

戦略的創造研究推進事業
－CRESTプログラム－

研究領域「植物の機能と制御」

研究領域事後評価用資料

平成20年3月4日

1. 戦略目標

「技術革新による活力に満ちた高齢化社会の実現」

21 世紀は、世界各国で高齢化が進み、特に我が国においては世界に例を見ない速度で高齢化社会を迎えることが予測されている。このような状況はかつて経験したことがないのであり、高齢化社会にどのように対応してゆくかという問題は、人類の直面する大きな課題である。このような中、大胆な技術革新に取り組むことにより、21 世紀に向け、豊かで活力のある高齢化社会を実現することが大変重要である。

このためには、高齢化社会に対応し個人の特徴に応じた革新的医療を実現することを目指して、オーダーメイド医療、再生医療等の実現に不可欠な発生・分化・再生のメカニズムを解明することや、豊かで健康な食生活と安心して暮らせる生活環境の実現を目指して、植物の持つ多様な機能を解明し、その機能を制御・利用すること等が必要である。

2. 研究領域

「植物の機能と制御」（平成 12 年度発足）

植物の持つ多様な機能発現機構をマクロ的（生態学的）およびミクロ的（分子科学的）に、両面より解明することにより、その機能を人為的に制御する技術を早急に確立し、人類の生活基盤である食料、衣料、居住環境の安定的な提供、改善へと繋げる研究を対象としている。

具体的には、植物ゲノムの解析並びに遺伝情報の解明、植物と環境との相互作用や環境ストレス下での植物遺伝情報の発現、さらには分子育種や生理機能の制御等を通じて、食料生産の増大及び質の向上、創薬への応用、パルプや建築材、繊維等の工業製品、その他未利用植物資源の利用、地球環境の保全や災害防止などに至る様々な植物の利活用を目指している。

3. 研究総括

鈴木 昭憲 （秋田県立大学 学長）

4. 採択課題・研究費

(単位:百万円)

採択年度	研究代表者	所属・役職	研 究 課 題	予定研究費
平成12年度	飯田 秀利	東京学芸大学 教授	植物の重力感知の分子機構	275
	経塚 淳子	東京大学 准教授	植物生殖成長のキープロセスを統御する分子機構の解明	554
	近藤 孝男	名古屋大学 教授	光合成生物の生物時計:その分子機構と環境適応	276
	斉藤 和季	千葉大学 教授	ポストゲノム科学を基盤とする植物同化代謝機能のダイナミクス解明	497
	武田 和義	岡山大学 教授	オオムギゲノム機能の開発と制御	738
	中村 保典	秋田県立大学 教授	デンプンメタボリックエンジニアリングの開発	306
	村田 稔	岡山大学 教授	植物における染色体機能要素の分子解析と人工染色体の構築	272
平成13年度	岡田 清孝	京都大学 教授	植物発生における細胞間シグナリング	534
	高林 純示	京都大学 教授	植物の害虫に対する誘導防衛の制御機構	265
	西澤 直子	東京大学 教授	植物の鉄栄養制御	462
	森川 弘道	広島大学 教授	植物が作る未解明窒素化合物の構造と作用	313
	若狭 暁	東京農業大学 教授	トリプトファン生合成系における一次・二次代謝の制御と利用	593
平成14年度	石川 雅之	農業生物資源研究所 チーム長	タバコモザイクウイルスの増殖機構	317
	川口正代司	東京大学 准教授	共生ネットワークの分子基盤	317
	高木 優	産業技術総合研究所 チームリーダー	植物特異的な転写因子機能ネットワーク	578
	西村いくこ	京都大学 教授	種子蛋白質の量的・質的向上を目指した分子育種	324
	原 登志彦	北海道大学教授	寒冷圏における光ストレスと北方林の再生・維持機構	334
CREST-秋田 サテライトラボ				431
総研究費				7393

5. 研究総括のねらい

今日、植物の研究が食糧問題、環境問題等の地球規模の問題に深くかかわることは広く認識されており、植物科学の研究に大きな社会的関心が寄せられている。その様な背景のもと、CREST「植物の機能と制御」研究領域は、植物の持つ多様な機能を解明するとともに、その機能を制御し、利用することを目指すものとして、平成12年度に発足した。具体的な研究目標としては、ゲノム解析並びに遺伝情報の解明の進展を基盤とした植物機能の解明、植物と環境との相互作用や環境ストレス下での植物遺伝情報の発現、さらには分子育種や生理機能の制御等を通じて、食料生産の増大及び質の向上、創薬への応用、未利用植物資源の利用、地球環境の保全や災害防止などに至る様々な面での植物の利活用をめざす研究等が想定されている。即ち、本研究領域は、将来の応用への出口を念頭において展開される「先端的な植物科学」の研究を推進するものとして設定し、研究課題を採択した。

6. 選考方針および想定される採択課題成果の社会的貢献

多くの応募課題の中から、成果の社会的貢献を1)生産力(収量)向上、2)高付加価値植物質生産、3)環境保全、4)新技術の創成のカテゴリーに分類し採択プロジェクトを厳選した。具体的には、1)生産力(収量)向上に関しては、「植物の重力感知の分子機構」、「植物生殖成長のキープロセスを統御する分子機構の解明」、「植物の害虫に対する誘導防衛の制御機構」、「共生ネットワークの分子基盤」の4課題。2)高付加価値植物質生産に関しては、「デンプンメタボリックエンジニアリングの開発」、「トリプトファン生合成系における一次・二次代謝の制御と利用」の2課題。3)環境保全に関しては、「植物が作る未解明窒素化合物の構造と作用」、「寒冷圏における光ストレスと北方林の再生・維持機構」の2課題。4)新技術の創成に関しては、「光合成生物の生物時計:その分子機構と環境適応」、「ポストゲノム科学を基盤とする植物同化代謝機能のダイナミクス解明」、「オオムギゲノム機能の開発と制御」、「植物における染色体機能要素の分子的解析と人工染色体の構築」、「植物発生における細胞間シグナリング」、「植物の鉄栄養制御」、「タバコモザイクウイルスの増殖機構」、「植物特異的な転写因子機能ネットワーク」、の8課題。高付加価値植物質生産および新技術の創製カテゴリー双方に跨る課題として、「種子蛋白質の量的・質的向上を目指した分子育種」の1課題、合計17課題を採択した。

以下、具体的に採択課題成果の想定される社会的貢献を記す。

研究代表者	採択課題名	成果の想定される社会的貢献
飯田 秀利 (東京学芸大学教育学部 教授)	植物の重力感知の分子機構	生産力向上(効率的な光受容形態維持技術) (植物重力センサーとして、伸展活性化Ca ²⁺ 透過チャネル遺伝子が働くことの証明。ならびに制御機構を解明することで効率的に光受容形態を保持し、光合成能の維持・亢進を図る)
経塚 淳子 (東京大学大学院農学生命科学研究科 准教授)	植物生殖成長のキーププロセスを統御する分子機構の解明	生産力向上(花芽形成促進技術) (花成と花序形成を制御する遺伝子群のフローを解明する。花成制御技術を確認し、増収へと繋げる)
近藤 孝男 (名古屋大学大学院理学研究科 教授)	光合成生物の生物時計：その分子機構と環境適応	新技術の創出(各種生体機構の発現スイッチ技術) (概日リズム発現機構を解明する。その機構を各種代謝機構、形態形成機構などへリンクさせる制御技術を確認することにより物質生産を制御する。)
斉藤 和季 (千葉大学大学院薬学研究院 教授)	ポストゲノム科学を基盤とする植物同化代謝機能のダイナミクス解明	新技術の創出(同化・代謝機能亢進技術) (同化・代謝機構のフローをトランスクリプトーム:メタボロームとの融合技術を構築し解析する。)
武田 和義 (岡山大学資源生物科学研究所 教授)	オオムギゲノム機能の開発と制御	新技術の創出(ゲノム育種技術) (オオムギを材料にファインゲノムマップを作製し、ゲノム情報に基づく次世代交雑育種技術を構築する。)
中村 保典 (秋田県立大学生物資源科学部 教授)	デンプンメタボリックエンジニアリングの開発	高付加価値物質生産(新規デンプンの創製技術) (デンプン合成酵素遺伝子群を解明する。デンプンのクラスターリング機構を制御することにより、新規デンプンを創出する)
村田 稔 (岡山大学資源生物科学研究所 教授)	植物における染色体機能要素の分子的解析と人工染色体の構築	新技術の創出(有用遺伝子導入技術) (有用遺伝子を多数、同時に導入可能な植物人工染色体を構築し、効率的な形質転換体作製技術を確認する)
岡田 清孝 (京都大学大学院理学研究科 教授)	植物発生における細胞間シグナリング	新技術の創出(形態改変技術) (細胞間、器官間、組織間の相互シグナリング機構を解明し、植物形態制御技術を構築する)

研究代表者	採択課題名	成果の想定される社会的貢献
高林 純示 (京都大学生態学 研究センター 教 授)	植物の害虫に対する誘導 防衛の制御機構	生産力向上(天敵の効率的な利用技術) (植物:害虫:天敵の相互作用を分子生物学的に 解明する。植物の保有する防衛機構(天敵誘導) の亢進により、虫害からの回避を図る)
西澤 直子 (東京大学大学院 農学生命科学研究 科 教授)	植物の鉄栄養制御	新技術の創製(不耕土壌での耕作利用技術およ び高鉄含有米作出技術) (アルカリ土壌耐性植物を創出するとともに、その 技術を利用した高鉄含有イネを作出する。)
森川 弘道 (広島大学大学院 理学研究科 教授)	植物が作る未解明窒素化 合物の構造と作用	環境保全(NO_xファイトレメデイエーション技術) (NO _x などから産生される未解明窒素化合物を同 定するとともに代謝経路を解明し、ファイトレメデ イエーション技術へ繋げる)
若狭 暁 (東京農業大学農 学部 教授)	トリプトファン生合成系にお ける一次・二次代謝の制御 と利用	高付加価値物質生産(高トリプトファン含有作物作 出技術) (高トリプトファン含有イネを創出するとともに、2次 代謝経路(シキミ酸生合成経路)の制御技術を構 築する。)
石川 雅之 ((独) 農業生物資 源研究所生理機能 研究グループ チ ーム長)	タバコモザイクウイルスの 増殖機構	新技術の創成(ウイルス性疾患創薬) (ウイルスの複製機構を解明する。その機構の制御 技術を確認することにより植物ウイルス病、ヒトウイ ルス感染症の防御へと繋げる)
川口 正代司 (東京大学大学院 理学系研究科 准 教授)	共生ネットワークの分子基 盤	生産力向上(低環境負荷農業技術) (根粒菌、菌根菌と植物間の共生機構を解明す る。その機構の効率的な利用により、窒素、リン酸 の供給率向上を図る)
高木 優 ((独) 産業技術総 合研究所遺伝子転 写制御研究グルー プ長	植物特異的な転写因子機 能ネットワーク	新技術の創成(新規形質転換体作出技術) (転写因子を用いたレギュロンバイオテクノロジーに よる各種有用遺伝子の制御技術を構築する。)

研究代表者	採択課題名	成果の想定される社会的貢献
西村 いくこ (京都大学大学院 理学研究科 教授)	種子蛋白質の量的・質的 向上を目指した分子育種	高付加価値物資生産:新技術の創成(高蛋白種子 生産技術) (種子蛋白質の集積と成熟化の機構を解明する。 蛋白プロセッシング機構を制御することにより高蛋 白含有種子を創出する)
原 登志彦 (北海道大学低温 科学研究所 教授)	寒冷圏における光ストレス と北方林の再生・維持機構	環境保全(北方林の再生・維持) (北方林の再生:維持機構を解明する。その機構の 効率的利用により、再生時間のミニマイズ化、持続 可能な森林管理技術を構築する)

7. 領域アドバイザー

領域アドバイザー	所 属	役 職	任 期	専門分野
高倍 鉄子	名古屋大学	教 授	平成12年4月～平成14年3月	生化学
若狭 暁	農業・生物系特定産業技術 研究機構作物研究所	研究室長	平成12年4月～平成13年3月	植物細胞工学
荒井 綜一	東京農業大学	客員教授	平成12年4月～平成20年3月	食品科学
岩淵 雅樹	岡山県生物科学総合研究所	所 長	平成12年4月～平成20年3月	植物学
大宮 あけみ	農業・生物系特定産業技術 研究機構花き研究所	室 長	平成13年4月～平成20年3月	園芸学
佐藤 文彦	京都大学大学院	教 授	平成12年4月～平成20年3月	植物生化学
三川 潮	東京大学	名誉教授	平成12年4月～平成20年3月	薬学
西尾 敏彦	農林水産技術情報協会	名誉会長	平成12年4月～平成20年3月	農学
松岡 信	名古屋大学	教 授	平成12年4月～平成20年3月	植物分子生物学
渡辺 知之	(株)植物工学研究所	(元)社長	平成12年4月～平成20年3月	植物工学

上記領域アドバイザーの人選に関する考え方としては、前述の採択研究対象範囲の広さから、それぞれの分野の第一線で活躍の気鋭研究者、ならびに各分野を横断的、相対的に総合判断できる者をアドバイザーとして起用、布陣させた。具体的には植物分子科学、植物生化学、植物細胞工学、園芸学、生化学を専門とする気鋭研究者ならびに食品科学、植物学、薬学、農学、植物工学など総合的な分野を専門とする者などである。

8. 研究領域の運営

○ 研究課題の採択方法については、前述の「研究総括のねらい」「選考方針および想定される採択課題成果の社会的貢献」の趣旨に沿って、書類選考および面接選考により決定した。具体的な採択方法については、書類選考は、1提案あたり2名のアドバイザーによる査読により選考の公平性を保ち、面接選考の候補提案を決定した。面接選考については、アドバイザー全員の評価結果をもとに合議により採択課題を決定した。

○ 採択課題の進捗状況、直近の計画ならびに将来の方向性については、毎年「研究計画書」作製前に総括との打ち合わせを通し、およびアドバイザーを加えた領域会議により、適正に研究の流れを把握し、助言を与え推進してきた。

○ 上記推進活動により、全17研究課題共通の業務として、1) 遺伝子塩基配列の解読、2) 形質転換体の作製、3) 抗体作製および4) 蛋白解析が浮上してきた。これら業務を各研究代表が個々に施設、機器類を揃えるには経費面だけではなく、効率面からも問題が多い。領域として上記業務の集中化による予算の効率的運用を検討し、「CREST-秋田植物分子科学サテライトラボラトリー」を研究代表総意のもと設立した。研究の進捗に合わせた、緩急の対応が可能となり、また、研究者の成果を支えてきたと思う。

○ 研究費の配分、追加配分については、年度初めに総括との研究計画打ち合わせを通し決定している。配分額については、今積極的に付けるべきか、時期を遅らすべきか、タイムリーに配分しなければ成果の達成度へ影響を与えることから、研究分野の動勢を勘案し決定した。

○ 研究課題の進捗状況：推進・支援：変更については、各研究代表から入る情報をもとに、その都度指針を提案している。大きな推進・支援または変更については、中間評価会の場合となるが、アドバイザーの意見も入れた提案を各研究代表に伝え、その対処案：善処案を求めた。

領域関係者全員が、共通の土俵で、領域全体の進捗状況を的確に把握し、相互の疎通を図るために、部外秘の「領域年報」を特に領域運営に重要な時期（平成13年～平成17年）に発行した。

○ 知的財産保護の重要性を研究代表に認識して頂き、かつ契約により、その権利を保護する仕組みをご理解して頂くために、「契約書作製の指針—国内編・海外編」を刊行し各研究代表はもとより、サブグループの方々へも配布し、啓蒙した。

○ 領域の知的財産の保護、並びにそのライセンスは研究代表との密接な研究進捗連絡によって、確実に取得、実施してきた。平成20年1月までに、225件の国内出願完了し、20件の海外出願を実施。その内8件は各国移行に進め、ライセンス（延べ約100件程度の出願案件）実施中である。

○ただし、現在225件の国内特許出願に対する審査請求に入っており、発明人（先生方）には、特許庁からの指令に対する応答をお願いしているが、実験例を要求された場合は、追加データ作製の必要がある。予算のある先生は対応できるが、そうでない先生は、拒絶査定に従わざるを得ない状況が出ている。必要な特許を維持（知財保護）する観点からは、指令に対する応答を準備できる資金の提供が必要ではないか。今後の特許対応問題として提起したい。

○ 以上述べてきたように、領域として限られた期間、予算の中で、研究効率を如何に上げ成果に結びつけるか、成果を如何に「戦略目標」の問題解決に結びつけるかを念頭

に運営してきた。

9. 研究を実施した結果と所見

○研究総括のねらいに対する研究成果の達成度

前述のとおり、課題の選考は社会的貢献を(1)生産力(収量)向上、(2)高付加価値物質生産、(3)環境保全および(4)新技術の創製の4つのカテゴリーに分類し採択した。各カテゴリー毎に、選考委員のねらいに対する研究成果の達成度を俯瞰すると以下のようなものである。

(1) 生産力(収量)向上

***飯田秀利(H. 12年度採択課題)：**本研究の目的であった、植物がどのように重力を感知するか、という問いを伸展活性化Ca²⁺透過チャンネル遺伝子の機能を中心に進めてきた。しかし、CREST5年間で明確に答えることができなかったことは残念であったが、終了2年目に、見事に重力センサーとしての役割を証明できた。植物科学分野で初の重力センサーを解明したことになる。

***経塚淳子(H. 12年度採択課題)：**イネの花序形成及びアラビドプシスの花成制御ネットワークの解明を目的とした。生殖成長の鍵を握る主要遺伝子を数多く単離し、それら遺伝子のネットワークにおける位置づけを明らかにしたことで、生殖成長の分子機構に関する理解が飛躍的に高まった。さらに特筆に値する成果としては、古くから花成ホルモンの存在が指摘されていながらその実体は不明のままであったが、FT 遺伝子が葉から茎頂への花成シグナルを伝達する花成ホルモンの遺伝子であることを強く示唆する結果を示した。これは自然科学の発展に大きく寄与する成果である。

***高林純示(H. 13年度採択課題)：**植物の匂い物質生産による誘導的間接防衛機構の解明を目的とした。植物の誘導的間接防衛を植物－植食者－補食者の三者系を中心に解析し、「緑のかおり」の生合成鍵酵素であるヒドロペルオキシドリアーゼ(HPL)過剰発現によるモンシロチョウ幼虫の天敵寄生蜂誘引を実証した。当初は実験室レベルの知見が圃場レベルや自然の生態系においても共通するのかが懸念されたが、プロジェクト後半には、スケールアップした条件において植物が揮発性化学物質でコミュニケーションしていることを示すことができたことは、今後の農業技術開発への応用が期待できる成果といえる。

***川口正代司(H. 14年度採択課題)：**菌根菌、根粒菌と植物間の共生機構の解明を目的とした。菌根菌に対する宿主植物認識シグナル物質の構造決定(ストリゴラクトン)を世界にさがり成功するとともに菌根菌・根粒菌共通のシグナル伝達経路に係わる宿主因子を7種のうち4種単離・同定するなど、この分野を先導する成果を得た。一方、菌根菌共生シグナル物質Myc factor (MF)の同定は成功しなかったが、困難な課題に果敢に挑戦しており、今後の展開に期待したい。

以上4課題の成果概略を述べてきたが、総合的にこのカテゴリーの成果を俯瞰すると、各研究者とも各分野を先導する成果を挙げることができたと考えている。特に、経塚グループ、川口グループ

の成果は期待以上であったと考えている。飯田グループは、CREST期間内では重力センサーとしての役割を実証できなかったが、2年後に見事証明し、期待に応えてくれた。高林グループは、植物が「緑のかおり」という揮発性物質でコミュニケーションしていることを初めて実証できたことは、今後次世代作物保護技術へと繋がることを期待させる。

(2) 高付加価値物質生産

***中村保典 (H. 12年度採択課題) :** デンプン合成系酵素の網羅的機能解析とクラスターリングの機構制御による新規デンプンの創製を目的とした。デンプン合成系に係わる酵素群を多数単離・同定し、それぞれの変異体の単離および形質転換体を用いたメタボリックエンジニアリングを展開するなど、基礎的にも応用的にも有用な基盤技術を確立したと言える。このような視点からのイネを材料とした研究では、本グループは世界的リーディンググループであると考ええる。

***若狭暁 (H. 13年度採択課題) :** 高トリプトファン(Trp)含有イネを作出するとともに、2次代謝経路制御技術確立を目的とした。アントラニル酸合成酵素遺伝子 α サブユニット変異遺伝子の導入により、大幅なTrp含有量増加が達成され、実用的利用に向けて圃場試験、栄養評価を行うとともに、代謝プロファイリングにより、品質保証できるシステム作りに貢献したことは、我が国における遺伝子組み換え作物実験において、先導的役割を果たした。また、Trp代謝の制御に関わる転写因子の単離、Pheに続く代謝物である多くのフェニルプロパノイド化合物が増大することの知見は、今後代謝工学的手法の一つとして利用されるものと考ええる。

以上4課題の成果概略を述べてきたが、総合的にこのカテゴリーの成果を俯瞰すると、代謝機構の制御により、中村グループは新規デンプンのエンジニアリングが可能であることを実証し、若狭グループはTrp生合成遺伝子の改変により、大幅なTrp含有量増加を実証するとともに、Phe代謝系を制御することができることを実証した意義は大きい。Trpの作物生産は食糧のみならず飼料としても重要であり、今後の実用化が期待される。

(3) 環境保全

***森川弘道 (H. 13年度採択課題) :** NO_x などから産生される未解明窒素化合物(UN)を同定するとともに代謝経路を解明し、ファイトレメデイエーション技術の構築を目的とした。UNの同定およびその動態に着目し、多くのUNの構造解析を達成し、かつUNを生成する新しい窒素代謝系を提案するなど植物生理・代謝学分野への貢献は評価したい。しかし相対的に未解明窒素化合物の大きな部分を占めるチアジアゾール誘導体の実態を $\Delta 2-1,2,3$ -チアジアゾリン誘導体1とそのオキシド2を特定することが出来なかったことは極めて残念である。また、未解明窒素化合物の生理活性についても、その発現機構の解明にまで至らず今後に残された。しかしNO_xのバイタリゼーションに関する知見などNO₂シ

グナル伝達機構の分野が拓けてきたことは興味深い。

***原登志彦 (H. 14年度採択課題) :** 北方林の再生・維持機構を解明し持続可能な森林管理技術を構築することを目的とした。北方林の形成機構について光ストレスの重要性を示す知見を得たこと、また、光ストレスと植物の生産との関係について分子レベルで明らかにし分子生態学というべき領域を開いていることは評価できる。しかし、プロジェクト期間である5年の解析だけでは詳細なメカニズムの解明には至っておらず、植物科学全体における研究成果としては、未だ実験的に信頼性の高いレベルに至っていない。今後も、長期的な取り組みが必要な地球環境保全に大きな影響を与える北方樹林の生態系の解明に対して、分子生物学がどのように寄与できるかの試みとして長い目でみる必要がある。今後、さらなる解析の継続により、現在のモデルがさらに実証されることを期待している。

以上2課題の成果概略を述べてきたが、総合的にこのカテゴリーの成果を俯瞰すると、森川グループは、未解明窒素化合物(UN)の存在を明らかにし、かつUNを生成する新しい窒素代謝系を提案できたことは新発見であるが、その大部分を占めるチアヂアゾール誘導体を特定出来なかったことは残念である。今後に期待したい。原グループの試みは、生態学的現象を分子生物学的に解明する新しい試みであった。しかしCRESTの5年間で答えを出すには余りにも短い感はぬぐえない。今後の地球環境保全を考えていく上で、長期的な生態系の観察にもとづく分子生物学的な解析は、今後も継続してほしいとの期待がある。

(4) 新技術の創製

***近藤孝男 (H. 12年度採択課題) :** 概日リズムの発生機構解明を目的とした。シアノバクテリアの概日時計の分子機構解明において、KaiCのリン酸化の発見、Kai複合体(KaiABC)とATPのみによるKaiCのリン酸化日周期リズムの再構成という研究の発展は、時計研究の歴史に残る成果である。これまでの常識的不可能を可能にした発見であり、論理的であるとともに、極めて美しい成果である。

***斉藤和季 (H. 12年度採択課題) :** 同化・代謝機構のフローをトランスクリプトーム:メタボロームとの統合技術を構築し解析することを目的とした。シロイヌナズナのゲノム情報をもとに、アントシアニン生産に関与する遺伝子、代謝産物ネットワークを解明し、複数の未知遺伝子機能を同定した成果は、トランスクリプトームとメタボロームの融合による新たなファンクショナルゲノム解析法の開発の実施例となり、新分野の開拓に繋がった。現在理化学研究所植物科学センターで内に「メタボローム基盤研究グループ」を立ち上げ、また新規に学会も設立した意義は大きい。

***武田和義 (H. 12年度採択課題) :** オオムギを材料にファインゲノム地図を作製し、ゲノム情報に基づく次世代交雑育種技術を構築することを目的とした。大麦ゲノム育種の基盤を形成する種々のゲノムリソース、データベースを確立したことの意義は大きい。また、

実際に企業の参画を得て、実用的に利用可能な形質の特定を行ったことの価値は高く、ゲノム育種の強みを実証することに成功している。下記のように多くの顕著な研究成果を挙げており、基礎研究での国際的なリーダーシップの獲得と産業応用への可能性の両方に大きく寄与している。

- * 大量の EST 解析と SNP の検出
- * 国際コンソーシアムによる Gene Chip の開発と商業化
- * 少量サンプルによる完全長 cDNA ライブラリー作成技術の開発
- * 詳細な遺伝地図の作成 (3000個のSNPsマーカー座乗)
- * はるな二条のBACライブラリー作成による日本産大麦の国際標準化
- * ビール会社等との協力による商品育種への応用
- * 鉄欠乏土壌への対応等に寄与する遺伝子単離への貢献
- * 大学発ベンチャー企業設立

*** 村田 稔 (H. 12年度採択課題) :** 有用遺伝子を多数、同時に導入可能な人工染色体を構築し、効率的な形質転換体作製技術を構築することを目的とした。植物のセントロメア構造の理解は進んだと言えるが、本研究の当初の目標、人工染色体の構築からすると未だ道半ばである。国際的に競争の激しい分野であるが、未だ差をつけたあるいは逆に差を付けられた状況にはなく、今後の展開に期待するところ大である。このような研究開発は何処かで誰かがする必要があり、かつこれからの植物科学の進展にとって重要な研究テーマであることには間違いない。

*** 岡田清孝 (H. 13年度採択課題) :** 細胞間、器官間、組織間の相互シグナリング機構を解明し、植物形態形成制御技術を構築することを目的とした。本研究課題は、個々のサブグループがそれまで遂行してきた研究課題を持ち寄った形で編成されているが、本クレストの研究期間でそれぞれが大きな成功を果たした。これはクレストによるグループ編成がその一因だと考えられる。例えば、葉の表裏の決定機構とマイクロRNA、葉の左右対称と転写因子群、気孔分化とエレクトキナーゼ、花粉管ガイダンスとシステインリッチタンパク質などいくつかの非常に優れた発見がなされている。個々のサブグループが、極めて水準の高い研究を遂行しており、サブグループの寄与度は非常に高いと判断できる。また、中間評価時点でバイオイメーjingのサブグループが追加され、プロジェクト本来のミッションに対して適切な対応を行った結果、この分野においても着実な進展が認められた。

*** 西澤直子 (H. 13年度採択課題) :** アルカリ土壌耐性植物を作出するとともに、その技術を応用し、高鉄含有イネを作出することを目的とした。イネ科のみがもつ鉄獲得機構であるムギネ酸類を介した鉄イオンの吸収から出発し、植物全体に共通する金属元素の輸送機構の解明へと発展させたことは自然科学の発展に貢献するインパクトのある成果である。また、その成果をうまく利用して、圃場試験まで含めて分子育種の有効性 (GM植物の有効性) を示し、鉄欠乏耐性植物 (作物) の育成の基盤を築いた点は高く評価できる。耕作適地の減少が世界的規模で顕在化しつつある現状では、その対応策とし

て重要な基礎研究といえる。

***石川雅之（H. 14年度採択課題）：**ウイルスの複製機構を解明し、その機構制御技術を確立することを目的とした。当初設定した計画に対して終始一貫して取り組んでおり、全ての課題について一定程度以上の成果が得られている。TMVウイルスの複製機構における植物細胞側の因子の同定について、脱液胞化プロトプラスト抽出液(BYL)を調整し、TMVの複製タンパク質翻訳から複製複合体形成に至る分子機構の解析を行った。さらに、複製複合体の構成要素の同定と各因子の機能解析を行った。これらの実験は本研究グループが独自に開発したシステムに則って行ったものであり高く評価する。一方、TMV複製タンパク質によるRNAサイレンシング抑制機構の解析は、当該分野の競争が非常に激しいこともあって、論文発表が期待していたペースで順調に行かなかったことは残念であるが、独自の発見も行っている点では評価し、今後の展開に期待したい。

***高木 優（H. 14年度採択課題）：**転写因子を用いたレギュロンバイオロジーによる各種有用遺伝子の制御技術を確立することを目的とした。この課題で解析手法として使っているCRES-T法はこのCRESTプロジェクト以前に代表者らによって開発されたものであった。このプロジェクトにおいては、この解析システムを活用して転写因子機能の網羅的解析というものであったが、個別の研究は生物学的背景に一貫性がなく、そのために科学的インパクトのある成果というレベルには至っていないように思える。また、技術的な面においてもCRES-T法の改良・改善面で特筆できるものはみられていない。しかし、NAC familyやTCP familyの機能解析に関しては一定の評価は与えられて良い。

以上8課題の成果概略を述べてきたが、総合的にこのカテゴリーの成果を俯瞰すると、近藤グループの成果は、試験管内で時を刻むメカニズムを見事に解明したすばらしい成果である。SORSTでの飛躍を期待する。斉藤グループは、新たなファンクショナルゲノム解析法を開発し、新分野を開拓した。理化学研究所での展開を期待する。武田グループは、ゲノム情報を利用する次世代交雑育種法を提案し、引き続き生研機構で本技術の有効性の実証例を積み重ねている。村田グループは、人工染色体の構築には至らなかったが、世界のトップランナーであることは間違いないので今後に期待する。岡田グループは、とくにサブグループの若手研究者が将来に飛躍できる成果を残せたことは本CRESTの成果として、特筆すべき事項と考える。西澤グループは、耕作適地の減少が世界的規模で顕在化しつつある現状では、その対応策として重要な基礎研究である。また重金属汚染土の浄化への展開は将来の発展が見込まれると期待している。石川グループは、独自で開発したBY-2(タバコ培養細胞)を用いてTMV誘導感染系を構築し、in vitroでの外来タンパク質の大量発現に成功した点は、産業界に与えるインパクトは大きく、活用を期待する。高木グループは、これまで解析が不可能であった多重遺伝子の解析が可能となった点は評価するが、転写因子のネットワーク解明まで是非継続して欲しい。

（4）新技術の創製および高付加価値物質生産

***西村いくこ（H. 14年度採択課題）：**種子タンパク質の集積と成熟化の機構を解明することを目的とした。独自のタンパク質輸送の変異体選抜法を確立し、数多くの変異体の獲得・解析を通してnoveltyのある非常にレベルの高い研究成果を得た。例えば液胞選別輸送レセプターの発見、maigo遺伝子によるPAC小胞のゴルジ体への逆行輸送系の解明、種子タンパク質のプロセッシング酵素の機能解析など種子タンパク質の輸送系の解明は素晴らしい。またVPEが細胞死に関わる遺伝子であることを見事に証明した。当初計画以上の成果といって良い。

総合的にこの成果を俯瞰すると、種子タンパク質の輸送の分子メカニズムについての解析は進んだことから、今後大量輸送系が貯蔵タンパク特異的なものではなく、他のタンパクにも適用でき、普遍性が示されることを期待したい。

○領域全体としてみた場合の特筆すべき研究成果

これまでに多くの研究成果が報告されており、以下、研究課題のなかで特筆に値する成果を社会的貢献のカテゴリー別に挙げる。ただし、「環境保全」については、CRESTの5年間という時間的な制約から、今後の研究進展を待たざるをえないことから省略する。

①生産力（収量）向上

***経塚淳子（H. 12年度採択課題）「植物生殖成長のキープロセスを統御する分子機構の解明」**：イネの花序形成及びアラビドプシスの花成制御ネットワークの解明を目的とした。生殖成長の鍵を握る主要遺伝子を数多く単離し、それら遺伝子のネットワークにおける位置づけを明らかにした。中でも特筆に値する成果としては、古くから花成ホルモンの存在が指摘されていながらその実体は不明のままであったが、FT 遺伝子が葉から茎頂への花成シグナルを伝達する花成ホルモンの遺伝子であることを強く示唆する結果を示した。これは自然科学の発展に大きく寄与する成果であると同時に、当該分野を先導する成果でもある。花芽や花序形成の制御により直接経済効果に結びつく作物への応用が期待できる。

***川口正代司（H. 14年度採択）「共生ネットワークの分子基盤」**：植物—菌根菌の共生関係を樹立するシグナル物質の分子同定ならびに菌類や窒素固定細菌と共生するために進化させてきた宿主植物側の遺伝子、そして両者を繋ぐ共通シグナリング遺伝子を解明することを目的とした。菌根菌に対する宿主植物認識シグナル物質の構造決定（ストリゴラクトン）に成功した。また、菌根菌：根粒菌共通のシグナル伝達経路に係わる宿主因子を7種のうち4種単離・同定するなど、この分野を先導する成果を得た。共生関係を利用した低環境負荷農業への利用が期待される。

②高付加価値物質生産

***中村保典（H. 12年度採択）「デンプンメタボリックエンジニアリングの開発」：**デンプンの主成分アミロペクチンの合成代謝システムの解明を目指した。さらにそれら酵素遺伝子を組み込んだイネ形質転換体のアミロペクチンを解析し、新規デンプンを作る系の開発を目的とした。デンプン合成系酵素の網羅的機能解析、それぞれの変異体の単離および形質転換体を用いたメタボリックエンジニアリングの展開など基礎的にも応用的にも有用な知見が得られた。実用面で種々の性質を保有する素材を創製する上で不可欠な、デンプン生合成系を基礎から応用を含むエンジニアリング技術の基盤を確立した。

***若狭 暁（H. 13年度採択）「トリプトファン生合成系における一次・二次代謝の制御と利用」：**メタボリックエンジニアリングの可能性を実現するため、栄養価を改善した飼料作物の開発と二次代謝化合物産生への影響、また二次代謝を制御するためのネットワークの解析を目的とした。実用的利用に向けて圃場試験、栄養評価を行うとともに、代謝プロファイリングにより、品質保証できるシステム作りに貢献。さらに Trp 代謝の制御に関わる転写因子の単離、フェニールアラニン(Phe)の鍵酵素であるアロゲン酸デヒドラターゼの単離、Phe に続く代謝物であるフェニルプロパノイド化合物が増大することの知見は、今後代謝工学的手法の一つとして利用される。

③新技術の創成

***武田和義（H. 12年度採択）「オオムギゲノム機能の開発と制御」：**オオムギゲノムに存在する遺伝子を包括的に解析する技術および遺伝子単離技術を開発する。またこれら技術を利用し、遺伝子機能の解析とともに有用遺伝子を効率よく制御して実用品種を選抜するシステムの構築を目的とした。麦類のモデルとしての大麦ゲノム育種の基盤を形成する種々のゲノムリソース、データベースを確立。また、実際に企業の参画を得て、実的に利用可能な形質の特定を行いゲノム育種の有効性を実証。次世代新規交雑育種方法を提示。また国際コンソーシアムを立ち上げ、大麦 gene chip を開発するなど国際的センターとしての役割を果たしている。

***近藤孝男（H. 12年度採択）「光合成植物の生物時計：その分子機構と環境**

適応」：24時間サイクルで振動する概日時計を分子生物学的に解明することを目的とし、kai 遺伝子の発現制御機構、Kai 蛋白質の細胞内動態、Kai 蛋白質の生化学的性質、あるいは振動を補佐する他の要素について解析した。従来の概念であった“時計遺伝子の転写翻訳フィードバック”を伴わない、KaiC のリン酸化/脱リン酸化の発見、Kai 複合体(KaiABC)と ATP のみによる KaiC のリン酸化日周リズムの再構成という研究の発展は、時計研究の歴史に残る成果である。

***斉藤和季（H. 12年度採択）「ポストゲノム科学を基盤とする植物同化代謝機能のダイナミクス解明」：**シロイヌナズナを材料として、トランスクリプトミクスやプロテオミ

クス、メタボロミクスなどのポストゲノム科学を基盤とした炭素・窒素・硫黄・リンの同化代謝間相互のダイナミクスを解明することを目的とした。シロイヌナズナのゲノム情報をもとに、メタボロームとトランスクリプトームを統合し、アントシアニン生産に関与する遺伝子、代謝産物ネットワークを解明し、複数の未知遺伝子機能を同定した成果は、トランスクリプトームとメタボロームの融合による新たなファンクショナルゲノム解析法の開発の実施例となっており、世界的に大きなインパクトを与えた。

＊西澤直子（H. 13年度採択）「植物の鉄栄養制御」：非耕作土壌（石灰質アルカリ土壌）における鉄欠乏耐性作物の作出およびそれを可能にするための基礎研究として植物の鉄栄養制御の分子機構を明らかにすることを旨とするとともに、鉄含有量の高いコメを創製することを目的とした。アルカリ土壌耐性イネの作出（高铁含有）と圃場での確認に加え、植物の金属元素輸送におけるニコチアナミンの必須性、その生理的機能解明と分子育種に応用できる遺伝子（鉄欠乏応答性シスエレメントやトランス因子、トランスポーター等）の単離に成功したことから、今後分子育種への展開が期待される。

③高付加価値物質生産・新技術の創成

＊西村いくこ（H. 14年度採択）「種子蛋白質の量的・質的向上を目指した分子育種」：種子タンパク質の集積機構を量的向上と質的向上の両面からその分子機構解明を目指した。具体的には、量的向上研究では、大量集積に関わる因子を網羅的に単離し、その分子機構の解明、質的向上研究では、液胞プロセッシング酵素VPEに注目し、種子タンパク質の性質の改変と病害に対する抵抗反応の分子機構を解明することを目的とした。液胞選別輸送レセプターの発見、maigo遺伝子によるPAC小胞のゴルジ体への逆行輸送系の解明、種子タンパク質のプロセッシング酵素の機能解析など種子タンパク質の輸送系の解明、またVPEが細胞死に関わる遺伝子であることを見事に証明した。今後植物分子生物学への応用のみならず実用化への展開が期待される。

○今後の研究発展への期待や課題、科学技術、国民生活・社会・経済への寄与の展望

「研究成果の達成度」で述べたように、各カテゴリー課題の成果は、CREST研究であるから達成できたものと考えている。それら成果が、植物科学における科学技術のブレイクスルー、新分野開拓、革新技术の創成、研究基盤の強化への繋がりと展開してきたこと、また社会的および経済的な効果・効用などのアウトプットに資する成果ともなったことは喜ばしい限りである。所感は以下のとおりである。

(1)生産力向上

＊飯田秀利（H. 12年度採択課題）：植物がどのように重力を感知するか、という問いを伸展性チャンネルというタンパク質の機能を中心に据えて解明する、というチャレンジ

グな取り組みは、CREST期間内には達成出来なかったが、その後の研究進展により世界で初めて達成・証明できた。今後はその制御機構を解明することで、効率的に光受容形態を保持し、光合成能の維持・亢進を図る技術へと展開することを期待したい。

***経塚淳子（H. 12年度採択課題）：**花成制御に関する理解は飛躍的に深まったと言え、特に花成におけるFTを中心としたフロリゲンの成果は特筆に値する。今後は、花成情報伝達ネットワークの下流をさらに掘り下げ全貌解明へ向けて研究を進めて欲しい。また、花芽や花序の形成の制御が直接経済効果に結びつく作物への応用、たとえばイネ科作物では生産性向上のための分子育種、園芸作物では果樹の幼若期間の短縮や花きの日長感受性の打破、野菜における抽苔の制御等、農業の現場において求められている形質の改変に本成果を生かして欲しい。またサントリー株式会社との共同研究成果が実用化へと繋がることを期待する。

***高林純示（H. 13年度採択課題）：**揮発性物質の応答に関するアッセイ系の確立が鍵を握るものと考えられる。アッセイ系が確立できれば推測の段階にあるエリシターや匂い受容体に関する成果に物質的基盤を与えることができる。現場での応用ということではまだ隔たりがあるが、実証例を積み重ねることにより、新しい生物農薬やバイオセンサーの開発等、農業技術への応用に繋がるような研究への展開を期待したい。また丸紅商事会社との共同研究で次世代植物保護技術の確立を期待している。

***川口正代司（H. 14年度採択課題）：**根粒菌と比較して菌根菌共生の情報伝達経路に関しては培養システムの確立が十分なされていないために研究が遅れている。しかし、プロジェクト後半には世界に先駆けて菌根菌特異的共生変異体の取得に成功しており、今後は菌根菌特異的な宿主因子の同定や情報伝達経路の解明が期待できる。また、MFの同定は困難を極めているが、アッセイ系は確立しており、今後世界に先駆けて同定できるものと期待できる。今後はBFやMFと宿主因子の相互作用や、下流で働く因子の解析を行い、最終的には共生成立の分子機構の全容に迫るモデルを示してほしい。肥料、とくにリンは近未来には枯渇することが懸念されており、早急な対応が求められている。

(2) 高付加価値物質生産

***中村保典（H. 12年度採択課題）：**多様なデンプン素材を獲得したことにより、その応用的特性の解析ならびに製品化などへの途を切り拓いた。今後は生産量の向上や実用性の評価などの実用化を視野に入れた解析研究が望まれる。また、酵素遺伝子のノックアウト変異体のコレクションを用いた独自の基盤研究の展開も期待される。また、成果のアウトプットとして、JST産学協同シーズイノベーション化事業へ採択された。日本食品加工(株)との新規オリゴ糖作出の共同研究では、確立したエンジニアリング技術を応用し商品化へと繋げて欲しい。

***若狭 暁（H. 13年度採択課題）：**Trpの代謝工学ならびにそれを用いた栽培組換え作物の評価の確立において、先導的役割を果たしたことは特記するに値する。遺伝子組換えイネの実用化検証の先駆けとして、安全性評価や住民説明など、多大なご苦勞を

されたことと思う。その貴重な体験を後進の研究者へ繋いで頂きたい。研究の成果は、海外の種子企業へライセンス中であり、また北興化学工業(株)とはTrp高生産細胞を利用した培養Trp生産の共同研究を実施中である。

(3)環境保全

***森川弘道 (H. 13年度採択課題) :** 未解明窒素化合物の存在ならびにその特定、窒素代謝およびそれら化合物の有する生理活性作用を明らかにした点は評価されるが、実際にそれら化合物が生体内でどのように機能しているか、など今後の展開に期待する。それらの課題が解明されることが不可欠であるが、その内容によっては、食糧増産、環境修復の基盤技術開発に繋がる可能性がある。街路樹のシャリンバイでは、形質転換から幼木まで生長させており、NO_xの吸収街路樹としての期待もある。

***原登志彦 (H. 14年度採択課題) :** 北方林の再生という課題に対して、光ストレスによる制御という視点がほぼ確立されたことより、今後の自然更新による森林再生計画に一定の方針が立てられたこと、また、採取困難な有望樹種からの種子採取等への応用の期待がある。これらの展開は今後の地球環境保全を考えていく上で重要である。成果のアウトプットでは、「生り年」の機構解明で特定されたリノレイン酸—グルタチオン—アルドラーゼ酵素の連鎖経路を活用した1)収量増加、2)春化处理代替、3)糖度向上、4)花数増加技術が、トヨタ、ハイポネックスジャパン、協友アグリ(株)、レインボウ薬品工業(株)とライセンス中であり、今年度または来年度には商品化が見込まれている。海外では、DuPont社と契約締結し、商品化に向けて開発中である。また、和歌山県、山梨県、山形県、岡山県および岡山大とは、実場面での用法・用量を特定するための効果試験を実施中。

(4)新技術の創成

***近藤孝男 (H. 12年度採択課題) :** KaiABC がどのようなメカニズムで24時間の振動を発生させるかについては未解決な部分も多く、時計の発信機構として KaiABC 複合体の構造解析を含めた Kai 複合体のリン酸化／脱リン酸化メカニズムの解明に期待したい。また、発信体からゲノムワイドな遺伝子発現制御への分子機構の解明は今後の展開が期待できるものである。さらに、シアノバクテリアでの知見を基盤にして、動物や高等植物とのメカニズムの共通性、あるいは、相違の解明を期待する。本プロジェクトは発展事業(SORST)へ採択されている。

***斉藤和季 (H. 12年度採択課題) :** トランスクリプトームとメタボロミクス統合により、新たな遺伝子機能解析の時代が幕開けされたが、それをさらに統合してゆくための戦略については、まだ今後の課題として大きく残っている。メタボローム研究を基盤とした統合ゲノム科学に基づく、植物の量的ならびに質的な生産力向上を目指した研究プラットフォームの構築を目的に理化学研究所植物科学研究センター内に「メタボローム基盤研究グループ」を立ち上げており、またメタボローム学会を新設するなど、今後の展開に期待する。

***武田和義 (H. 12年度採択課題) :** 大麦ゲノムの研究センターとして、また大麦育種リ

ソースのセンターとして国際的に認められており、大麦ゲノム育種はもとより麦類全体(小麦を含め)の分子育種の展開が期待できる。特にストレス耐性、裸性遺伝子や小穂非脱落性遺伝子などの単離に肉薄していること、ビール醸造形質に関わる有用遺伝子の利用が実用化に向けて進んでいることなど、大いに期待できるものである。成果は、国際オムギコンソーシアムにおいて、「ゲノム情報を利用した新規交雑育種技術」として、研究目的に gene chip 化した商品の材料を提供。また、本プロジェクトは、生研機構基礎研究推進事業へ採択された。ライセンス関連は、海外の種子企業へライセンス中。日本企業では、サッポロビール(株)と酸化防止ビールの商品化に向けて開発研究中。また、高密度遺伝子地図(3, 000SNPs)上のマーカーを商品化し、研究代表者で立ち上げたベンチャー企業「岡山大麦ゲノムテクノロジー(株)」で発売中。

***村田 稔 (H. 12年度採択課題) :** 植物の人工染色体の構築に向けての基礎的知見の集積はあったものの、実用化に向けては道半ばである。研究代表者等はこのプロジェクト終了後も、重要ではあるが極めて難しい本研究課題をどのような戦略で攻めるのか、CREST での成果を基礎にして努力して欲しい。本技術は、今後植物科学がゲノム情報を利用した分子育種を進める上で解決しなければならない課題である。このプロジェクトが目指した課題は極めて重要であり、かつ困難なものであることを改めてここで特記しておきたい。このようなチャレンジングな課題をCRESTのような大型のプロジェクトで果敢に取り上げていくことは必要と考える。

***岡田清孝 (H. 13年度採択課題) :** 現時点でそれぞれのサブグループが高いレベルで独創的な研究を展開しており、この分野において世界をリードしている。今後ともこれらのサブグループにおける優位性は当分続くと判断され、さらなる展開に非常に大きな期待が持てる。特に気孔の分化制御や花粉管のガイダンスの分子機構の解明は、実用的にも重要である。細胞間シグナル物質の直接的な証明(同定)は、重要な研究課題ではあるが、分離、分析の限界など、今後何らかのブレークスルーが必要と思われる。またバイオイメージング装置の開発は、植物体内での物質挙動をリアルタイムで追跡できる重要なツールとなると期待する。本技術はJST産学協同シーズイノベーション事業へ採択された。動植物における物質移動をリアルタイムで非破壊的に解析する技術開発を、ツアイス社と実施中。

***西澤直子 (H. 13年度採択課題) :** 実用性という観点からは、不良アルカリ土壌耐性のイネが実用化されれば、特に、不良アルカリ土壌が多い海外において「緑の革命」につながる可能性がある。高鉄含有米の作出に成功したことも実用化が期待される。また、他の重金属のトランスポーターの単離により、水銀やカドミウム等のファイトレメディエーションにも期待できる。基礎研究の分野としては、金属イオンによる遺伝子発現の制御機構や金属元素の輸送機構に関してさらなる発展が期待される。特に、ニコチアナミンの金属元素輸送機能は植物の一般的機構として考えられる可能性がある。成果のアウトプットは、海外の種子企業へライセンス中である。

***石川雅之（H. 14年度採択課題）：**本研究で開発されたウィルス誘導感染システムは、TMVの感染機構の研究だけでなく、他のウィルスについても適用可能だと考えられ、この分野の進展に期待する。また、TMVウィルスをベクターとしたタンパク質高発現システムについては、新規のタンパク質合成の基本システムとして期待したい。このシステムは従前の技術と大きく異なり、非常に効率的に目的タンパクを生産できる。本技術は、産業界、とくに抗体医薬、検査薬、有用タンパクなどの大量生産技術へと展開する可能性を持っている。成果のアウトプットとしては、特定抗体医薬の生産性向上を藤森工業(株)、特定検査薬の生産性向上を三井化学(株)と実施中。Dow Chemical社とライセンス中。

***高木 優（H. 14年度採択課題）：**CRES-T法そのものについては、転写因子機能を抑制するという点で特徴的な解析法である。特に、多重遺伝子になっているものに関しては効果的な解析法となっているので、この解析技術の活用の一定の展開は見込まれる。応用面への展開としては、雄性不稔、ストレス耐性、短桿化と従来の育種目標への一定の貢献は期待できる。雄性不稔技術は海外の種子企業へライセンス中であり、また、シロイヌナズナ転写因子1,500種にリプレッションドメインを付加して作製した種子ライブラリーは、目的遺伝子探索の受託事業を、研究代表で立ち上げたベンチャー会社「グリーンソニア(株)」で検討中。

(5)新技術の創成および高付加価値物質生産

***西村いくこ（H. 14年度採択課題）：**基礎科学として、種子タンパク質輸送系の解明は、GFS法を用いた変異体の単離と、その機能同定から進展することが期待される。一方、タンパク質の大量蓄積、質的改変という点では現状では余り期待出来るほどのデータは出ていない。もし、タンパク質の改変、あるいは油料成分との観点で研究するならば、新たな視点での解析が必要であろう。また、今後の植物分子生物学の応用分野として、最もHotな蛋白生産工場としての利用、タバコ培養細胞系でのタンパク質大量生産システムの開発も期待したい。成果のアウトプットとして、VPE欠損マウスを米国ワイス社へスクリーニング用として、実施許諾済み。ワイス社は、リソソーム起因のヒト疾患、糖原病・ガングリオシドーシス・リピドーシスの新薬創成用に使用。

10. 総合所見

1) 研究領域としての成果（課題選考、領域運営、中間・事後評価等を総合して）

○課題の選考については、戦略目標である「技術革新による活力に満ちた高齢化社会の実現」を具現化すると同時に、地球規模で進行している食料問題、環境問題の解決手段の一つとして、植物の持つ多様な機能発現機構を解明することで、その機能のマキシマイズ化を図る制御機構を効率的に利用する技術の創成を目標に提案課題を選考した。

○具現化の方針としては、1) 生産力向上技術の構築、2) 高付加価値物質生産植物の創製、3) 環境保全技術の構築、4) 新技術の創成の4つのカテゴリーを設定し、提案課題

を選定した。

○その結果、1) 生産力向上関連は4件、2) 高付加価値関連は2件、3) 環境関連は2件、4) 新技術は8件、5) 高付加価値関連と新技術の双方に跨る案件は1件と偏りを生じ、バランスを欠いた面は否定できないが、植物の機能制御機構に直裁的に迫る案件を採択でき、日本の植物科学のプレステージを維持・発展できたことでCRESTの特色が出せたと思う。

○**領域運営については**、アドバイザーの陣容からも明らかなように、種々、多様な分野から本領域は構成されている。よって各課題の特徴を生かしつつ、研究の進捗状況、期待される成果などを勘案し、その分野の動向を見ながら、適切な助言、タイムリーな予算配分を実施してきた。その結果、多くの成果を時期を逸することなく発表、公開してきた。

○各研究課題共通業務の集中化として、「CREST秋田植物科学サテライトラボラトリー」を全研究代表の総意により領域発足2年目に開設した。各研究代表からの要請、利用状況に応じ機能、能力を拡充し、DNA塩基配列決定および形質転換体作製を主業務に展開した。また、抗体作製、蛋白解析については、**Know How**的な要素が極めて大きいことから、それらについては解析技術を有する企業を起用し実施した。本サテライトの運営により、領域総予算の有効活用もさることながら、研究成果への貢献も大なるものがあつたと確信している。

○研究およびその成果を自己のものとして護るための手段として、知的財産の保護、契約の重要性についても各研究者に広く認識をして頂いたと考えている。最近の研究代表からの出願、契約相談が多い。結果として、多くの特許出願（1月末迄225件）がなされ、20件を海外出願し、その内8件は各国移行済み。実用性の高い（Death Valleyの浅い）案件はライセンスング実施中である（補足資料をご参照ください）。

○**中間評価・事後評価については**、採択研究課題の実施中間時点で中間評価、終了時点で事後評価を実施した。評価の基本方針は、それぞれのカテゴリーの目標に沿って、機能発現機構をどのような方法論により、どの程度解明したか、またその応用展開の可能性などを中心に検討した。

また中間評価の段階では、課題の進捗状況によって、さらに加速させる手段（チーム再編成；追加予算など）、研究計画の変更の必要性（チーム再編成など）などサジェストし、研究の効率的推進に努めた。

2) 本研究領域が存在したことのメリット、基礎研究に対する功績、問題点等。

○**本領域が存在したことによるメリットについては**、植物科学という大きな括りで見ると、個々人の研究で対応可能な時代から、総合的な研究体制で対応する時代へ突入しているといえる。具体的には、生命の実体である遺伝子の存在とそれをツールとして利用する技術

を用い、遺伝子情報を基盤とした、分子生物学、生理学、生化学、形態学などが連携した、より広範囲な分野の専門家集団による研究体制が今後の研究には不可欠となっている。本領域発足の時はまさにその変遷期（個々の遺伝子議論から、そのフローとして事象を追求する）であったと考える。

○また、研究の成果と知的財産の保護を同時並行的に進めるという世界の潮流が顕在化してきた時でもあり、それらを考慮すると、“時間軸”を見据えた成果—知財保護を一体化した研究体制が求められる時でもあった。

○このような状況に、また今後の変化に柔軟に対応でき、かつその支援体制を有する事業としては当時CRESTが先駆的な役割を果たしていたと考える。CRESTで本領域を運営することにより、上述のようにCRESTであるからこそ生まれた成果も多く、また、CRESTであるからこそ採択された課題もあると考えている。

○基礎研究に対する功績については、

○本領域は植物の持つ多様な機能を分子生物学的に解明するとともに、その機能を制御する系を確立、利用することを目指す研究を対象としていることから、基礎研究的な要素の強いプロジェクトである。成果に対するCRESTの功績は申すまでもなく、日本の次世代技術を創出する極めて重要な事業である。

○一方、成果のアウトプットを考えると、基礎研究から出てくる成果はあくまで新技術であり、新産業のシーズである。その新技術を新産業へと結びつけるのは応用研究が付加されて初めて可能となる。

○前述のようにCRESTであるから生まれた成果は多いが、それを新分野、実用技術へと繋げるシステムとして、CREST関連事業として「発展研究事業」が発足されたが、現在は廃止され残念なことである。新分野、実用技術に繋がる成果は、CRESTのみならず国研・大学での成果も含め、さらに展開する事業を再度創設されることを期待する。

○問題点については、

○本領域は、有用な成果の知的財産権はタイムリーに取得してきている。現在、審査請求の段階の案件が多く、とくにCRESTを終了した課題の案件は、拒絶に対する応答（実施例の追加）を準備しなくてはならず、予算と人の問題が絡む。準備出来ない場合は、有用な案件であろうと放棄せざるを得なく、残念である。対策が必要ではないか。

○CRESTから出てきた新技術、新産業へのシーズが、実用化されるまでにはかなりのDeath Valleyがあることは述べた。新技術の企業化開発としてJSTは、多くの支援事業（産学共同シーズイノベーション化事業、産学連携・技術移転事業、良いシーズをつなぐ知の連携システム事業など13事業）を立ち上げ、支援してきたことは、新技術を企業化する方法として効率的であると考えている。

○しかし、領域によっては成果が企業化に直結し易く、利用可能なところもあるが、本領

域はやや遠い感がゆがめない。企業サイドとして魅力的な技術は、直近の利用可能な新技術であり、ROI（Return on Investment）の高い案件である。

○一方、企業への新技術の売り込み活動（ライセンスリング）は、ライセンス締結の重要な条件でもある。国研・大学ではTLOがその役割を果たしていることになっているが、JSTにもそのような体制があっても良いのではないか。研究者と企業を繋ぐ役割を果たす有能な人材（有用特許の目利き・契約・交渉）の確保は、今後必要と思われるが。

3) 研究領域単位で研究を遂行することの意義

○既に述べたように、研究成果を確実に、タイムリーに生み出し、かつ権利化するには、個々の研究体制から総合的な研究体制を要する時代へと入っている。

○また、変化する世の潮流に適合し目標に向かい推進するには、変化に対応可能な柔軟性のある体制、規模が必要である（クリティカル マス）。

○現在の領域規模はまさしくその分岐点を超えた、変化に柔軟に対応できる規模と考える。これ以上小さいとCRESTのアドバンテージが不鮮明となる。反対にこれ以上大きくなると領域内の疎通にも問題を生じ、一体感の喪失にも繋がる。丁度良い規模ではと考える。

4) 感想、その他

○戦略目標という大きな括りの中で、引きつづき世界をリードする課題を採択できたこと、および今、研究体制を構築し開始しなければ、先進国の後塵を拝し、後れをとることにも成りかねない課題を採択できたことは喜ばしい。

○また、採択された課題から多くの特筆すべき成果が生まれてきていることに、CREST事業の支援体制の強さを感じる。また、感謝もしている。

○一方、中・長期的な“生活基盤（食料、衣料、居住環境）構想”を国家的視野から鑑みると、食糧の確保、食の安全性など、昨今これまでとは異なる展開が世界レベルで起きている。輸入で確保する時代は早晚厳しくなるものと覚悟せねばならない。生産国への技術供与を前提としたバーター輸入の時代が予想される。着実に将来を見据えた欧米の技術開発の取り組みには脅威すら感じる。人類が遺伝子を操作する技術を手に入れたときから、新たな局面を迎えている現実を直視せねばならない。

○願わくは、日本の植物科学のprestigeを維持、発展させるための支援を今後ともお願いしたい。

○最後に、本領域をご指導・ご支援頂いたJSTの関係者各位、研究の遂行に有益なご助言を賜ったアドバイザーの先生方に厚くお礼申し上げる次第です。