

理研環境資源科学研究センター

2019年アドバイザー・カウンシル  
報告書

環境資源科学研究センターアドバイザー・カウンシル（CSRSAC）  
理研（横浜、2019年7月8日～10日）

理研環境資源科学研究センター・アドバイザー・カウンスル（CSRSAC）の第3回会議が2019年7月8日～10日に理研横浜キャンパスにおいて開催された。本書は、篠崎一雄センター長によるCSRSの現時点の活動と今後の目標に関する包括的報告（ホワイトペーパー）、副センター長らによる5つのフラッグシッププロジェクトのプレゼンテーション、グループリーダーによる研究のプレゼンテーション、CSRSのPI（Principal Investigator）やグループリーダーのプロフィールをもとにCSRSACが行った評価と提言をまとめたものである。また、当センターのディレクターらのレポートと将来計画および松本紘理事長と篠崎一雄センター長から提出された諮問事項についても論じている。

## CSRS2019委員一覧

Wilhelm Gruissem博士 スイス連邦工科大学チューリッヒ校生物学部	（議長、植物生物学、バイオテクノロジー）
有本博一博士 東北大学大学院生命科学研究科教授	（有機合成化学）
Cathleen Crudden博士 カナダ・クィーンズ大学化学部教授	（触媒・材料化学）
Dirk Inzé博士 ゲント大学植物システムバイオロジーセンター（ベルギー）教授、センター長	（植物発生・システムバイオロジー）
伊丹健一郎博士 名古屋大学トランスフォーメティブ生命分子研究所拠点長・教授	（有機化学・触媒）
Chaitan Khosla博士 スタンフォード大学化学・化学工学部（米国）教授	（有機物理化学・触媒）
経塚淳子博士 東北大学大学院生命科学研究科教授	（植物生理学、発生生物学）
大西康夫博士 東京大学大学院農学生命科学研究科教授	（微生物学）
Kirsi-Marja Oksman-Caldentey博士 VTT技術研究センター（フィンランド）研究責任者	（合成生物学、工業バイオテクノロジー）
澤本光男博士 中部大学総合工学研究所教授	（高分子化学・合成）
杉野目道紀博士 京都大学工学研究科合成・生物化学専攻教授	（有機金属・合成・高分子化学）

## 概要

2016年に行われた前回のCSRSACによる評価以降、理研環境資源科学研究センター（CSRS）は、植物生物学、化学、ケミカルバイオロジーのバランスを強化するとともに、研究グループ同士の革新的相乗効果型連携を推進し、これら異分野の一元化において素晴らしい進歩を実現した。CSRSの研究者は、その分野のイノベーションでは極めて認知度の高い国際的リーダーが多い。現在、CSRSの研究は、センターの研究の強み、そしてバイオテクノロジーと代謝エンジニアリングが戦略の新しい焦点であることを前面に押し出した5つの戦略的フラッグシッププロジェクトを中心にまとめられている。基礎研究、応用研究いずれのプロジェクトも、国連の重要な持続可能な開発目標（SDGs）に対応し、国内および世界の社会的課題を解決する重要な解決策を提示することを目指している。CSRSひいては理研全体は、日本内外のこれまでの常識を覆す研究開発を牽引する重要なテクノロジー拠点である。基礎研究を革新的応用へと移行するCSRSの取り組みは急速に広がっているが、その潜在能力を存分に発揮するには産業界の投資のさらなる充実と起業家精神に富んだ取り組みが不可欠である。また、今後4年間で新しい雇用ルールが導入されれば、戦略的方向性を広げ、バランスを念頭に置いて研究ポートフォリオを評価するとともに、PIや職員のジェンダーバランスや国際的多様性を改善する絶好の機会がCSRSに生まれる。それに伴い、CSRSは世界をリードする理研の戦略研究センターとして成功の道を歩み続けることだろう。

## 総評ならびに提言

CSRSの前身は2000年に設立された植物科学研究センターである。2013年、主に植物科学とケミカルバイオロジー、化学を融合するセンターとして設立された。2015年にバイオマス研究プログラムが統合され、それによって多くの機会とともに課題も生まれた。異分野融合というだけでなく、異文化、そして3か所に分散されたキャンパス（横浜、和光、筑波）で行われている研究プログラムが統合されたからである。CSRSはこの6年で植物・微生物研究とケミカルバイオロジー、化学触媒、ポリマー研究を融合し、先例をみないフロンティア研究と前記分野の革新的交流を推進し、世界をリードする独自性の高い研究センターとなった。

篠崎一雄センター長は、異分野融合の主導、研究領域同士の交流の推進とともに、異分野の研究者らが支え合いながら協力し、新しい最先端研究プロジェクトの開拓を推進・支持し、CSRSの国際的認知度の確立に向けて働きかけることに多大な尽力をし、その努力は実っている。全体としてCSRSの実績は傑出し世界最高水準を誇る。前回の2016年の評価以降素晴らしい研究結果が多数報告され、一流論文雑誌に新たに掲載された論文も多い。研究プロジェクトの大半はCSRSのミッションと密に整合している。篠崎センター長のリーダーシップにより高水準の研究実績とイノベーションの継続が確保されている。現在、CSRSが、日本の社会だけでなく世界のために革新的な研究と技術開発を推進するという理研のミッションの重要な柱となっていることは間違いない。CSRSは、バイオメディカル分野以外で化学と生物学の融合分野に世界最高水準の研究者集団を揃えているが、それが理研に価値をもたらすとアドバイザー・カウンシルは断言する。新分野への挑戦を支える篠崎センター長のリーダーシップとCSRS構築の業積は大いに称賛されなければならない。それと同時に、篠崎センター長は世界をリードする植物の環境ストレス耐性に関する研究を続け、数々の賞を受賞しているとともに、世界的に論文引用数の多い研究者として認められている。また、名誉ある日本の文化功労者にも選ばれている。

2016年のアドバイザー・カウンシル報告書では、CSRSの研究成果を評価すると同時に、フラッグシッププロジェクトに焦点を絞り、明確なビジョンを持った戦略計画を立てることを提言した。研究所の認知度を高めるため、こうしたフラッグシッププロジェクトでは、研究・技術革新の推進という理研のミッションのみならず「持続可能な資源開発に関する新しい異分野融合型研究の開発」というCSRSのミッションも重視する必要がある。

2019年、アドバイザー・カウンシルは、CSRSが積極的かつ前向きに提言を受け入れているのを目の当たりにして喜ばしく思っている。CSRSはグループリーダーとボトムアップ式の意見交換を行い革新的かつ独創的なフラッグシッププロジェクトを立ち上げた。プロジェクトは、革新的植物バイオ、代謝ゲノムエンジニアリング、先進触媒機能エンジニアリング、新機能性ポリマー、先端技術プラットフォームであり、CSRSの研究領域ならびにその融合と増加する横断的活動を反映するものとなっている。アドバイザー・カウンシルは、融合が継続していること、この3年でCSRSの研究開発が進んでいること、フラッグシッププロジェクトを特定して展開していることに感銘を受けた。国連の17の持続可能な開発目標（SDGs）、特に目標2、3、7、12～15は、人間の健康、気候変動の緩和ならびに持続可能で安全な食料生産に関するものであることから、それらを戦略の焦点としていることは日本にとっても国際的にも重要なことである。研究の焦点を絞り、科学を一般市民に伝えるためにフラッグシッププロジェクトが重要であることについてアドバイザー・カウンシルに異論はない。CSRSひいては理研全般のSDGsへの貢献は研究所のミッションに大きく価値を付加するものである。

アドバイザー・カウンシルはフラッグシッププロジェクトを、「どうしたらその素晴らしい研究結果とイノベーションを実用化できるか」、そして「社会に役立つ育種と作物生産に対するインパクト」を一般市民や政治家に向けこれまで以上にうまく説明できなければならない、と提言する。

CSRSにある異分野融合型専門知識には革新的研究開発を推進する連携のポテンシャルが溢れている。既に研究活動融合が十分に行われている研究チームもいくつかあるが、全体としてこのポテンシャルがまだ存分に発揮されているとは言えない。ここ数年、ケミカルバイオロジーが強化され、強化されたケミカルバイオロジーと植物科学との統合でCSRSに重要な前進があったことをアドバイザー・カウンシルは確認している。しかし、それと同時に、特に植物科学において今でも優れた多くの個別研究プロジェクトが同時進行しているが、それらに他の研究チームの専門知識が利用されていないことを認識している。これは研究に十分な深みを与えないことがしばしば起こる。研究者は個別のプロジェクトを維持するべきであるということについてアドバイザー・カウンシルに異論はないが、集中的連携ができるよう、グループ間の意見交換を増やし、重複している関心事や相乗効果を明らかにすべきである。

また、アドバイザー・カウンシルは今後、例えば、新しい分野横断的研究プロジェクトの奨励、植物科学、高分子化学、触媒化学の交流の拡大、植物科学とバイオテクノロジーの融合をさらに進め、フラッグシッププロジェクトの橋渡しをする努力をさらに重ねることも提言する。植物科学と化学の融合がポイントであることについてはCSRSの研究者の意見は一致している。CSRSの研究は和光キャンパスと横浜キャンパスの主な2カ所で分散して行われており、そのことが往々にして密な連携の足かせとなっていることについては、アドバイザー・カウンシルは理解し、正しく評価している。こうした事情を踏まえ、例えば、定期的に科学リトリートを開催し、フラッグシッププロジェクト内およびフラッグシッププロジェクト間の研究の設定と計画に若手のPIとグループリーダーを巻き込んで連携を進めるようさらに努力を重ねることをアドバイザ

リー・カウンシルは提言する。また、アドバイザー・カウンシルは、特に、前記分野の理研の他研究グループとの交流を通じてケミカルバイオロジーと合成化学をさらに強化し、科学的にも物理的にも植物分野との融合をさらに強化することも提言する。CSRSは、名古屋大学トランスフォーマティブ生命分子研究所やマックスプランク（ドイツ）との連携に加え、その他の国際的ケミカルバイオロジーグループや合成化学グループも探して働きかけ、CSRSの研究グループとの革新的連携を推進すべきである。全体として、以上の対策によってCSRSはさらに革新分野で世界をリードするようになるものとアドバイザー・カウンシルは確信している。

主に日本の学界や産業界で彼らがキャリアを積み上げられる様に、CSRSが若手研究者を育成しているという点でCSRSは大成功をおさめている。今こそCSRSは、人材育成や将来の連携を目指して若手研究者を理研に集め、特にアジア諸国だけではなく欧米でも科学の教育・研究を推進するため今以上に広い役割も果たすことをアドバイザー・カウンシルは提言する。こうすることによってCSRSの国際化が進むとともに理研の認知度がさらに高まることだろう。世界におけるアジアの重要度が増しつつあること、そして他のアジア諸国と強いネットワークができればCSRSに競争優位が生まれることについてグループリーダーの意見は一致している。日本国内では急速に高齢化が進み、若年層は一般的に科学系キャリアに無関心である。こうした現象は日本に限ったことではないが、日本の場合、若者が学界や産業界で輝かしい科学系キャリアを積むチャンスが乏しく状況は他国よりも厳しい。アドバイザー・カウンシルは、CSRSひいては理研全体が、高校生や大学生に指導を行い、若い世代に再び科学研究に魅力を感じてもらおうよう一層努力することを提言する。これは、例えば、若い学生が早くから研究プロジェクトに参加できる短期インターンシップを設けることによって実現可能だろう。

CSRSは既に自らの研究結果の橋渡しを推進する生産的連携を産業界と築き上げている。ホワイトペーパーにはそうした産業界との連携の具体例がいくつか挙げられている（イソプレン合成ー横浜ゴムと日本ゼオン株式会社、新規バイオポリエステルを原料とする高生体適合性新素材の開発ー株式会社カネカ、バイオ燃料生産ー株式会社ユーグレナ）。篠崎センター長は自らのプレゼンテーションで、他にも40社以上と交流や連携があることを明らかにした。しかし、実際のところ、現在こうした企業からCSRSへの研究費支援はCSRSの年度予算(外部資金)の10%にすぎない。これは意外であり、40社との連携のすべての例で商業開発が関わっているのか否かアドバイザー・カウンシルは疑問に思っている。もし関わっているとしたら、1社あたりへの請求額は極めて少額に違はなく、CSRSの研究者が自らの専門知識の売り込みをしっかりと行ってしないことになる。産業界からの研究費調達を増やす努力、そして社会にインパクトを与えるために認知度を高める努力をさらに重ねることをアドバイザー・カウンシルは提言する。さらに具体的に言うと、CSRSは、研究結果を認知度の高い専門誌で発表することを控えることなく、研究開発の早期段階から産業界と連携することを検討すべきである。CSRSと理研は、最終的に利益を生む商業化に向けた研究開発に対して企業が投資を増額する仕組みやインセンティブを設けるべきである。そうすることによって、CSRSの研究者は、基礎研究の結果を有望な新しい応用へ円滑に橋渡しできるようにもなるだろう。理研イノベーション事業法人は産業界とのこうした早期交流を模索する重要な場である。また、アドバイザー・カウンシルは「自分の研究を自分の起業チャンスにつなげるにはどうしたらよいか」を模索することもCSRSの研究者に呼びかける。CSRSのスピンオフ企業であるアクプランタ株式会社（2018年設立、作物の収量改善に酢酸を応用し商業化）および株式会社Japan Moss Factory（2019年設立、コケの培養生産とファイトレメディエーション）は基礎研究の結果を有望な商業応用につなげた好例である。

CSRSでは内部の予算配分に変化はあるものの、事実上予算はこの5年間横ばい状態が続いてお

り、研究者が獲得する外部の競争的資金もおそらく頭打ちになっている。CSRSの研究者による研究プロジェクトのための競争的資金集めの努力は大いに称賛しなければならない。しかし、その努力は外部からの研究費獲得を狙ったもので、理研から直接CSRSに配分される研究費は減っており、センター長や上層部による新しい研究領域の開拓や横断的活動の奨励が難しくなっている。政府の研究予算が減っている昨今、現状を変えることは難しいことをアドバイザリー・カウンシルは理解している。こうした事情を踏まえ、アドバイザリー・カウンシルは、CSRSが新しい資金源を検討・模索することを提言する。日本では米国ほど民間に社会貢献の文化が育っていないが、SDGsに対応するCSRSのフラッグシッププロジェクトは、国内外の財団、ならびに「革新的研究で変化をもたらす」というCSRSのビジョンに賛同する裕福な民間人に働きかける強力な柱となる。

## フラッグシッププロジェクトに関するコメントならびに提言

### 革新的植物バイオ

革新的植物バイオ・フラッグシッププロジェクトでは、社会に役立つ持続可能な食料とバイオマス生産の確保を目指し、高収量で環境ストレス耐性のある植物の開発を中心に研究を行っている。松井南博士がプロジェクトリーダーを務め、研究グループが3つ、研究チームが4つ、研究ユニットが3つある。研究者の多くは研究のモデル植物としてシロイヌナズナを使っているが、研究結果をキャッサバや米といった重要な作物植物に橋渡しをする例が増えている。革新的植物バイオ・プロジェクトの個別の研究はいずれも卓越していて大変面白いものであり、そのことはそれぞれのPIの評価により納得のいくように証明されている。研究者らは、多くの場合モデル植物シロイヌナズナを用い、画期的な発見を続けているとともに、一流専門誌での論文発表も続けている。乾燥耐性を仲介し、現場の作物に応用できる興味深い可能性を秘めているCLE25ペプチドといった小分子、酢酸・エタノール処理の発見はその好例である。同様に、（シロイヌナズナでラフィノース族オリゴ糖類の生成を触媒することが2002年に初めて報告された）ガラクトキノール合成酵素は、干ばつ条件下で陸稲に過剰発現すると収量が増すことが最近証明された。新たに設けられた全自動植物表現型解析システムRIPPS (RIKEN Integrated Plant Phenotyping System) により、正確な成長の測定と制御機序の発見が推進されることだろう。

革新的植物バイオ・プロジェクトでは個別の研究から引き続き重要な発見が生まれているが、橋渡しとバイオテクノロジーの発展を加速するため、研究者らは自らの研究プロジェクトの分野横断的側面もさらに重視することをアドバイザリー・カウンシルは提言する。いくつかのグループは乾燥耐性の研究をしているが、広い文脈から研究結果の理解を進めるために連携している様子は見られない。例えば、シロイヌナズナの根で発見されたCLE25型のペプチドが作物植物でも気孔閉鎖や水不足を制御することが解明されれば、酢酸および潜在的な新ホルモンであるカリキンが乾燥応答の調節で果たす役割とこの機序がどのように関係するのかを理解することが重要になる。いくつかのグループは、ケミカルバイオロジー系研究者と連携し小分子を用いて生化学的経路と機序を調べ始めている。こうした交流を強化すること、そして理研で利用できる独自の化学系ライブラリーのリソースを活用して生物学的機序の解明を進めることをアドバイザリー・カウンシルは提言する。また、アドバイザリー・カウンシルは、個々の遺伝子に焦点を合わせるのではなく、遺伝子調節ネットワーク (GRN) を特定し、調べ、組み換えるために機械学習と自動表現型解析を導入し、大規模データの解析の統合をより適切に行うことも提案する。植物の環境ストレス応答における個々の遺伝子の機能の解明が依然として重要であることに変わりはないが、今では、（乾燥と高温など）現場では同時に生じることが多い様々な非生物的ストレス応答

は複雑な統合型制御ネットワークによって仲介されることがますます明らかになりつつある。生物的ストレス応答にも同じことが言える。革新的植物バイオ・プロジェクトの研究者らは定例会合を開催し、研究の結果について話し合い、連携の共通基盤を見出すようにすることをアドバイザー・カウンシルは提言する。また、調節遺伝子スイッチの構築といった合成生物学の手法を活用するとともに、触媒・高分子科学とつなげ、植物・微生物研究においてこれまでの常識を覆すイノベーションを推進する必要もある。こうすることによって、作物の収量やバイオマス生産の改善を目指した橋渡し研究が推進されるものとアドバイザー・カウンシルは確信している。

## 代謝ゲノムエンジニアリング

代謝ゲノムエンジニアリング・フラッグシッププロジェクトでは、化石燃料主体の化学物質製造工程を持続可能な生産体系に置き換えるためにバイオプロダクトの生産・使用を拡大する際の植物・微生物の機能（「スマートオーガニズム」）を最大限に伸ばすことを中心に研究を進めている。その基本となっているのは、「既に国際的に広く認知されている代謝モデリングも統合し、代謝産物のエンジニアリングと生産に影響を与えるにはどうしたらよいか」という強いビジョンである。このプロジェクトは齊藤和季博士がプロジェクトリーダーを務め、植物、微生物、環境研究を専門とする5つの研究グループで構成されている。このプロジェクトに大きい可能性が秘められていることは、トリテルペノイド/ステロイド生合成（天然甘味料グリチルリチンなど）、ネオリグナンの生合成、ブタジエンまたはマレイン酸塩のバイオプロダクション経路のエンジニアリングによって既に立証されている。この他、天然ゴム生産のための人工代謝経路を利用したイソプレン生合成のエンジニアリングも代謝ゲノムエンジニアリング・プロジェクトで開発が進められている機能の例である。また、最近、研究者らはゲノム編集技術（CRISPR-Cas、TALEN）も用いて代謝経路を操作し、新しい代謝産物を作っている。これは、大きな可能性を秘めた明らかに面白い展開である。代謝ゲノムエンジニアリング・プロジェクトは、バイオインフォマティクスと数理モデルを研究プログラムの重要な基本であると特定し、そうした活動を支えるためにウェブツール（PASM<sub>et</sub>=Prediction, Analysis and Simulation of Metabolic networks）を開発した。しかし、アドバイザー・カウンシルは、バイオインフォマティクスとモデルで得られる専門知識は代謝ゲノムエンジニアリング・プロジェクトひいてはCSRS全体でまだそれほど重要な意味を持って進めているわけではないと考えており、これらの重要分野を強化することを提言する。

## 先進触媒機能エンジニアリング

先進触媒機能エンジニアリング・フラッグシッププロジェクトは侯召民博士がプロジェクトリーダーを務め、研究グループ2つと研究チーム3つで構成されている。このプロジェクトでは、化石燃料の消費を減らし、天然の再生可能資源の使用を増やすことを目指し、ファインケミカルと機能性材料の合成に用いるより効率的かつ選択的な触媒の開発を中心に研究を行っている。先進触媒機能エンジニアリング・プロジェクトはすでに強力なインパクト、高い国際的認知度、優れた業績を実現している。温和な条件下で効率的触媒を用いて $N_2$ と $H_2$ を反応させて行うアンモニア合成の実現はエネルギー集約型のハーバー・ボッシュ法に代わる方法の好例である。鉄触媒を用いた化学量論量の2つの基質の直接C-H/C-Hクロスカップリング反応は、地球に豊富に存在する金属触媒を有機合成に利用することを立証する世界最高水準の重要な反応である。同様に、再利用可能な触媒の開発も、業績が国際的に認められているこのプロジェクトの研究者らが推進したイノベーションの例である。例えば、袖岡幹子博士は日本人女性研究者として初めてアメリカ化学会賞を受賞しているが、このことは袖岡博士が世界でリーダーシップを発揮していることの証

左である。

アドバイザー・カウンシルは、先進触媒機能エンジニアリング・プロジェクトの規模が小さいことを勘案し、「先進触媒機能エンジニアリング・プロジェクトの現在の素晴らしい業績を再生可能なバイオマス資源に応用するためにどうしたらよいか」について議論を重ねた。アドバイザー・カウンシルは、先進触媒機能エンジニアリング・プロジェクトはマンパワーが少ない状態が続いていることを認識しており、プロダクト創生に向けて新しい触媒とバイオマスを利用するさらなる機会を求めて研究者らが革新的植物バイオ・プロジェクトとの緊密な交流をますます深めていくことを提言する。また、アドバイザー・カウンシルは、例えば産業界との連携など、ニューフロンティア開拓のために、無機化学と固体触媒分野の研究者が増員できるよう追加リソースの検討を提言する。

### 新機能性ポリマー

新機能性ポリマー・フラッグシッププロジェクトは、阿部英喜博士がプロジェクトリーダーを務め、特異的機能または興味深い新機能を強化した新しい機能性高分子材料の開発を中心に研究を行っている。CSRSのフラッグシッププロジェクトの中では最も規模が小さく、先進機能触媒研究グループ（侯博士）、バイオプラスチック研究チーム（阿部博士）、バイオ高分子研究チーム（沼田博士）で構成されている。新機能性ポリマー・フラッグシッププロジェクトからは、自己修復性機能を持つエチレン-アニシルプロピレン共重合体や優れた形状記憶特性を持つ重合体など、既に新しい機能を持つ興味深い重合体が生まれている。この他、化学・酵素法によるペプチドの合成も、新しい化学蛋白質合成プラットフォームへとさらに発展する可能性を秘めている新機能性ポリマー・プロジェクトの飛躍的進歩の例である。ただし、GDAポリエステルといった新ポリマーを作る際に現在植物基質のバニリンや没食子酸が使われているが、これは新しいことではない。バニリンや没食子酸ならびにそれに類する植物由来基質は他国の研究グループでも使われており、先端を行く研究機関である理研特有のオリジナルなものではない。革新的で環境に優しいポリマー（海中で3カ月以内に劣化するポリマーなど）の開発に際しバイオマス基質の利用範囲を広げることをアドバイザー・カウンシルは提言する。また、代謝ゲノムエンジニアリング・プロジェクトと密に連携し、革新的ポリマーの基礎となりえる新代謝産物の代謝経路のエンジニアリングを活用する機会を模索・評価することもアドバイザー・カウンシルは提言する。

### 先端技術プラットフォーム

先端技術プラットフォーム・フラッグシッププロジェクトは素晴らしい。また、戦略的にも国内外で重要である。プロジェクトリーダーは長田裕之博士と斉藤和季博士が務め、横浜キャンパスの4グループと和光キャンパスの7グループが関わっている。アドバイザー・カウンシルは、「技術プラットフォームをフラッグシッププロジェクトと考えるべきか否か」について話し合った。「大学では実現が難しい世界最高水準の最先端技術プラットフォームを確立する」という理研の独自のミッションをアドバイザー・カウンシルは認めている。従って、先端技術プラットフォームをフラッグシッププロジェクトとすることには正当な根拠がある。日本の国内外のあらゆる研究に利用できるのであればなおさらである。フラッグシッププロジェクトで行われる研究は、小分子と代謝産物、ならびに大規模分子・ゲノムデータベースと学習アプリを併用するゲノム中心のバイオインフォマティクスのアプローチによって強力に推進されている。先端技術プラットフォームに重要なサービス機能があるということについてアドバイザー・カウンシルに異論はなく、従って、研究者らが他のフラッグシッププロジェクトの橋渡しに力を入れることを提言す

る。また、アドバイザリー・カウンシルは、先端技術プラットフォーム・プロジェクトが、技術支援の役割にとどまらず、技術の先駆者としての理研の国内外の立場を強化するために、これまでの常識を覆す最先端技術の開発を推進することも提言する。

先端技術プラットフォーム・プロジェクトは、メタボロミクス、プロテオーム解析や高解像度顕微鏡（cryo-EMなど）の専門知識と測定装置、最先端技術、化合物ライブラリーのリソースが揃っていることが強みである。他のフラッグシッププロジェクトをサポートする包括的情報基盤の構築を目指してバイオインフォマティクスを統合・拡充する計画があるが、CSRSの予算は縮小が進み、先端技術プラットフォーム・プロジェクトの国際的先進性の維持の可否が心から懸念される。その懸念はアドバイザリー・カウンシルも同じであり、高い卓越性を維持するため、理研は必要な装置類やインフラへの投資を継続、理想を言えば増額することを提言する。CSRSのプラットフォームのリソースは国際レベルで極めて魅力的である。理研は、最先端の方法と技術の開発を牽引できる日本で最も有望な若手研究者を集めるため、この世界の宝の維持・拡大に力を入れることをアドバイザリー・カウンシルは提言する。技術開発は変化が激しく予測は難しい。そこで、アドバイザリー・カウンシルは、CSRSが国際的競争力を保つために開発や導入の必要がある技術を慎重に観察することを提言する。

ケミカルバイオロジーにおける理研の国際的強みとリーダーシップは、長田博士に最も顕著に代表されるごく少数の研究グループが基本となっており、これらのグループは、植物科学との分野横断的活動を育み、小分子を用いて生化学的経路を調べてきた。CSRSと理研は、今後ともケミカルバイオロジーの強化を目指し、優秀な若手研究者の発掘を続けることをアドバイザリー・カウンシルは提言する。さらに、アドバイザリー・カウンシルは、長田博士が数十年の長きにわたり蓄積して作り上げた天然化合物ライブラリーを管理する計画をCSRSが策定することを提言する。例えば、天然化合物ライブラリーは、理研の事業法人の支援を受けた新しい起業ベンチャーが21世紀に改めて天然化合物を発見する重要なきっかけや足がかりになるかもしれない。

## CSRS関連の共同研究と協力

創薬・医療技術基盤連携部門、理研-マックスプランク連携研究部門、理研-KRIBB連携研究ユニットはCSRSが管理しているが、予算ラインは別である。野依良治理事長時代に10年プログラムとして開始され、現在吉田稔博士が部門長を務める創薬・医療技術基盤連携部門は、医療に応用できる興味深い新化合物の発見を中心に研究を行っている。ホスホフルクトキナーゼ1を阻害しミトコンドリア機能障害患者を治療するtryptolinamide分子はその例である。研究は、小分子から治療の可能性を秘めた他の分子の発見への移行が進んでいる。創薬・医療技術基盤連携部門は重要な貢献を続けているが先行きは不確実である。プログラムを2024年まで延長する話し合いが進められている。理研は疾病に役立つハイスループットのスクリーニングと創薬における自らの役割を評価することをアドバイザリー・カウンシルは提言する。この分野でリーダーシップを継続することを約束すれば、創薬・医療技術基盤連携部門は今以上に計画が担保され、一層長期的に安定が確保される。そのためには、理研が国内外レベルで確実に競争力を保つための経済的投資も必要である

理研-マックスプランク連携研究部門には理研の研究者3人とマックスプランク分子生理学研究所の研究者が2人いる。この研究部門の理研側トップは長田裕之博士である。理研とマックスプランクは、生物活性化合物の共同スクリーニングやターゲット物質の同定に加えて、若手研究者や化合物の交換も積極的に行っている。また、最近設置された理研-KRIBB連携研究ユニットは、

CSRSと韓国生命工学研究院（KRIBB）のケミカルバイオロジーの研究者3人の補完的な強みを利用している。理研-KRIBB連携研究ユニットの理研側トップは長田裕之博士(高橋俊二博士)であり、このユニットでは、細菌・真菌由来の新生物活性化合物の判別と分離、およびそれらのターゲットの特定を中心に研究を行っている。主な目標は研究者の交流とノウハウの蓄積にある。

アドバイザー・カウンシルは、以上は貴重な活動であると考え、海外の一流研究機関と相乗効果のある研究活動を行う他の機会について評価することを勧告する。なぜならば、そうすることによってCSRSの国際化がさらに拡充されるからである。CSRSではインドを始めとするアジア諸国出身の研究者は増えているが、欧米の若手研究者集めは依然として難航している。また、CSRSの国際連携は26件を数えるが、その大半は連携先が大学であり、研究者の交流を推進し、他国の若手研究者を理研に集めることがCSRSの強化や国際化にどれほど有効かを評価するのは難しいとアドバイザー・カウンシルは考える。

国内レベルでは、CSRSは、共同研究および基盤とリソースの利用を目指して名古屋大学、トランスフォーマティブ生命分子研究所（WPI）と連携・協力関係を築いている。この他にも、横浜市立大学、埼玉大学の大学院課程と連携し、CSRSの研究者が博士課程の学生を指導できる協力関係を築いた。理研が育成している博士課程の学生のために、さらに連携大学院課程を増やすことも目指し、このような協力関係を拡充することをアドバイザー・カウンシルは提言する。

最近始まった共生生物学プロジェクト（iSYM）は、白須賢博士が率いる理研の分野横断的プログラムである。予算は独立しており、理研の複数の研究部門の研究者が関与している。目標は、バイオ産業の変革を目指した人間、動物、農業、環境の共生システムの利用である。最先端の技術と計器に支えられた研究努力により、短期間で既に興味深い結果が生まれている。異分野の異なる専門知識を備えた研究者を集めて新しい研究の方向性を切り開こうという理研の構想をアドバイザー・カウンシルは称賛する。これは明らかに理研の強みと競争優位が現れたものであり、日本人の腸内細菌叢の探索により国内レベルで理研の認知度を上げる力になり得るだろう。しかし、iSYMプロジェクトがなぜ共生インタラクションのみに焦点を絞り込み、微生物由来の疾病（特に、微生物が人間、動物、植物の宿主にとって有益な共生インタラクションを阻害する場合）を扱っていないのかがアドバイザー・カウンシルにはよくわからない。

## CSRSの人事・事務管理

CSRSのディレクターらは、計画のプロセスや研究の方向性に関する話し合いにチームリーダーを参加させるようになっており、アドバイザー・カウンシルはこれを高く評価する。フラッグシッププロジェクトの立ち上げはこうしたボトムアップ方式の好例である。なぜならば、ボトムアップ方式にすることによって、研究者らはミッションを支えミッションに共感できるからである。「CSRSで決定はどのように下されるか」をはっきりと伝え、CSRSの将来および現行のフラッグシッププロジェクト後のもっと長期の計画立案や新しいフラッグシッププロジェクトの明確化に関する話し合いにチームリーダーを参加させ、それによって、こうした積極的関与を強化することをアドバイザー・カウンシルは提言する。また、アドバイザー・カウンシルは、CSRSのPIが参加する毎月の定例会議に加えて、毎年定期的にCSRSのリトリートを開催し、共同体意識を育むとともに研究者の連携を推進することを提言する。大きな前進は見られるものの、植物生物学と化学の融合および和光キャンパスと横浜キャンパスの相互連動には課題があり解決する必要があるとPIらは考えている。また、若手研究者の潜在能力を評価し、若手研究者が自分達の将来を計画できるようなしっかりとしたキャリアパス・プログラムをCSRSに設けることもア

アドバイザー・カウンシルは提言する。

新しい政府雇用法は、理研の現在の雇用や今後の雇用に影響を与えるとともに、有期契約の多くの職員や研究領域にも影響し、CSRSも例外ではない。現在不均衡になっている雇用契約はこれまでの歴史的な発展・成長に伴うものである。和光キャンパスでは大半のPIは定年制だが、横浜キャンパスでは大半のPIが任期制なのである。しかし、理研における雇用の移行は、時宜を得たものでもあり、ますます進む国際化、多様性、ジェンダーバランスに対応する好機、そしてCSRSに新しい研究領域を設ける好機であるとアドバイザー・カウンシルは確信している。2020年4月にCSRSのセンター長に就任予定の齊藤博士、CSRSが保持する科学的強みである既存の研究ポテンシャルの融合を継続するという齊藤博士の計画、そして日本政府が主導する変化で必要となった齊藤博士の人事計画をアドバイザー・カウンシルは心から支持する。アドバイザー・カウンシルは、CSRSで行われるバランスのとれた雇用と採用の決定の一切は、必ず透明な手続きを経て、採用・無期採用への昇進に関する明解な方針と評価の仕組みに基づいて行われることを提言する。

CSRSでは女性研究者の採用と昇進は依然として実効性がない。CSRSの場合、ポスドク、博士、技術研究レベルの男女分布はバランスが取れているが、PIレベルになると、今でも女性研究者の人数は20%を割り込み、前回評価が行われた2016年以来変わっていない。CSRSは女性PIを採用する努力をしてきたが、その努力を強化することをアドバイザー・カウンシルは提言する。例えば、将来の定年制ポジションは、優秀な女性研究者を募集し、研究のリーダーシップを発揮するポジションに就ける好機として利用すべきである。また、優秀な女性研究者は、リーダーシップを発揮できるCSRS外のポジションにも積極的に起用することをアドバイザー・カウンシルは提言する。例えば、袖岡博士の場合、その偉業を認め、CSRSのPIとしてだけではなく理研でも主導的役割を担うべきである。また、男女を問わず日本人以外の研究者を採用する努力もさらに強化する必要がある。

## CSRSアドバイザー・カウンシルから松本紘理事長への提言

アドバイザー・カウンシルは、松本紘理研理事長ならびに篠崎一雄CSRSセンター長から提出された諮問事項に関連する現在のCSRSの研究成果および7年計画を検討した。2016年に行われたレビュー以来、依然としてCSRSの研究成果と業績は素晴らしく、理研のミッションと社会の進歩に貢献している。SWOT分析は包括的に行い、CSRSの強みと弱み、さらには今後の発展の機会を正しく明らかにしている。これらについては、これまでに詳細に論じた通りである。以下、SWOT分析をもとにした提言をまとめる。

### 諮問事項1：CSRSの研究成果、社会への貢献、7ヶ年計画との整合性

CSRSの研究は、群を抜いた質の高い研究論文といった素晴らしいアウトプット、そしてそれを支える優れた技術基盤の結果として国内外で認められている。CSRSは、植物科学、触媒化学、ケミカルバイオロジーの相乗効果を活かし続け、これらの異なる専門分野の研究をバイオテクノロジーや代謝エンジニアリングなどの5つのフラッグシッププロジェクトにまとめている。CSRSは、これをもとに、また、国際的な競争力のあるリーダーシップを維持するために理研の他の化学やケミカルバイオロジーの研究グループとの相乗効果を生み出す交流を増強することによって、新しい科学的アプローチを生み出していくことだろう。CSRSの5つのフラッグシッププロジェクトでは国連の持続可能な開発目標（SDGs）という重要事項に関わる研究が進めら

れており、社会に大きく貢献している。前記のフラッグシッププロジェクトは、CSRSの7年計画ならびに「社会に役立つ革新的研究および技術開発を推進する」という理研のミッションと整合している。

## 諮問事項2：CSRSのSWOT分析

**マネジメントの強み（S）**：CSRSは、植物生物学、ケミカルバイオロジー、化学の研究者を集め、素晴らしいアウトプットを誇る、成功著しい個性的な研究センターを作り上げている。包括的SWOT分析では、2016年のレビュー以降のCSRSの進捗状況と業績を、偏りなく、批判眼を持って分析している。篠崎センター長はCSRSの異分野融合で素晴らしい手腕を発揮してきた。そして、フラッグシッププロジェクトの立ち上げを主導し、ケミカルバイオロジーと化学の強化に向けて有望な若手PIを新たに起用し、国内外との重要な連携を実現し、多様性拡大の取り組みを続けている。こうした業績は、明確なビジョンを持った斉藤次期センター長のリーダーシップの下で今後のCSRSの方向性を決める重要な土台となる。アドバイザー・カウンシルは、斉藤博士の計画を強く支持する。

**弱み（W）**：CSRSの研究者の研究場所が和光、横浜、筑波のキャンパスに分かれていることが、今でも、強い相乗効果と密な研究連携の構築、そして異分野のPIや研究者同士の頻繁な交流を妨げる障害となっている。和光キャンパスに環境資源科学研究棟が確保されて事態は若干好転している。CSRSの運営予算の削減や予算配分の内部変更が、CSRSの卓越性と国際的リーダーシップを維持したいセンター長や研究者らの課題となっている。全般的に、理研は、有期契約の研究者らを学界や産業界の良いポジションへ人材を輩出することに成功してきている。しかし、日本では博士課程に進む学生が減っていると同時に、長いキャリアを積むポジションが学术界に少ないことから、有能な若手研究者を採用して、理研外の独立した良いポジションに人材輩出することがますます難しくなっている。

**機会（O）**：新しく始まったCSRSのフラッグシッププロジェクトでは、国連の定める持続可能な開発目標（SDGs）を中心に研究を進めていることから、CSRSは日本の社会との交流を強化することができる。フラッグシッププロジェクトは、研究、ひいては持続型農業、食料安全保障、温室効果ガス排出量の削減という課題の解決に向け、ゲノム編集などの新種ツールの受け入れ可能性の重要性について意識を高めることができるものである。また、基礎研究を応用研究へと橋渡しし、日本国内にとどまらず世界の産業に役立つ好機でもある。

**脅威（T）**：2023年までの新しい政府雇用政策への移行と定年制ポジションの増加は脅威として捉えられている。しかし、適切に対応し包み隠さず伝えれば、今後4年のCSRSの採用と在任期間の決定は、研究プログラムを絞り込み、研究の新しい方向性を定め、5つのフラッグシッププロジェクト間で最適な戦略バランスを実現する機会になる。予算の伸び悩み、人件費の増加、公的な競争的資金の頭打ちがCSRSの今後の発展の懸念材料である。しかし、こうした状況は、慈善的な資金源の模索、そして有望な基礎研究や技術開発において、産業界との共同研究を拡大することによって緩和できるだろう。

## 諮問事項3：連携（科学技術拠点プログラムとの連携を含む）

CSRSは、名古屋大学やトランスフォーマティブ生命分子研究所と重要かつ密な連携を既に築き上げている。横浜市立大学および埼玉大学との連携により両大学の修士・博士課程の学生へのア

クセスが実現している。国際共同研究や協力の例としては、マックスプランク（ドイツ）、ミシガン州立大学（米国）、韓国生命工学研究院（KRIBB）、農業遺伝学研究所（AGI）（ベトナム）がある。理研国際プログラム・アソシエイト制度（IPA）の一環である海外の大学や研究機関との連携の効果は、どちらかという評価が難しい。CSRSのフラグシッププロジェクトである先端技術プラットフォームは国際的認知度が高く、科学技術ハブを目指した理研の取り組みの中で最も重要なものである。CSRSでは研究スタッフの国際化が進みつつあるが、さらに国際化を加速し、強かに推進していく必要がある。

#### **諮問事項4：PI（Principal investigators）**

PIはCSRSのフラグシッププロジェクトと7年計画を擁しているが、彼らの研究プログラムはセンターのミッションと整合している。また、CSRS内および国内外の異分野の研究者らとの相乗効果型の生産的連携にPIが関与することも増えている。CSRSのPIの業績は一様に素晴らしく、世界最高水準に達している。PIは競争的研究資金の獲得にも成功しており、現在、CSRSの年間予算の30%以上を占めている。どのPIも最高峰の専門誌に論文を発表し、その多くがその分野の国際的リーダーであり、何人かはこの5年間の論文の引用回数が多く、CSRSで行われている研究が海外でインパクトを与えていることを如実に表している。PIは自らの研究チームと研究プログラムをうまく切り盛りしているとともに、新人研究者らの育成指導に積極的かつ効果的に関わり、新人研究者らが成功する研究プロジェクトを立ち上げられるよう支援し、理研外のポジションやキャリアを見つける手助けを行っている。また、橋渡し研究や産業界の関心と資金集めでも役割を果たしており、こうした面はフラグシッププロジェクトおよび異分野融合型連携の拡大でさらに強化されていくことだろう

#### **篠崎一雄CSRSセンター長からの要請に対するコメント**

CSRSで新たに始まった5つのフラグシッププロジェクトに関するCSRSアドバイザー・カウンシルの意見と助言は既に本書に記したとおりである。PIの個別評価は本書に添付した。