の広域流通技術の開発

広域流通における高品質な発酵TMR（完全混合飼料）等の長期保管技術及び簡易品質評価手法、新たな微生物資材による発酵飼料の長期安定化技術等の開発を行います。

（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）

（03-6744-2214（直））]

# 自給飼料を基盤とした国産畜産物の高付加価値化技術の開発

## 背景

- ◆ トウモロコシ国際価格上昇と飼料の輸入依存
- ◆ 自給飼料のTDN(可消化養分総量)が低い
- ◆ 飼料自給率26%(H20)
- ◆ 耕作放棄地38万ha

## 政策目標

- ◆ 国産飼料の有効活用による飼料自給率の向上
- ◆ 自給飼料の生産や飼料用米の利用の促進

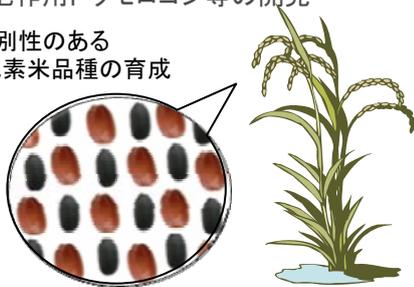
## 研究内容

### 育種

### 超多収飼料用米・飼料作物

- ・多収で食用米と識別性がある飼料用有色素米品種の開発
- ・暖地向き三毛作用トウモロコシ等の開発

- ▼食用米と識別性のある飼料用有色素米品種の育成



### 栽培

### 持続的な生産技術の開発

- ・飼料用稲・飼料用麦二毛作体系を基軸とした飼料生産技術の開発
- ・家畜ふん堆肥を用いた持続的飼料用米栽培技術の開発
- ・立毛乾燥等低コスト飼料用米調製・利用技術の開発

- ▼水田における飼料用稲、飼料用麦の体系的な生産技術の開発

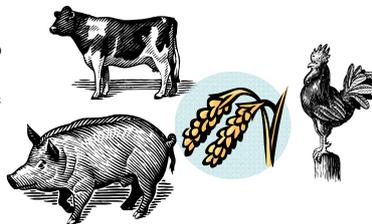


### 調製・給与

### 高付加価値化技術の開発

- ・飼料用米による輸入トウモロコシ代替給与技術の開発
- ・放牧による高品質な畜産物安定生産技術の開発
- ・機能性飼料の給与による家畜のストレス回避技術等の開発

- ▼牛・豚・鶏における輸入トウモロコシの飼料用米による代替給与技術の開発



### 流通

### 広域流通技術の開発

- ・広域流通における高品質な発酵TMR等の長期保管技術及び簡易品質評価手法の開発
- ・新たな微生物資材による発酵飼料の長期安定化技術等の開発

- ▼自給飼料の広域流通のための簡易品質評価手法の開発



国産飼料の生産から給与に至る自給飼料利用の総合的な研究推進

自給飼料の増産促進  
国産畜産物の高付加価値化

## 国産農産物の革新的低コスト実現プロジェクト

【468（1,131）百万円】

### 対策のポイント

米粉用米や超多収飼料用米等の加工適性に優れ、収量性の高い品種の育成と土地利用型農業や施設園芸における低コスト生産技術の開発を行います。

### <背景/課題>

- ・食料・農業・農村基本計画の目標である食料自給率50%を達成するためには、外国産への依存度の高い加工原料用農産物等について、国産への需要代替を図ることが不可欠です。
- ・このためには、加工適性に優れ、収量性の高い品種の育成と低コストな生産技術の開発を一体的に実施し、実需者ニーズに応じた国産農産物の革新的な低コスト・省力生産体系を構築することが必要です。

### 政策目標

- 土地利用型農業における労働コストを半減するとともに、輸入品の加工需要を10万トン程度代替
- 施設園芸の農薬使用量30%、電照栽培の電力消費量70%削減
- 飼料用米の生産コストを40%削減

### <主な内容>

1. 土地利用型農業における高加工適性品種の育成と低コスト生産技術の開発  
米粉用品種、パン・中華めん用小麦品種等、用途に応じた高い加工適性を有する品種を育成するとともに、土地利用型農業における自動農作業体系化技術等を開発します。
2. 植物工場等園芸技術の省エネ・省力・低コスト化  
生物の光応答メカニズムの解明による省エネ・コスト削減技術、施設園芸における高度環境制御技術、作業軽労化のための農業用アシストスーツを開発します。
3. 超多収飼料用米の育成と低コスト飼料生産技術の開発  
超多収飼料用米・飼料作物品種、稲・麦二毛作体系を基軸とした効率的飼料生産技術、飼料用米多給を中心とした自給飼料利用技術を開発します。

（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統括官（食料戦略、除染）  
（03-6744-2214（直））

# 国産農産物の革新的低コスト実現プロジェクト

## 背景

我が国の食料自給率は39%と低い水準にある。国産農産物のシェア拡大には、用途に応じた適性品種を育成するとともに革新的な低コスト・省力生産技術を開発し、生産コストの大幅な削減と耕地・施設の高度利用による生産の効率化を推進する必要がある

土地利用型農業における高加工適性品種の育成と低コスト生産技術の開発



トラクター、コンバインのロボット化

- ・国産品シェアの拡大に必要な高加工適性品種の育成
- ・無人トラクター等による農業自動化

食料・農業・農村基本計画の目標、食料自給率50%、耕地利用率108%に貢献

- ・米粉適性品種、パン・中華めん用小麦等の品種育成
- ・農業自動化システムによる抜本的省力体系を構築する

農業自動化システムによる低コスト・省力体系

水田の高度利用による生産拡大      アシストスーツによる軽労化

超多収飼料用米の育成と低コスト飼料生産技術の開発



- ・飼料米・飼料作物の品種育成
- ・自給飼料利用技術の開発

食料・農業・農村基本計画の目標、飼料自給率38%に貢献

- ・超多収飼料用品種育成、稲麦二毛作体系による生産拡大
- ・飼料米多給技術を開発し、自給飼料の利用拡大に貢献する

植物工場等園芸技術の省エネ・省力・低コスト化



- ・園芸作物生産の効率化
- ・LED照明を利用した高度環境制御技術の開発
- ・農業用アシストスーツによる軽労化

食料・農業・農村基本計画の生産数量目標、野菜1308万tに貢献

- ・施設園芸における高度環境制御技術を開発し、生産効率化に貢献する

生産コストの大幅削減・省力化

耕地・施設の高度利用による生産の効率化

国産農産物シェア拡大



【ロードマップ（終了時評価段階）】

自給飼料を基盤とした国産畜産物の高付加価値化技術の開発

～H21	H22	H23	H24	H25	H26	H27～31	H32		
既往の成果 (知見)	委託研究プロジェクト					現場への普及促進			
各地域に適応した7～8t/haの飼料用米品種	1-1 識別性のある飼料用米品種の育成手法の確立		2-1 識別性を有し、収量性の高い飼料用米品種の育成		行政部局（生産局）と連携した普及計画の検討・策定  ・単収1tを達成し、食用米と識別性のある飼料用米品種を5品種以上育成。 ・生産コスト90円/kgでの飼料用米作付け技術の体系化。 ・家畜ふん堆肥等を利用した持続的で環境に優しい肥培管理技術の確立 ・配合飼料中の輸入トウモロコシを100%代替する飼料用米の給与技術を開発 ・飼料用米を多給した畜産物の高付加価値化技術の開発 ・高品質な自給飼料の広域流通システムを確立	普及計画に即した支援の実施  ・新品種の普及を進めるための種苗供給体制の整備  ・飼料米に適した栽培法や飼料用米多給技術に関するマニュアルの整備・広報  ・新技術の普及に必要な機械施設などの導入支援	・飼料自給率を平成32年までに38%を目標に向上させることによる、畜産物の国際競争力強化。  ・不作付となっている水田の解消に貢献する。  ・飼料稲を活用した畜産物の高付加価値化が図られる。		
低コストな食用米直播体系や多収となる飼料米品種の選定	有色素米に組み合わせる除草剤感受性DNAマーカー開発  連続戻し交雑等による形質の品種・系統への導入・付加	収量性および各地域への適応性の評価  新品種の飼料特性の評価	1-2 稲WCS・飼料用麦二毛作体系による飼料生産技術の開発  飼料用として適性のある麦品種の選定  試験場での多収稲麦二毛作体系の確立	2-2 低コストで持続的な飼料作物輪作体系の確立と現地実証  家畜ふん堆肥を活用した栽培技術の確立  低コスト生産体系の現地実証					
飼料用米を一定水準給与した畜産物の生産技術	1-3 輸入トウモロコシを飼料米に代替するための給与技術の開発		2-3 飼料用米多給を中心とした畜産物の高付加価値化技術の開発					飼料用米を多給するための破碎等の調製方法の検討  飼料用米の栄養を補完する資材や給与法の検討	飼料用米を多給した畜産物の品質評価  飼料用米を多給した畜産物の高付加価値化技術の開発  高品質な自給飼料の広域流通システムの開発と現地実証
保管のためのサイレージング	飼料品質を劣化させない荷役具等の開発  品質を安定化させる乳酸菌資材等の同定	飼料成分分析用の可搬型近赤外分析装置の実用化  耕畜連携を進めるための広域流通システムの確立							

# 超多収飼料用米・飼料作物の品種育成 稲・麦二毛作体系を基軸とした持続的飼料生産技術の開発

- 1トン/10aを目指す飼料用米有望系統を開発中。  
これまでに飼料用イネ3品種、飼料作物2品種（アカクローバ、ソルガム）を育成。
- 飼料用米の生産費を90円/kgを目指す低コスト栽培技術を開発。実証試験でも90円台の結果を得た。

## 超多収飼料用米・飼料作物品種の育成

1トン/10aを目指す超多収飼料用米有望系統  
「関東264号」

	収量 (kg/10a)	日本晴比 (%)
<b>関東264号(飼料用)</b>	<b>950</b>	<b>137</b>
北陸193号(飼料用)	864	124
日本晴(主食用)	695	(100)

2年平均収量(作物研究所)

極短穂で茎葉に糖含量の高いイネ稲発酵粗飼料用新品種  
「たちあやか」



## 90円/kgの生産費を可能とする 超低コスト生産技術の開発

	山形県	福島県	岐阜県	主食用 全国平均
1kgあたり 生産費	97.9円	90.7円	93.0円	222.5円
収量 (kg/10a)	740kg	779kg	806kg	523kg
60kgあたり 費用合計	5875円	5442円	5583円	13351円
10aあたり 労働時間	8.1	11.0	12.8	26.4

・耕畜連携による施肥コスト削減、直播・疎植栽培、圃場乾燥で生産費を削減し、90円台を実証。

**収量レベルを向上し、生産費をさらに削減**

# 飼料用米多給を中心とした高付加価値畜産物生産技術の開発

- 牛・豚・鶏への飼料用米の限界給与水準（トウモロコシ代替限界）を明らかにし、実証試験に取組。
- 粳米給与による飼養コストについて、実証試験結果からの試算を進めている。

## 飼料用米の限界給与水準の解明

3年間で明らかにした配合可能な飼料用米の水準(%)

牛	泌乳牛		肥育牛
	前期	中～後期	全期間
粳米	25 (100)	25 (100)	40 (100)
玄米	25 (100)	35 (100)	40 (100)

豚	豚（玄米）	豚（粳米）	
	前～後期	後期のみ	前～後期
	50 (75)	75 (100)	30 (40)

鶏	採卵鶏（粳米）			
	幼雛	中雛	大雛	採卵期
	30 (50)	52 (100)	—	60 (100)

ブロイラー（粳米）	
前期	後期
30 (50)	52 (100)

( )内はトウモロコシの代替率

※本結果は、生産性に影響を及ぼさない最大限の給与限界についての研究結果であり、実際の生産現場では安全率を見込んだ配合割合とする必要がある。

## 鶏卵生産におけるコスト比較

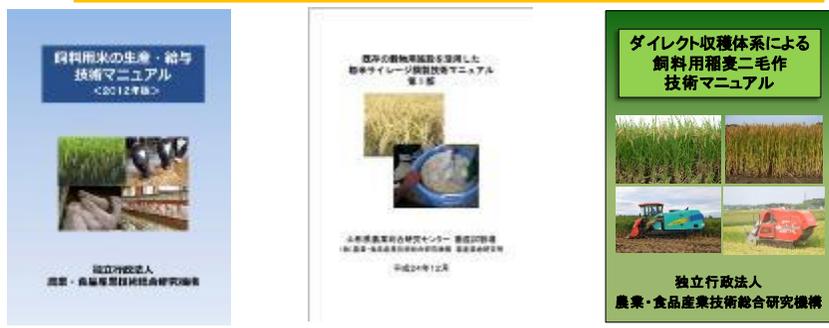


	トウモロコシ	粳米
鶏卵1kg生産に必要な飼料kg	1.86	2.00
産卵量(g/日)	62.5	64.7

・試算上、トウモロコシと粳米が同じ価格であれば、収支は釣り合う  
 ※平成25年度までの経営所得安定対策(8万円/10a)を含めた試算である。

実証試験ではトウモロコシ価格は35円/kg、粳米価格は28円/kgとなっており、差額が農家の利益となる。

## 技術の普及のための各種マニュアルの発行



「飼料用米の生産・給与技術マニュアル」などを行政部局と連携して発行し、技術の普及を推進。

論文数等共通事項調査票

事業名	自給飼料を基盤とした国産畜産物の高付加価値化技術の開発					
実施期間	平成22～26年度			評価段階	終了時	
予算額 (百万円)	初年度 (22年度)	2年度目 (23年度)	3年度目 (24年度)	4年度目 (25年度)	5年度目 (26年度)	総合計
	545	505	404	148	140	1,742

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	54			5	8	100

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

- ・喜田環樹ら(2012)「自走式ペールラップによるロールベール計量手法」日本草地学会誌,57,205-208
- ・森田聡一郎ら(2011)「トリプルディスク方式により不耕起播種されたトウモロコシ(Zea mays L.)の播種精度と初期生育へ与える影響」日本草地学会誌,57,136-141
- ・大平陽一ら(2011)「飼料イネ種子の休眠程度が越冬後の発芽力に及ぼす影響とその品種間差異」日本作物学会紀事,80, 174-182
- ・中野洋ら(2013)「Yield and nutritive value responses of forage barley cultivars and lines」Agron. J.,105,1087-1093
- ・宮地慎ら(2012)「Effect of replacing corn with brown rice grain in a total mixed ration silage on milk production, ruminal fermentation and nitrogen balance in lactating dairy cows」Anim Sci J.,83, 585-93
- ・松本光史ら(2012)「人工消化による赤米および紫黒米の抗酸化能評価と種雌豚への短期給与が酸化ストレス指標に及ぼす影響」日本養豚学会誌,49,109-116
- ・南都文香ら(2013)「Effects of Dehulled, Crushed and Untreated Whole-Grain Paddy Rice on Growth Performance in Broiler Chickens」Journal of Poultry Science,49, 291-299
- ・中村好徳ら(2013)「褐毛和種および黒毛和種去勢雄牛を用いた周年放牧肥育事例」日本暖地畜産学会報,56,79-96
- ・本山三知代ら(2013)「In situ Raman spectrometric analysis of crystallinity and crystal polymorphism of fat in porcine adipose tissue」J Agric. Food Chem.,61,69-75
- ・喜田環樹ら(2013)ロールベール流通のための生産履歴管理システムーシステムの構築と生産法人における検証ー, 日本草地学会誌59, ,14-20

②③④(国内外)特許権等出願・品種登録

- ・稲種「たちあやか」2012-26866
- ・稲種「いわいだわら」2013-28312
- ・稲種「たちはやて」2013-28404
- ・ソルガム属「夏太郎」2013-28403
- ・あかクローバ種「アンジュ」2013-28369

⑤プレスリリース

- ・「フレコン利用で経費30%減 飼料米をサイレージ化」(全国農業新聞(平成25年9月6日))
- ・「飼料用米のサイレージ調製技術」(日本農業新聞(平成25年7月30日))
- ・「飼料中のトウモロコシとマイロを飼料用米に代替した飼料を給与」(日本農業新聞 岐阜版(平成25年4月24日))
- ・「エサプロ～国産飼料プロにまたがって実施された、飼料用米30%ないし50%給与試験について」(日本農業新聞)平成25年2月6日))
- ・「飼料用米30%ないし50%給与試験」(平成25年1月31日,(岐阜新聞掲載))(平成25年1月30日,(ぎふテレビ))
- ・「飼料用米の種類、県内での流通、活用状況」(日本農業新聞(平成25年1月23日))
- ・「飼料中のトウモロコシを飼料用米に全量代替した飼料(飼料用米割合55%)をバークシャー種肥育後期豚に給与」(日本農業新聞(平成24年12月18日))
- ・黒毛和種肥育牛の生後9から18ヶ月齢の肥育前中期において、圧ぺんもみ米で配合飼料の一部を代替できる。」(日本農業新聞(平成24年4月3日))

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)

- ・飼料用米生産利用拡大シンポジウム「飼料用米生産と利用に関する成果情報」(平成25年8月5日、岐阜県)
- ・平成25年度中央畜産技術研修会「飼料用イネ(稲発酵粗飼料、飼料米)の低コスト多収栽培技術」(平成25年10月8日)
- ・九州農業研究発表会「黒毛和種去勢牛の仕上げ肥育期および肥育中後期における飼料用米、豆腐粕等で調製した発酵TMRで慣行飼料の6割程度代替給与について」(平成25年7月21-25日)
- ・平成25年度中央畜産技術研修会「飼料用イネ(稲発酵粗飼料、飼料米)の低コスト多収栽培技術について」(平成25年10月7-9日)
- ・四日市市畜産振興協議会畜産経営者研修会「飼料用稲の利用について」(平成25年7月5日)
- ・革新的農業技術に関する研修会「自給飼料の多収生産技術と未利用資源の飼料化技術」(平成25年9月4日、栃木県)
- ・革新的農業技術に関する研修「飼料イネや他用途向け多収イネの漏生イネ対策」(平成25年9月3~4日、東北農業研究センター)
- ・平成24年度「飼料イネの研究と普及に関する情報交換会」粉碎粳米等飼料用米を活用した肥育豚の飼養管理技術の開発」(平成24年12月3, 4日、発明会館ホール)
- ・平成24年度「飼料イネの研究と普及に関する情報交換会」飼料用米の養鶏飼料としての利用」(平成24年12月3, 4日、発明会館ホール)
- ・日本科学飼料協会第428回月例研究会「鶏骨格筋におけるミトコンドリアのはたらき(国産飼料プロの紹介を含む)」(平成26年1月14日、馬事畜産会館)

その他(行政施策等に貢献した事例)

- ・ダイレクト収穫体系による飼料用稲麦二毛作技術(酪農ジャーナル2013年9月号)
- ・「肥育豚への給与技術」(畜産技術誌2013年7月号)
- ・「採卵鶏および肉用鶏への給与技術」(畜産技術誌2013年7月号)
- ・「イネ・ムギWCS用生産履歴管理システムの開発」(技術と普及)2013年9月号)
- ・「飼料用稲麦二毛作体系の構築」(技術と普及2014年1月号)
- ・「飼料用米の生産と加工技術」(酪農ジャーナル2014年3月号)
- ・「肉用牛に対する発酵TMR給与の可能性」(肉牛ジャーナル2013年11月号)
- ・「飼料用米とカンショ焼酎粕濃縮液を混合した発酵TMRによる肥育」(肉牛ジャーナル2013年12月号)
- ・食用米副産物や飼料用米を活用した肉用牛用発酵TMRの給与技術(肉牛ジャーナル2013年11月号)
- ・飼料用米の栄養価、飼養成績と肉質への影響(ピッグジャーナル2014年1月号)
- ・「採卵鶏の配合飼料の一部を飼料用米で置換する場合、20%まで配合可能」(鶏の研究 2013年8月号)

今後予定しているアウトリーチ活動等

- ・平成25年度ハイグレード稲発酵粗飼料利活用研修会「稲WCSの収穫調製機械等の開発・普及状況及び広域流通の現状(仮)」(平成26年3月20日、農林水産省)
- ・平成25年度九州地域飼料増産に関する研修会「西南暖地における高収量、高栄養を目指した飼料作物の作付体系と適正品種について」(平成26年3月6日、九州農政局)
- ・平成26年度「飼料イネ・TMRセンターに関する情報交換会—国産飼料プロ成果発表会—」(平成26年12月頃、場所未定)