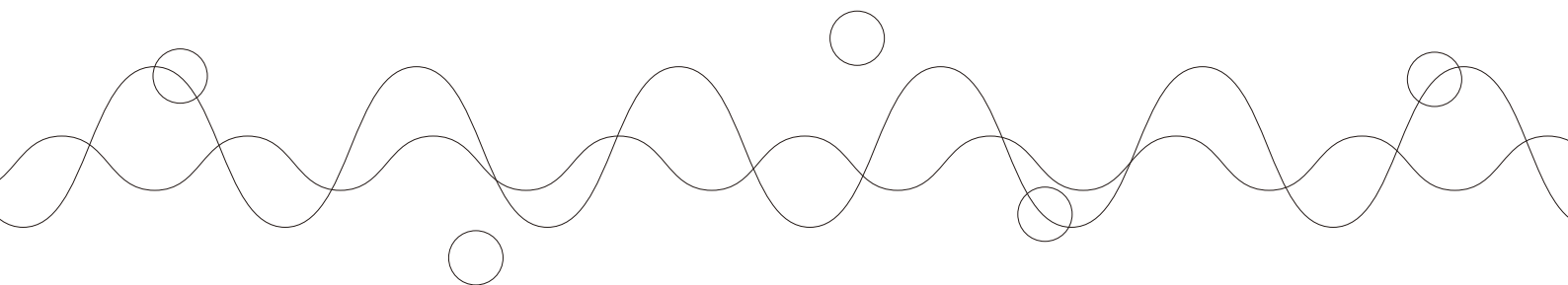


平成26年度調査報告書

米国のEngineering Research Centers (ERC)
— 融合型研究センターのFederal Flagship Scheme —



サマリー

システム科学ユニットは日本におけるシステム科学技術の振興を目指して 5 年前に科学技術振興機構 (JST) の研究開発戦略センター (CRDS) に設置された。本ユニットは、科学技術の現代の発展段階において、科学技術によるイノベーションは究極的にはシステム構築として実現される、との認識のもとに活動してきた。この認識に基づいて、ユニットは 1) 要素技術をシステムに統合する力を日本の科学技術が備え、2) それを通して科学技術の成果を社会に効率よく還元し、3) それによって現代社会が直面する困難な問題を解決することが出来るための研究助成の構想を模索してきた。特に、システム科学ユニットが目標としている上記三つの課題を解決するシステムズアプローチを体現したプログラムをどのように設計したらよいかについて、さまざまな視点から検討してきた。

本年 2 月に米国科学財団 (National Science Foundation : NSF) 工学局長の Pramod Khargonekar 博士が来日し JST を来訪した。その折、彼を通じて、NSF がすでに 30 年近くにわたって継続的に支援してきた工学研究センター (Engineering Research Centers : ERC) の情報を得て、NSF がシステム科学ユニットが提案しているシステム構築を主軸に据えたシステムズアプローチをその研究戦略の基軸に据えていることを知った。その後の調査で、ERC プログラムは極めて優れた実績を上げ、NSF のさまざまな事業の中でもトップクラスの評価を得ていることが分かった。われわれはこの情報に大変興味を持ち、ERC の成功の主因はシステムズアプローチにあるのではないかと、この期待を持った。期待が事実であるかどうかを確かめるために実際に全米各地の ERC を現地に訪問し、その実情を調査することにした。

事実は予想以上であった。システムを構築することはすでに自然な形で研究の最終的な形として受け入れられている。そのことを示すのが、ERC の研究戦略を表現するものとして知られている三層図である。三層図はすべての ERC で研究開発の指導原理、あるいは研究開発の枠組み設計のための青写真として受け入れられている。その内容はわれわれから見るとわれわれが主張してきたシステムズアプローチにきわめて近いものであった。この三層図は、これまでの科学技術の発展を示すものとして広く受け入れられてきた、基礎研究から始まり社会実装で終わる一方向の研究開発のリニアモデルとは全く異なる新しい研究開発のモデルを与えている。

ERC は研究だけでなく、成果の技術移転 (社会実装) と教育 (人材育成) も併せて目標として掲げている。ERC プログラムでは、この三つの目標が単に並列的にそれぞれ独立に取り組みられるのではなく、一つの目標が達成されれば他の目標も自然に達成されるような波及効果・相乗効果が生み出されるようにシステムとして組み合わせられている。実際、この三つの目標をこのような形で同時に達成することは簡単ではない。それを可能としたのが ERC プログラム創設当初の戦略的な設計と、その後のたゆまない進化のプロセスが生み出した、研究、社会実装、人材育成の三つの柱を織り込んだ「ERC システム」であったと言ってよい。ERC への現地調査を終えた現在、ERC の成功の主因は、「ERC システム」を生み出したシステム思考のレベルの高さにあると言えよう。

ERC の成功が提起する意味は小さくない。この報告書でも ERC から学ぶべきことについても少し踏み込んで議論をしたい。

Summary

The Systems Science Unit was established at the Center for Research and Development Strategy, Japan Science and Technology Agency five years ago to promote systems science and technology in Japan. The basic theme of the unit is that the technology innovation in the contemporary world is eventually accomplished through construction of *systems*. Based on this recognition, it has been actively working on the funding policy to strengthen the capability of Japanese science and technology in systems integration of component technologies, to smoothly implement the outcome of research in the society and to solve various difficult problems we are currently facing through systems construction. In particular, we have been struggling how to design a research program and scheme that embodies systems approach through which it enables to accomplish the three targets of our unit.

When Dr. Pramod Khargonekar who is the Head of Directorate for Engineering of NSF came to Japan to visit JST, we came to know from him that the Engineering Research Center (ERC) which has been sponsored by NSF since 30 years ago takes the systems approach as their main research activities. Our own review later showed that ERC demonstrates an excellent performance and is known to be with the top recognition among NSF sponsored university centers. We were very much interested in ERC with the expectation that its success was brought by its adoption of systems approach in the main research scheme. In order to verify what we expected was true, we decided to visit ERCs and see their real situations on site.

It was actually more than what we had expected. The needs for implementing research outcomes as form of systems are naturally accepted. Moreover, *the three plane strategic diagram* that represents ERC's common research activities is extensively used in all ERCs as a research blueprint, as an organizational guideline, and as a communication tool. This diagram is essentially the representation of a procedure of constructing systems. It should be noticed that the diagram suggests a completely different R&D methodology from the traditional *linear model* in which the R&D starts with fundamental research and ends up with commercial implementation in one way.

ERC program advocates the three targets of its mission, *research, education and technology transfer*. They are regarded as the simultaneously and conformably pursued targets with complete alignment. This is a tough task to accomplish these seemingly independent targets simultaneously and perfectly. In order to fulfill this mission, ERC's strategy was very carefully considered, or well-evolved during its development. From our point of view, it was again an outcome of high-level systems way of thinking. The three pillars of ERC, research, education and technology transfer, have been very carefully and effectively woven in the structure of ERC as an *ERC system*. We feel, after site visits to ERCs, that the real cause of ERCs' success is its systemic nature of ERC.

The implications of the success of ERC to funding policy of Japan are rich. In this report, we give in-depth discussions about implications of ERC.

目 次

サマリー	i
1. はじめに	1
2. ERC 設立の背景と歴史	4
3. ERC の概要	7
4. 訪問先 ERC の現況	13
5. ERC における教育	31
6. 「ERC システム」の戦略	33
7. ERC から学ぶこと	41
8. おわりに	46
付録	50

1. はじめに

研究、社会実装^{(註)1}、人材育成は科学技術政策の三大テーマである。この三つのテーマは互いに性格が異なり、それらを実行する方法も達成度を評価する基準も異なる。同時にそれらは入り組んだ関連をもち、その関連性を解き明かしながらそれぞれの目標を達成していくことは科学技術政策の主要な課題の一つである。

日本ではこの三つの課題は同時には達成できないだけでなく、場合によってはその効果が背反してしまうものであるという考え方が根強いようである。例えば、研究とその成果の社会実装との間には両者を隔てる「ダーウィンの海」が存在し両者は容易にはつながらない、という定説がある。あるいは、研究は論文によって評価されるので、論文にならない個別の細かい工夫によって問題を解決することが主となる社会実装を若い研究者は敬遠しがちである、とも言われている。また、学生の教育においては体系的な思考力を身につけさせる必要があるので、体系化されていないノウハウに依存するところの大きい社会実装は大学での人材育成、すなわち研究者教育には不向きである、という意見も特に理学系の大学教員からよく聞かれる。それ以前に、大学は教育と研究のどちらに重きをおくべきか、という大学の使命に関する古くからある問題は今でも繰り返し議論されている。このように、研究、社会実装、人材育成は大学や研究所では少なくとも独立に取り組むべき別々のテーマである、との考えが支配的である。これまでこれらに関連させて同時に推進する本格的なプログラムは少なくともわれわれの知る限りわが国では行われていない。実際、日本ではこの三つのテーマの振興策はそれぞれ別の行政部門が独立してそれぞれの理念のもとで進められてきた。

Engineering Research Centers (以下 ERC) プログラムは米国科学財団 (NSF) による大学拠点創出事業である。すでに 30 年近くに及ぶ歴史があり、その実績は高く評価されているが、その最大の特色は上記三つのテーマ、すなわち研究、社会実装、人材育成の同時達成を謳っていることである。アメリカの大学には学部や学科を横断する各種の研究センター (University Research Center, URC) が数多く設置されており、NSF も ERC プログラム以外に幾つかの研究センターの設置事業を行っている。例えば Industry/University Cooperative Research Centers (I/UCRC) プログラムはその一つである。ERC プログラムはそれらの中でも特に優れた実績を挙げていると言われている [1]。

その実績を示す数字を幾つか挙げよう。NSF はこれまで 64 (一部重複を含む) の ERC を全米各地に創出してきたが、およそ 82% が ERC プログラム所定の最長財政支援期間 (通常は 10 年) が終了した後、現在も自立して活動を続けている。このような高い「生存率」をもつ NSF の拠点創出事業は極めて例外的である。NSF ウェブページにおける 2011 年時点での情報によると、ERC 発の特許出願は 1,489 件、特許 663 件、ライセンス 2,117 件、ベンチャー会社 159 社、ERC での研究活動に従事した卒業生 11,481 人となっている [2]。参考までに特許については東京大学の特許出願が 2006 年現在 767 件、特許が 108 件 (いずれも国内に限る) [3] である。最近では ERC の実績に注目が集まり、科学技術政策の研究者による実地調査や経済学者による経済インパクトの調査などが行わ

(註) 1 社会実装にはいろいろなレベルが考えられるが、ここでは通常使われている広義の社会実装を考えている。後に大学での社会実装に限定する場合は「技術移転」がその具体的な内容となる。

れるようになった [1],[4-6]。このような高い評価から、ERC は工学系の研究センターの“Federal Flagship Scheme” と呼ばれている [1]。

研究、社会実装、人材育成（ERC の言葉を借りればそれぞれ research, technology transfer, education）の三者を同時達成させることを謳った ERC がこれほどの成功を収めていることは、この三者が日本で考えられているような相反しあう傾向をもつテーマではなく、むしろ三位一体で振興することのできるテーマであることを示唆している。実際 ERC はこの三者を整合させるだけでなく、この三者が互いに強め合って進展する新しい三極の構造を作り上げている。日本を含め世界の科学技術政策の担当者を悩ませてきた研究、社会実装、人材育成の三極問題は、ERC によってその 30 年間の歩みの中で一応の模範解答が示されたといえるだろう。

ERC プログラムは NSF の事業のなかでは比較的地味な存在で、投じられる予算額も多い年で NSF の全予算の 1～2 % 程度を占めるに過ぎないため、日本ではこれまでそれほど注目を集めるには至らなかった。しかし、日本でも 21 世紀 COE プログラムやグローバル COE プログラム、世界トップレベル研究拠点プログラムなどの大学における研究教育拠点形成事業が日本学術振興会、文部科学省によって継続的に行われるようになり、その実績について検証される機会が増えるにつれて ERC への関心も高まり、科学技術行政側からの ERC への言及や調査研究が行われるようになった [6-9]。なかでも文献 [6] は、われわれの知る限り日本の科学技術政策の研究者による初めての ERC の評価活動に関する本格的な論考であり、注目に値する。JST も昨年 3 月東レ経営研究所に依頼し、その実情を調査している [8]。CRDS の岡山フェローは今年 2 月 ERC を訪問し、その結果を報告している [9]。

ERC がシステム構築を基軸的な研究戦略としていることはわが国ではあまり知られていない。NSF は、“three-plane strategic diagram”（以下「三層図」と略称）とよばれる図のフォーマットにしたがって研究戦略の枠組みを記述することをすべての ERC に課している。また、各 ERC はその内容を日々の ERC 活動におけるすべての局面でガイドラインとして遵守することが義務づけられている。三層図の具体的な内容は第 3、6 章で詳しく述べるが、三つの層のうち技術移転を担当する最上層はシステム設計の層である。すなわち、ERC の研究開発の「出口」である最終的な成果はシステムとして構築されることになる。その下の Enabler（実現技術）の構成を担当する中間層、さらにその下の基礎研究を担当する最下層の役割も、システム構築の手順として解釈することによりその全体像を理解することができる。このように、ERC はシステム構築を最終目標とする基礎研究から実用化までを一貫して行う研究開発の手法を採用した拠点創出事業である、とわれわれは理解した。また、われわれは「システム構築」が ERC における研究活動の中でどのように受け取られているか、に強い関心をもった。そして、その関心の延長上で、システム構築を研究戦略の主軸に据えたことが ERC に成功をもたらした主な要因ではないか、という仮説に到達する。このことを確かめるには実際に ERC をわれわれ自身の目で見て理解する必要がある。これが現地 ERC の訪問を計画する動機となった。

訪問を終わってみて、われわれの仮説はかなりの部分まで正しかったと感じている。むしろ、技術移転を目的とする研究開発では、最終的な成果がシステムとして構築されることを当然の事実として ERC が認識していることには、システム科学技術の重要性を認識しているわれわれでさえも驚きを感じざるをえなかった。わが国ではシステムを話題に

すると「システムとは何か」という最初の定義から議論になることがしばしば起こるが、ERC ではシステム構築は自明のことであった。わが国の課題解決型プロジェクト研究では基礎研究（システムの視点からは要素技術の研究）がシステムとは切り離されて研究されている場合が多いが、ERC ではそのような場合はほとんどない。三層図では、基礎研究はあくまでもシステム構築と整合するものだけが実施されている。実際、システム構築には不適切という理由により途中で中止させられた基礎研究のテーマが各 ERC が発行する年報（Annual Report）には散見される。

研究戦略でシステム構築が主軸となっているだけでなく、ERC の構想自体が極めて優れたシステム思考の産物と思われる。同時には達成しがたい側面を持つ研究、社会実装、人材育成の三つの課題をうまく組み合わせて相乗効果を生み出す ERC の枠組みは、実践的なシステム構築の好例といえるだろう。すでに述べたように、わが国ではこの三つの課題は基本的には別々のテーマとして取り扱われてきたのに対し、NSF はそれぞれの特性と強みを生かし、三本柱を巧妙に織り合わせひとつの「ERC システム」として統合したのである。システム構築が研究戦略の基軸として三層図のターゲットにおかれていただけでなく、ERC そのもののシステム構築こそが ERC 成功の主因であった、というのがわれわれの結論である。訪問した印象をもとに、われわれは ERC 成功の主因について一歩踏み込んで考察し、その結果一つの解答を得た。この解答は ERC についての新しい解釈を与えるとともに、大学における拠点創造事業全般に対する問題提起になり得るのではないか、と考えている。これが本報告の核心である。

2. ERC 設立の背景と歴史

1980 年代前半、わが国の製造業は多くの分野で世界を圧倒し、自動車、半導体製品、工作機械などの輸出は好調な状況が続いていた。そのあおりを受けて、米国では、日本などを中心とする対外貿易赤字が増大し、経済面での国際競争力の低下が顕著になった。経済のグローバル化が進む中、米国産業は生産性を向上させる必要に迫られていた。このような状況の下、米国の科学技術政策および連邦政府、議会の指導者たちは、異なる専門分野を融合することにより技術革新を促進させ、産業界での研究開発に必要とされる優れた能力をもつ技術者を大量に生み出すことの重要性を強く認識するようになっていた [10,11]。

こうした中、NSF は大学で産業界のニーズに合った学際的な研究活動を行うことのできる新しい研究センターの設置を構想することとなった。そして、そのようなセンターにおける研究活動を推進するためには、1) 大学と産業界が協力して大学における工学教育を改善すること、2) 工学系の学生の多くに工学システムに関する学際的研究の意義を体感させること、が必要と判断するに至った。工学における主要な研究対象としてシステムを重視していたことは注目に値する。

詳細な制度設計にあたり、NSF は National Academy of Engineering (NAE) に意見を求め、1984 年に NAE 会長からの回答が Guidelines for Engineering Research Centers (以下、指針) と題した書簡の形で NSF 理事長に届けられている [12]。指針は NSF が ERC プログラムを推進していくための規範となったので、その内容について、以下、少し詳しく見ていきたい。

指針には新たに開始する ERC プログラムの目標として、1) 米国の技術者が産業界の現場で従来よりも貢献できるように工学研究のあり方を改善していくこと、2) 米国産業が世界市場でより競争力を増すような研究活動を支援すること、の二つが挙げられている。そして、これらの目標を実現するには ERC で実用的な工学研究とそれを支える教育が緊密に結びついている必要があり、その成否によって各 ERC は評価されなければならない、ということが強調されている。さらに、ERC が備えていなければならない要件として、1) 研究プロジェクトが産業界のニーズと合っており、大学の教員、研究者、学生が産業界における技術者、科学者と常に意見交換できるようにすること、2) 工学知識の統合を推進すること、すなわち、異なる専門分野を融合することに力を入れること、3) すべてのレベルで工学教育の有効性の向上に寄与すること、が挙げられている。

米国の大学では学部や学科の枠を超えたセンター組織は数多く設置されてきており、その中には産学協同を推進するセンターも当時すでに少なからず存在していた。しかし、上記の 3 つの要件を完全に満たすセンターはなく、その意味で ERC は従来のセンターとは質的に異なるユニークな組織として設計されることになった。とりわけ、研究開発の実用化を目指すチーム型の研究が重視されることになった。

指針はこの他にも、学部生に対する教育のあり方、ERC 運営に参加する大学内の関連部署に所属する教員のあり方、ERC 選考を誰が行うか、ERC の規模や予算はどのくらいにすべきか、ERC における産業界の役割、などかなり細かな項目まで配慮している。ERC に対する支援期間については、最初の 5 年間は支援を続けることを提案している。ただし、3 年後には NSF による詳細な更新審査を実施し、その結果によって 5 年間で終

了とするか、3年延長し8年の支援期間とするかを決定することとしていた。実際に開始された ERC プログラムでは、6年後の更新審査も追加されることになり、その結果によって8年間で終了か、さらに2年延長されて合計で10年間（開始時期によっては11年間）の支援期間となるかが判断されるようになった。

指針の最後の部分では ERC 運営について以下の4つの点が強調されている。国や制度、文化、時代的背景が異なることには留意しなければならないが、現在でもわが国における新たなファンディング政策に参考となる内容を含んでいる。

- ・ ERC プログラムは斬新かつ先駆的であり、その目標は野心的であるから、成果を得るまでには他の標準的なプログラムよりも長い期間を必要とする。
- ・ 工学研究の学際的基盤に対する支援は、連邦および州政府、ならびに私的機関から継続して行われなければならない。
- ・ 工学教育には数多くの困難な問題があるが、ERC プログラムはそれらの問題の解決に向けた重要なステップである。
- ・ ERC プログラムを管理する NSF は、各 ERC が目標を達成することを助けるために相当の自由度を与えなければならない。

以上のような指針の内容に基づき、1985年、最初の ERC が米国各地の6大学に設置されることになった。その後 ERC プログラムは、約10年ごとに社会環境の変化に応じてその内容を少しずつ修正しつつ、現在まで発展を続けている。これまでに第一世代から第三世代まで合わせて64（一部、重複を含む）の ERC が設置されている。以下にそれぞれの世代の ERC の特徴 [13-16] を紹介する。

・ 第一世代の ERC (1985～1990年の間に開始)

上述の NAE の指針などを踏まえ、21のセンターが設置された。そのうち、17のセンターが10～11年の支援期間を満了している。第一世代の ERC では、とりわけ次世代の技術システムの開発、およびデザインや製造技術に関する実践的教育活動を拡大することが重視された。

・ 第二世代の ERC (1994～2006年の間に開始)

31のセンターが設置された。そのうち、20のセンターが10～11年の支援期間を満了している。2006年に設置された5つの ERC はいずれも開始から3年後および6年後の更新審査に合格し、現在も NSF からの援助が続いている。第二世代の ERC では工業プロセスと生産ラインに変革をもたらす可能性を秘めた工学システムに関する研究開発に焦点があてられた。また、研究成果の商用化がより促進するように設計された。さらには、ERC が設置されている拠点大学と他の国内大学との連携や大学入学前の学生に対する教育活動の実施などにより、様々な教員と学生が ERC の活動に関わっていくことが求められるようになった。

上記の第一世代、第二世代の ERC に共通していることは、企業や実務家と持続的な提携関係を結ぶことによって、彼らの知見や大学に対する要求をセンター内で共有する仕組みが作られていることである。こうした産学の提携強化は、第一、第二世代合わせて数千の ERC 卒業生を輩出することに貢献し、また、産業界における技術革新を促進するなど、

とても効果的であったとされている。このことは第 5 章 5.2 節における企業に対するアンケート調査などからも知ることができる。

・ 第三世代の ERC (2008 年以降に開始)

これまでに 12 のセンターが設置され、現在もすべてのセンターが NSF から支援を受けている。第三世代の設計にあたっては、経済のグローバル化が一層進んでいることを意識した国際競争力の強化、また、学生の科学技術分野への就職に対する関心の低下への対応が求められるようになった。その一方で、連邦政府の主導による National Nanotechnology Initiative (NNI) の進展によって生み出されるデバイスや部品を、システムとして統合し、実用化していくことが政策的、産業的な課題として指摘されていた。このことから、第三世代の ERC プログラムでは、発見、教育、イノベーションを強固につなぐことによってナノテクノロジー分野における研究成果を取り込むことにより、ERC を米国の国際競争力強化に貢献できる大学における典型的モデルとすることが新しい方向性として打ち出された。2011 年、このモデルは Nanosystems ERCs (NERCs) として発展することになった。この他にも、米国以外の大学の教員との共同研究や中等教育機関と長期的な提携関係を結ぶことなどが求められるようになった。

なお、これまでの ERC のリストや成果などを、付録で年代順に記載した。

3. ERC の概要

3.1 支援期間と支援額

ERC は NSF の工学部門 (Directorate for Engineering) が管轄している。教育に関しては NSF の Directorate for Education and Human Resources からの支援も受けている。NSF 全体の予算が年間約 70 億ドルの内、工学部門の予算が約 8 億ドルで、その中での ERC の予算は約 7000 万ドル (17 拠点) である。現状では以下の 4 つの領域にクラスター化されている。

- 1) Advanced Manufacturing
- 2) Biotechnology and Health Care
- 3) Energy, Sustainability and Infrastructure
- 4) Microelectronics, Sensing and Information Technology

支援期間は通常は 10 年であるが、3 年目と 6 年目に更新審査が行われる。3 年目の更新審査に「不適合」の評価を受けると、2 年後に NSF からの支援は終了する。これまで約 20% が 5 年でファンディングを中止させられたそうである。

支援額は年間最大 400 万ドルで、9 年目、10 年目は前年の約 2/3 に減額される (図 3-1 参照)。

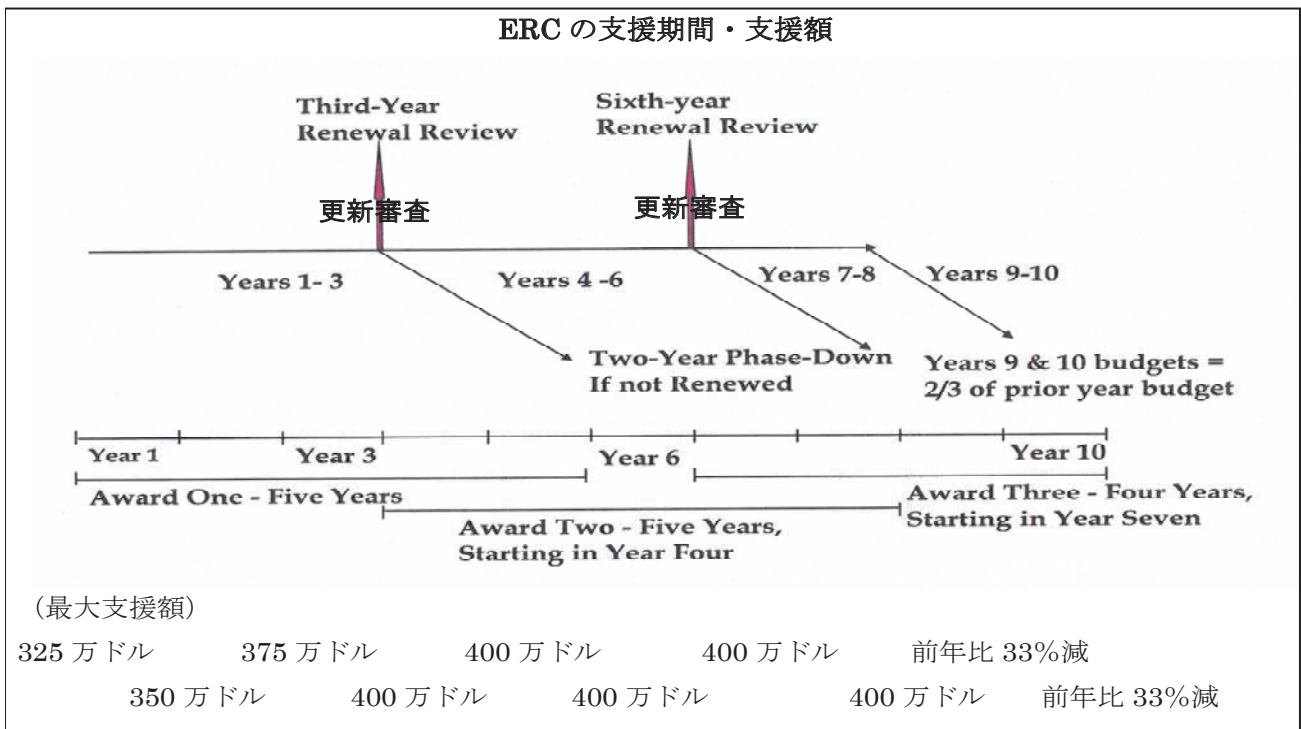


図 3-1. ERC の NSF 支援期間と支援額
 (出典：NSF 配布資料に加筆)

ERC における資金源は NSF からの支援だけでなく、他の政府機関、産業界及び大学等、多岐にわたっている。NSF が ERC プログラムとして支援する資金は、2012 年の ERC 全体における平均で、各 ERC 運営資金の約 4 割程度であった (図 3-2)。NSF から ERC

プログラムとしての支援が終了しても継続できるように、NSF は指導を行う。このように徐々に支援額を減らし、NSF から ERC プログラムとしての支援がフェードアウトするのが理想とされている。

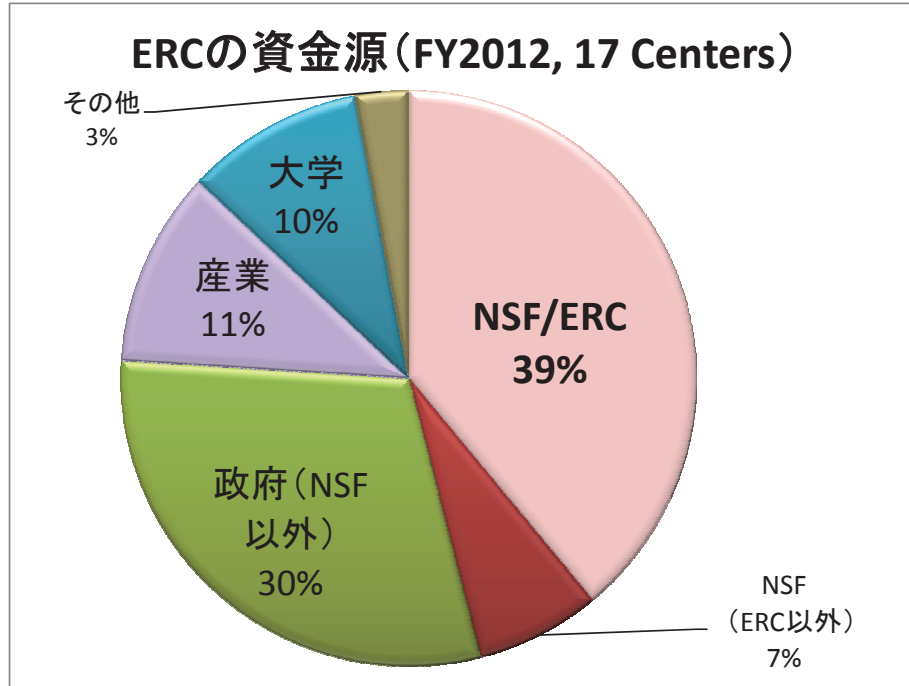


図 3-2. ERC の資金源 ([9])

3.2 三層図 (Three-level strategic planning diagram)

図 3-3 の三層図は ERC を評価、運営する上で重要な役割を果たす。NSF で配布された資料には、「It's not an ERC if you don't do all three.」と書かれている。ここでの“three”とは、三層に描かれた三つの平面のことである。各大学が新たな ERC を NSF に申請するときには、この図に従う研究計画を提出する。この図は異分野、他大学、異業種から集まった多様な人員構成を擁する ERC 内のコミュニケーションツールになり、また個別の研究成果を組織的な成果へ展開、拡張させる包括的なアプローチを促進するためのツールとして活用されている。実際に今回訪問したほとんどの ERC において、この三層図が各 ERC に携わる学生や研究者に浸透しており、彼らは自分たちの研究が全体の中でどこに位置付けられているかを正確に把握して研究を進めていることが確認できた。そして、そのことが研究に対する士気を向上させることにつながっていることがわれわれにも伝わった。このように三層図が ERC 内部で果たしている役割はきわめて大きい。

三層図は第 6 章であらためて詳しく分析するが、ここではまず、上層から設計することが重要なポイントであることを注意しておきたい。まず、社会に対する将来ビジョンや市場のニーズを把握し、それを実現するシステムを定義する。そして、そのシステムを構築するために必要となる基礎研究とシステム構築の妨げになる障壁 (Barriers)、さらに上位の層に統合する際に生じる困難も明確にする。各層で得られた知見を統合し、上位の技術に生かす。Testbed は成果の実証実験を行うためのものである。

この三層図は、ERC プログラムへの応募の際に必須のものであるだけでなく、毎年の

年次評価でも必ず議論されるものである。毎年、必要に応じて見直され修正されながら継続的に使用される。

以上のように、ERC の運営評価に重要な役割を果たす三層図であるが、ERC 発足当初からあったものではない。この図は 1990 年代の初めに当時 NSF の ERC 担当 Program Director であった Lynn Preston 氏が考案した原図が元になっており、そのころは障壁の概念がない図であった。その後使用しながら改良が加えられ現在に至ったものである。

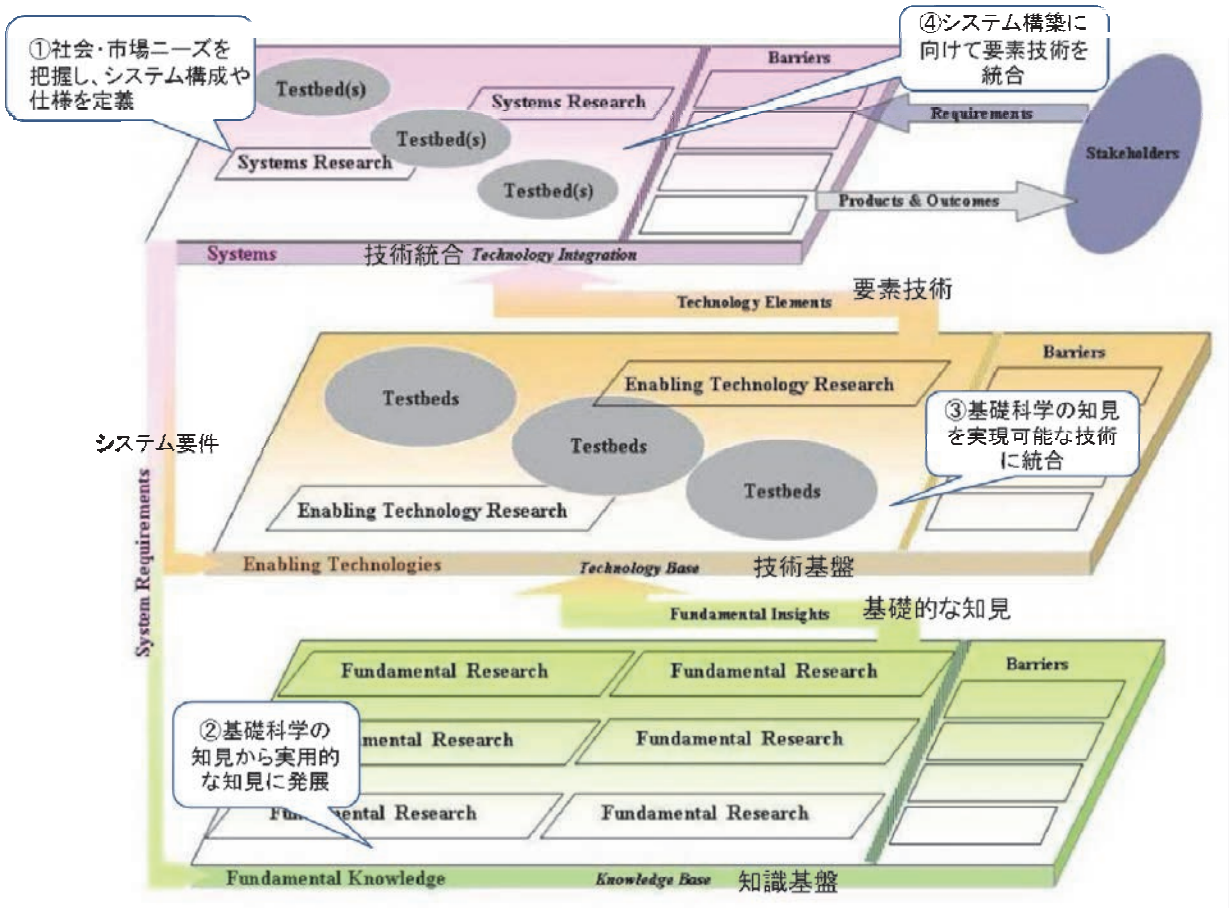


図 3-3. 三層図 (Three-level strategic planning chart)
 (出典：NSF 配布資料に加筆)

3.3 Testbeds

ERC で三層図と同様に重視されているのは、Testbeds である。システムを実証する場として、実際の異分野交流の場となり、企業からの知見が最も必要なところである。またそれはシステムのショーケースの役割も果たしている。

例えば、California 大学 Berkeley 校の SynBERC では、以下の 4 つの Testbeds が開発、設置されている。

- ① 健康：オルガノイドを人工的に設計するシステムとツール
- ② 植物、農業：モデル植物葉緑体上で窒素固定を遺伝的に創成するバクテリアの作成
- ③ White Biotechnology：バイオマスから安価な燃料（グルカル酸）を生成するバクテリアの開発

④ White Biotechnology：二塩基酸を精製する人工イースト菌の作成

Testbeds については、様々な形がある。具体的な Testbeds については第 4、6 章で説明する。

3.4 イノベーションエコシステム

ERC プログラムでは、イノベーションエコシステムを構築することが求められており、各 ERC の計画はそれを意識したものであることが要求される。通常では縦割りになる研究を ERC の研究を推進することにより学際化し、また企業パートナーとの交流により研究成果を社会実装する可能性を高める。このような技術の歩み寄りにより、イノベーションが起こりやすい環境を構築することが目標となる。

概念的には、図 3-4 に示される。縦軸に研究資源、横軸に開発レベルをとると、大学などの研究機関での研究は右下がりの黄色点線で示される。また、企業での新しい製品に対する研究は、企業によって開発が進められる。これは右上がりの黄色点線で示される。いわゆるこの交差点を“死の谷”と呼ぶ。この右下がりの点線を技術移転研究、企業プロジェクトとして技術開発をすることにより右下がりの黒の実線まで押し進め、また、イノベーションパートナーである企業を技術で引き寄せることにより、谷をイノベーションを起こす水面まで押し上げることができる。このような環境がイノベーションエコシステムである。図 3-4 の左側 (ERC Research at Universities) が大学に置かれた ERC が担う研究範囲である。ERC で推進される研究はこれらイノベーションエコシステムの基盤となることを意識したシステムを組み立てることが求められている。

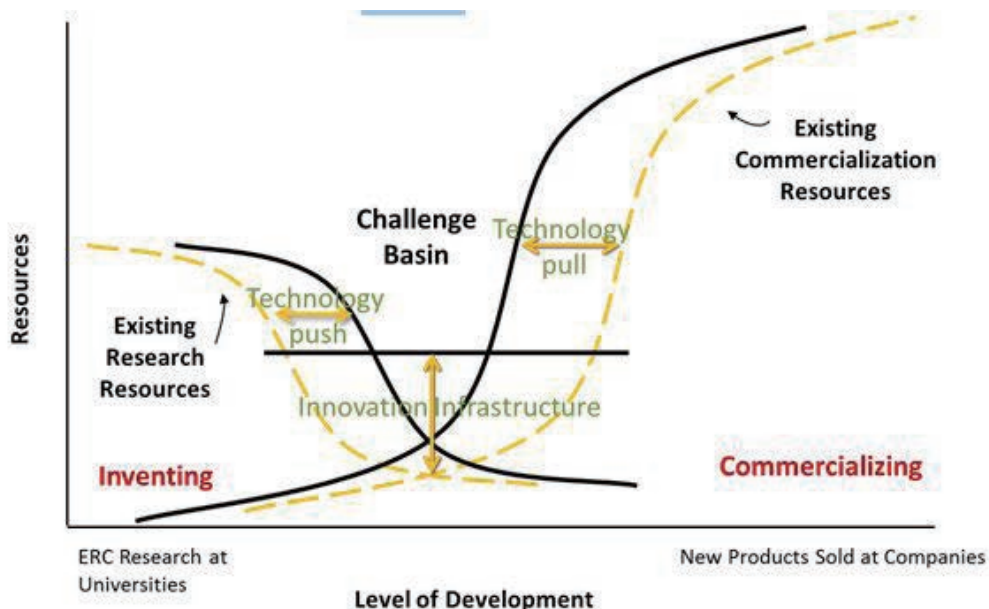


図 3-4. イノベーションエコシステムの概念図
(出典：NSF 配布資料)

3.5 プログラムの申請

課題採択には、1年半～2年かけて審査し、優れた提案を厳選する。まず、NSFは7枚以内の提案書（申請書）を大学研究者から受け付ける。ここでは、アイデアが優れているかどうかを確認し、技術分野は基本的には限定しない。平均すると毎年約200件の応募があるようで、その中から通常は25件程度に絞られる。次に正規提案書として、大学内や連携機関の参加の状況（産業界の参画、知財の取扱いに対する合意等を含む）等を充足した提案を受け付ける。面接の結果、候補は7件程度に絞られる。さらに、現地調査が行われ、多分野の専門家が視察し、専門的見地から審査する。最後に最終面接を行う。申請者は、NSFによる現地調査の審査結果などを踏まえて提案を修正し、よりよい提案と一緒に作り上げていくという考え方である。ここで最終的に2～4件が採択される。丁寧に審査し、かつ審査の過程でNSFからアドバイスをを行い、実際に開始するまでの間に研究プログラムが具体的に実施できるように設計されていることが伺える。

提案内容には、先の三層図の作成やTestbedsの設計など研究推進についての提案の他、連携先の大学、学生を含む組織の構成計画、企業の参画の度合い、中等教育機関（pre-college）との連携、地方政府や大学の他のイノベーション・創業支援機関との連携、さらに国外機関との連携など、組織面の提案も詳細に記載する必要がある。

3.6 評価

3年目、6年目の中間評価による更新審査の他、毎年1回、現地調査による評価が実施される。NSFではWeb上で評価レポート（三層図を含む）のテンプレートや評価基準が公開されている。各ERCでは、これに基づき、研究、組織、教育活動、などの項目について強み弱みを分析した報告書を作成する。財務などの情報を含む毎年300ページ以上のこの報告書を用意することに、各ERCは多大な時間と労力を要する。NSFによる評価は大変厳しく手を抜くことは難しい、との感想は訪問先のERCの全てで聞かれた。例えばCarnegie Mellon大学のERCであるQoLTの2014年の年報は490ページである。評価結果によっては、進行中の研究も中止を余儀なくされる。ただ、評価の際に、併わせて研究やセンター運営に対するアドバイスが行われることも多いという。このことからNSFが評価によって研究を活性化させようとする意図が伺える。特徴的な評価内容としては、「センターの長期的・戦略的ビジョンが明確に設定されているか」、「そのために戦略計画が適切に設計されているか」、「研究領域や研究グループの構成が適切か」など、組織運営の仕方に評価の重点が置かれている[6]。個別の研究においても研究や教育がセンターのビジョンや戦略と適合するかが評価される。最終的には、NSFからのファンドが終了してもgraduateとしてセンターが存続できることが、成功として見なされるための大きな評価となる。

現地調査には、NSF担当者をはじめ、異なる分野の専門家からなる約10名のチームがERCを訪れ、評価にあたる。この中で特徴的なのは、学生だけを対象に別室でインタビューを行い、研究や教育の浸透度を評価することである。これがあるため学生もERCにおける研究のビジョンや計画を理解し、自分の研究が全体のシステムの中でどの位置にあり、どのレベルまで進行しているかを把握することが必要になる。

参考までに 2014 年現在の 3 年目評価基準の大項目を下記に記した。この他にも多くの情報がウェブ上に公開されている [17]。

参考【2014 年の 3 年目評価基準項目】

- (1) ビジョンとインパクト
- (2) ビジョンを達成するための戦略研究計画
- (3) 研究要旨
- (4) 研究要旨 (Testbeds)
 - ・ 初期 Testbed
 - ・ 開発中 Testbed
 - ・ 開発済 Testbed
- (5) 大学教育プログラム
- (6) pre-college 教育プログラム
- (7) イノベーションエコシステム
- (8) インフラストラクチャ
 - (a) 構成とリーダーシップ
 - (b) ダイバーシティ効果
 - (c) マネジメント効果
 - (d) リソースと大学のコミットメント

3.7 人材育成、教育

ERC では、研究への学生の関与が必須となっている。その目的は、実際にプログラムの運営に携わる一員として、システム化にかかわる研究を経験することにより、産業界で即戦力となるスキルを身に着けさせることができる点にある。また、ERC の研究にとっても、学生の新鮮なアイデアは重要な役割を担う。詳しくは第 5 章に述べる。

3.8 産業との連携

ERC において、企業は産業界のニーズを伝える重要な役割を果たすが、研究に深く入り込むことはあまりない。ERC の研究対象が pre-competitive であることもその一因である。企業は会費を ERC に払い、その会員資格のランクによって Testbeds の利用などの特典を与えられる。企業にとって、この ERC に参画する利点として学生を含む優秀な研究人材と接触できることが挙げられている。また、企業による人材育成への積極的な関与が見られる。これらについては第 6 章で述べる。

4. 訪問先 ERC の現況

われわれが訪問したのは、現在 NSF から資金の配分を受けている 4 つの ERC と、すでに NSF からの資金供与期間が終了した後、自前で資金を調達して現在活動している ERC 出自の研究センター (“graduated ERC” とよばれている) から 1 つの、計 5 センターである。各訪問先での滞在時間は 3 ～ 4 時間で、センターの Director をはじめ各部署の担当リーダーが集まって説明と意見交換の場を設定してくれた。特にわれわれの希望に応じて学生も出席し、われわれとの直接の質疑応答に応じてくれた。以下、これらの ERC の現況とその実績について訪問先ごとに述べる。なお、各 ERC 訪問に先立って NSF を訪問し、ERC の理念とその運営の評価法、ERC の今後などについて資金供給者としての基本的な見解を伺った。

4.1 訪問先 ERC の概況

現在資金供与中の ERC

(1) Quality of Life Technology (QoLT)

開始年	2006 年
カテゴリ	Bioengineering and Health
研究テーマ	高齢者や障がい者が自立して生きるための身体装着型知的システム
拠点大学	Carnegie Mellon 大学
主な連携組織	Pittsburgh 大学
参加研究者数	55 名 (協力研究者を含めると約 100 名)
参加学生数	博士 14 名 修士 11 名 学士 15 名
企業会員数	28 社
教育連携組織	20 (小学校 1, 高校 2 を含む)

(2) ERC for Ultra-wide Area Resilient Electric Energy Transmission Networks (CURENT)

開始年	2011 年
カテゴリ	Energy, Sustainability and Infrastructure
研究テーマ	再生可能エネルギーに対応した高効率高信頼かつレジリエントな国レベルの負荷追従型の広域エネルギー伝送システムの構築
拠点大学	Tennessee 大学
主な連携組織	Northeastern 大学、Rensselaer Polytechnic Inst.、Tuskegee 大学
参加研究者数	56 名
参加学生数	博士 17 名 修士 6 名 学士 45 名
企業会員数	27 社
教育連携組織	36 (いずれも高校)

(3) Synthetic Biology Engineering Research Center (SynBERC)

開始年	2006 年
-----	--------

カテゴリー	Advanced Manufacturing
研究テーマ	さまざまな生物部品を創出し、それらを組み合わせて有用な機能を持つ工学システムを構築する
拠点大学	California 大学 Berkeley 校
主な連携組織	California 大学 San Francisco 校、MIT、Stanford 大学、Harvard 大学
参加研究者数	135 名
参加学生数	修士または博士学生 51 名、学士 2 名
企業会員数	39 社
教育連携組織	13 (内高校 3)

(4) Re-inventing the Nation's Urban Water Infrastructure (ReNUWIt)

開始年	2011 年
カテゴリー	Energy, Sustainability and Infrastructure
研究テーマ	排水と洪水を都市の水資源確保に転換するための水利用システムの構築
拠点大学	Stanford 大学
主な連携組織	California 大学 Berkeley 校、Colorado School of Mines、New Mexico State University
参加研究者数	56 名
企業会員数	California 州の水供給企業や NPO などが参加 (実数不肖)
教育連携組織	6 (内小学校 1, 高校 3)

すでに NSF の支援期間が終わった ERC

(1) Institute for Systems Research (ISR)

開始年	1985 年 (1995 年に第一期 NSF 支援期間終了、その後 3 年間支援延長、1998 年以降 Maryland 大学の独立研究教育機関として活動)
研究テーマ	モデルに基づくシステム科学とその応用
拠点大学	Maryland 大学
主な連携組織	Harvard 大学 (設立時)
参加研究者数	40 名
参加学生数	約 250 名
支援企業数	46 社 (日本から東芝とホンダが参加)

4.2 訪問先 ERC の活動状況

(1) Quality of Life Technology ERC (QoLT)



(学生との意見交換)

【意見交換会】

日時：6月3日 9:30～13:30

場所：Carnegie Melon 大学

先方出席者：D.P. Siewiorek (Director), J. Osborn (Executive Director), M. Hebert (Thrust Leader), R. Eager (Director for Diversity and Out reach), A. Steinfeld (Testbed Leader), D. D. Ding (Education Director), 他

【背景】

QoLT の背景には日本と同じ医療費の増大（2011 年で約 1 兆ドル）と高齢化社会の到来（2030 年までに人口の 20%が高齢者）がある。なかでも、認知精神疾患の急速な増大は憂慮すべき事態と捉えられている。この事態に対応する科学技術のシーズとしては、身体装着型のセンサーやロボットマニピュレーションの高度化、認知科学・計算行動科学の発達、ネットワークの広域化など、関連する科学的知見や要素技術の急速な進歩がある。これらをシステムとして結びつけてその知的レベルを上げ、人間との認知的な接点を拡げることを通して高齢者や障がい者の動作や知力の不完全さを補い生活の質を向上させる可能性に挑戦している。

この ERC は、介護、リハビリテーション、network health などホットな話題になっている wearable な測定制御装置の開発とその医療応用を早くから手掛け、この分野の国際的な中核の一つとなっている。ちなみに Carnegie Melon 大学 (CMU) は計算機科学とロボット工学では全米ランキング 5 指に入り、一方、主要提携組織の Pittsburgh 大学医

学部は「健康・リハビリテーション科学科」を持ち、介護機器の研究のレベルは高く、付属病院も全米ランキング高位に位置している。提携先が全米や海外に広がっている ERC が多いが、この QoLT は CMU と Pittsburgh 大学の二つの大学で全活動のほぼ 90% を占めている。この二つの大学は Pittsburgh 市内の文教地区にあり、互いに徒歩で行き来が出来る近い距離にある。地理的な近さを利用して両者は密度の濃い対話を日常的に行うことが可能となり、それを通して CMU の「工」と Pittsburgh 大学の「医」による医工連携の理想的な姿が実現している。なお CMU の工学部はこれ以外にも ERC に二度採択されている実績があり、ERC を通じて育ってきた大学と言う印象が強い。

【研究内容】

本 ERC のメンバーは次の 4 つの Thrust^{(註)2} と 4 つの Testbeds に所属する。

Thrust (1) Human-System Interaction

Wearable 機器装着の際に発生する人間機械系の問題全般

Thrust (2) Mobility and Manipulation

移動と操作に関わる先端的ロボット技術

Thrust (3) Perception and Awareness

知覚と意識に関する脳科学の工学的応用

Thrust (4) Person and Society

研究のビジョン全体と社会的な受容について検討

Testbed (1) Home and Community Health & Wellness

家庭とコミュニティで使われるさまざまな医療、あるいは検査機器・装置の開発

Testbed (2) QoLTbots

リハビリテーション用のロボットの開発

Testbed (3) Safe Driving

高齢者向けの安全ドライブのための補助装置の開発

Testbed (4) Virtual Coaches

リハビリテーションタスクを患者が単独で行うための自己訓練装置

介護ロボットも開発されているが、介護者の行動を通して身障者の行動パターンを測定する FPV を用いた測定システム、リハビリを介護者なしで障がい者自らが行う完備されたシステム (Virtual Coaches) が魅力的であった。店先において健康状態を簡単に測れる Health Kiosk の研究が興味深い。Health Kiosk は学部学生の創意による製品で、学会賞をとったそうである。Perception and Awareness Thrust では機械学習による人間行動のモデリングと予測を研究している。NEC との共同研究とのことである。

【三層図】

本 ERC の三層図は以下の通りである。

(註) 2 “Thrust” とは ERC の jargon の一つで、NSF によると Testbed と対になる言葉のようである。Testbed が三層図を縦に統合する概念であるのに対し、Thrust は各平面を横に統合する概念である。つまり、Testbed が基礎研究とシステム構築を結ぶことによって出来上がるとすれば、Thrust は分野や手法、知識を統合することを求める研究のスタイルを示しているといつてよい。

QoLT Three-Plane Diagram

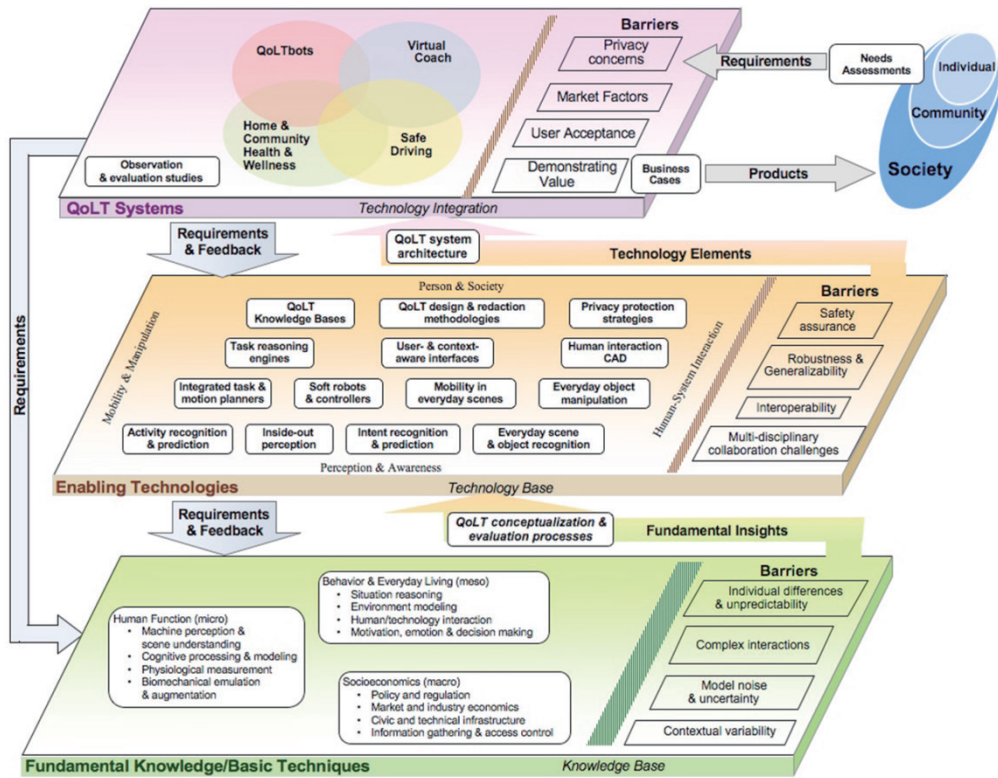


図 4-1. QoLT 三層図

【財政】

本 ERC の財政状況は以下の通りである。

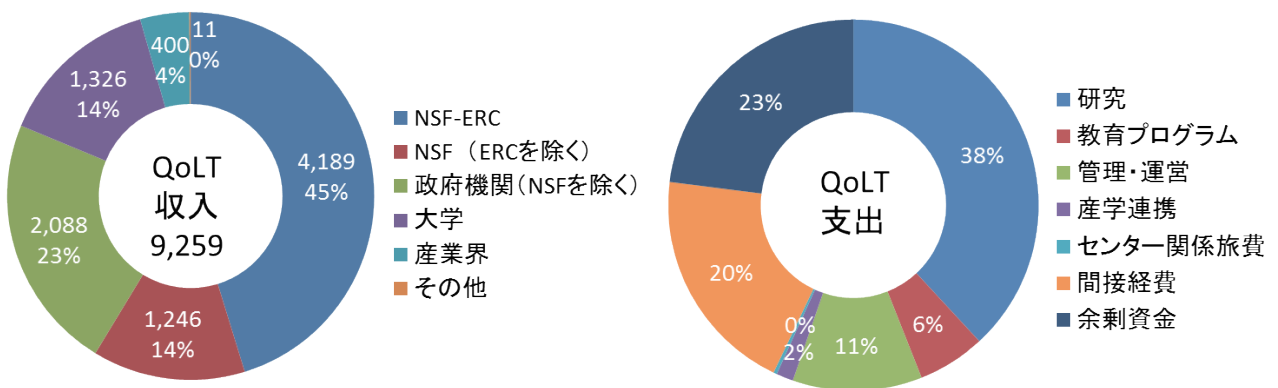


図 4-2. QoLT2013 年度収入 (単位: 千ドル) と資金支出割合

【教育活動】

学生代表 2 名がわれわれとの直接対話に応じたが、生き生きと研究している姿が印象的であった。企業の実情に触れることが有益である、と語っていた。そのうちの一人が第 6 章 6.4 節で後述する ERC 学生協議会 (Student Council) の全米指導者であった。QoLT

では障がい者や高齢者に配慮することの義務意識を植え付けるべく、教育活動には力を入れている。障がいを持つ学生が多く関わるように配慮している。高校生向けのインターンシップも頻繁に行っている。REU (Research Experiences for Undergraduates) は非常に人気があり、すでに累計 300 名以上が参加、RET (Research Experiences for Teachers) はこれまで 36 人が受講している。

【主な成果】

- Health Kiosk
- Smart Orthotics
- MemExerciser
- Stroke Therapy Coach
- Romibo
- StrongArm

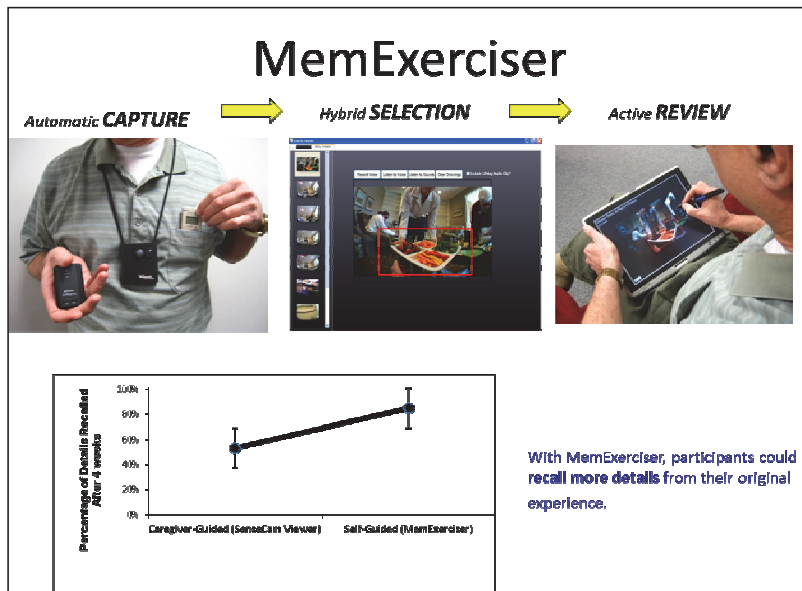


図 4-3. MemExerciser

【その他特記事項】

これまでに 6 つの Spin-off venture が創設され、現在も活動中である。

(2) ERC for Ultra-wide Area Resilient Electric Energy Transmission Networks (CURENT)



(学生との意見交換)

【意見交換会】

日時：6月4日 10:00～14:00

場所：Tennessee 大学

先方出席者：K.Tomsovic (Director), B.Trento (Industrial Liaison Officer),
C.Chen (Director of Education), 他

【背景】

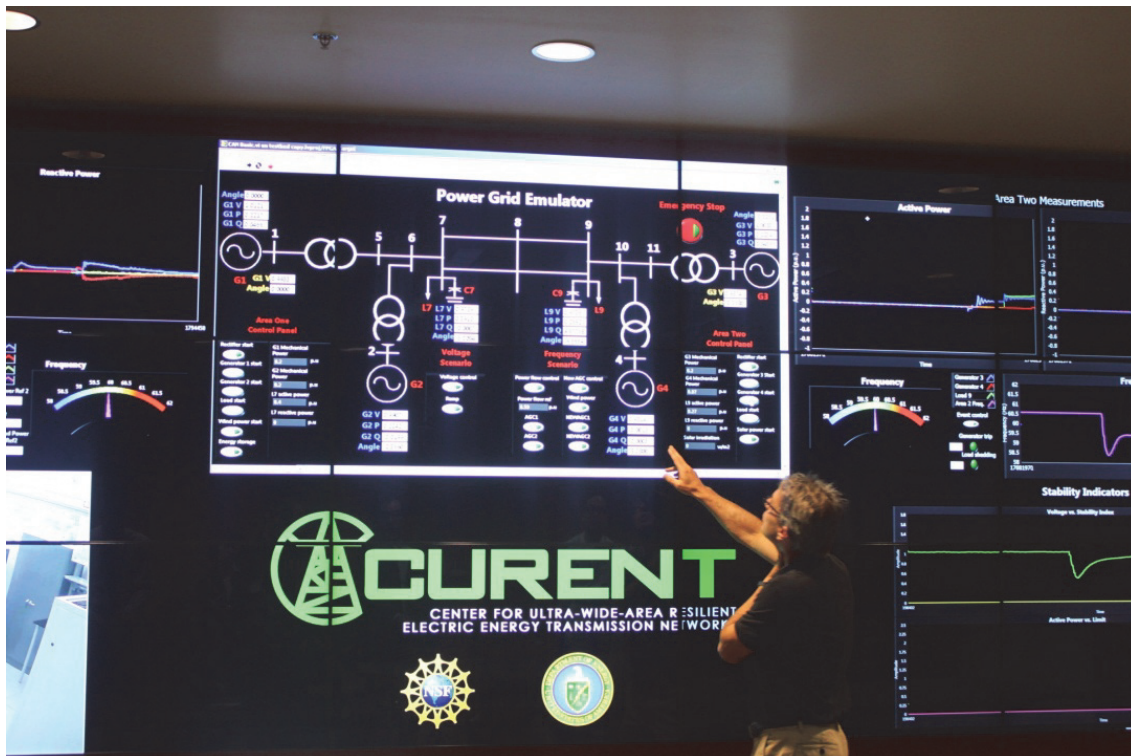
日本ではエネルギー問題の関心は主としてエネルギー源とエネルギー消費に集中している。前者は再生可能エネルギーの開発と原子力問題であり、後者は省エネルギー技術の開発である。広大な国土をもち、多くの電力供給企業がひしめきあうアメリカでは、両者を結ぶエネルギー伝送に関わる諸課題が同じように重要である。再生可能エネルギーへの転換や電気自動車と電池の導入、さらにエネルギー使用効率を上げるスマートハウスの普及は、今までとは根本的に異なるアメリカ全土を統合した新しいエネルギー伝送システムを必要とする。

【研究内容】

国レベルの広域グリッド電圧位相モニターシステムを確立し、高速広域高信頼の分散制御システムを構築する。要素研究のレベルをシステムの階層に応じて上げていき、デバイス、地方発電所、地域管理所、調節指令所、広域、超広域の各レベルでシステム構築を行う。さらにサイバー攻撃に強いシステム構築を重視する。

CURENT のアプローチは通常のプラント制御系の設計方式とほとんどそれが同じであり、きわめて合理的で論理的に思われる。すでに電圧計、位相計の開発は終わり、アメリカの隅々まで設置されているのは驚きであった。アメリカは発電会社が多く、それぞれが独立で制御を行い統一的な管理が困難であるが、CURENT は全米の統一を図り、スケー

ル効果と分散化の利点を同時に勝ち取ろうとしているようである。学科の建物の中に中規模の変電所のパイロットプラントが設置され、隣室の電池のネットワークを制御していた。現在、大規模系とハードウェアの二つの Testbed が作られている。大規模系 Testbed は国レベルの伝送系のシミュレーション用のプラットフォームである。ハードウェア Testbed は、同期発電機、太陽電池、フライホイール、風力発電機、flywheel ZIPload などの要素からなる。



(制御センターの配電パネル)

【三層図】

本 ERC の三層図は以下の通りである。

Three-plane Diagram

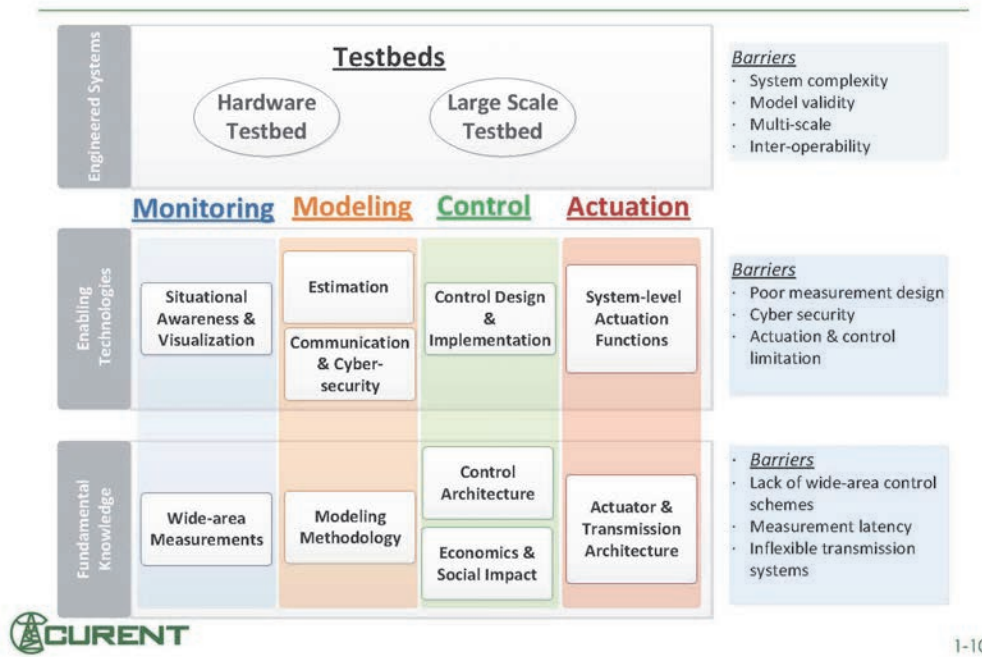


図 4-4. CURENT 三層図

【財政】

本 ERC の財政状況は以下の通りである。

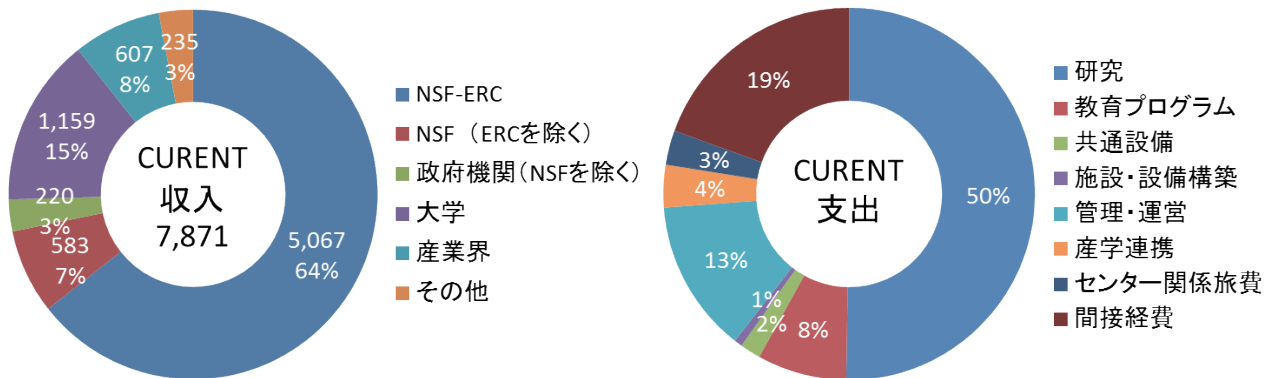


図 4-5. CURENT2013 年度収入 (単位: 千ドル) と資金支出割合

(3) Synthetic Biology Engineering Research Center (SynBERC)



(学生との意見交換)

【意見交換会】

日時：6月5日 9:00～12:00

場所：California 大学 Berkeley 校

先方出席者：J. Keasling (Director), P.Ackermann (Industrial Director), M.Palmer (Associate Director), L.Katz (Education and Outreach Director), 他

【背景】

構成生物学は、発酵や育種など生物を工学に用いるさまざまな技術を、部品の規格化とそれを組み合わせるシステム技術を系統的に発展させることによって、効率を飛躍的に増進させようとする新しい生物学である。SynBERC は最近急速に発達している構成生物学の国際的なハブとしてその発展を牽引して来た。Director の Jay Keasling は構成生物学のトップランナーである。

【三層図】

本 ERC の三層図は以下の通りである。

SynBERC Three-Plane Diagram

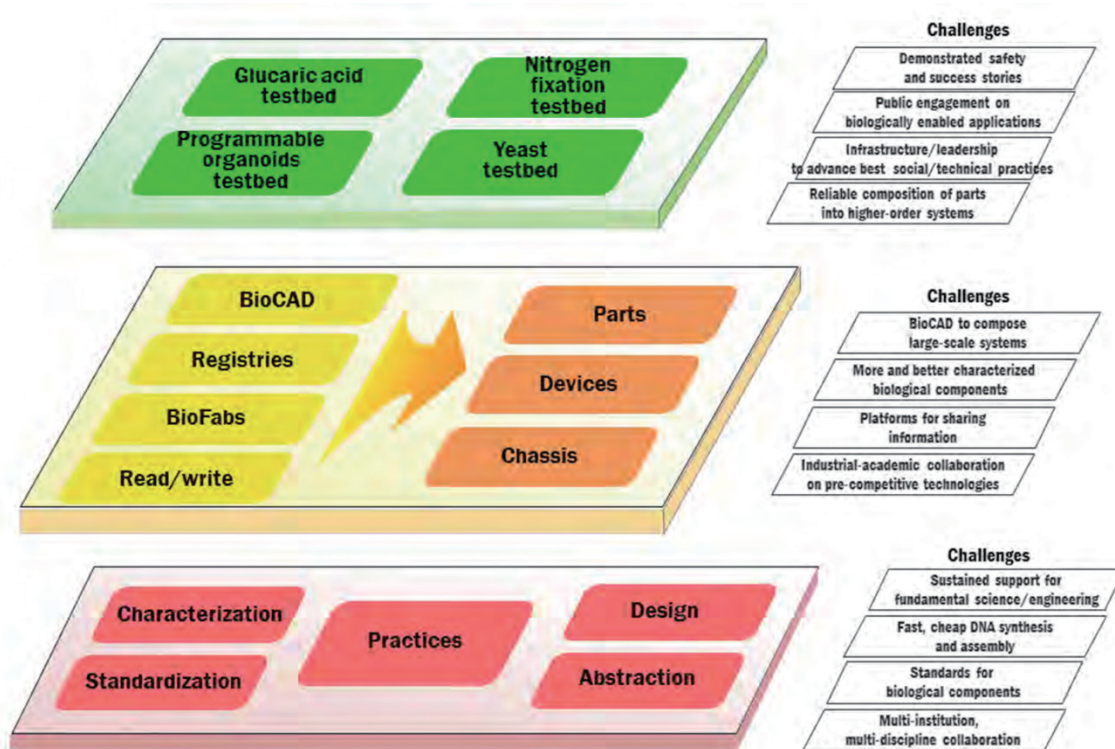


図 4-6. SynBERC 三層図

【研究内容】

SynBERC のスローガンは “Make biology easier to engineer” である。研究テーマは構成生物学のすべての領域に及ぶだけでなく、下記の Thrust の名称からも分かるように、実用まで射程においた研究戦略を推進していることが分かる。実際には次の 4 つの Thrust と 4 つの Testbeds に分かれて行われている。

Thrust (1) Parts and parts composition

Thrust (2) Devices and device composition

Thrust (3) Chassis

Thrust (4) Practice

Testbed (1) Nitrogen fixation

(大腸菌などを用いた窒素の生成システム)

Testbed (2) Glucaric acid

(バクテリアを用いてグルカル酸をグルコースから作るシステム)

Testbed (3) Programmable organoids

(人間のオルガノイドを人工的に設計するシステムとツール)

Testbed (4) Yeast

(出芽酵母の代謝や遺伝子発現を自由に制御するシステム)

それぞれの Thrust, Testbed 研究グループは 10~25 程度のサブテーマを持っている。ここでの Thrust は部品からシステムに至る研究の各層で普遍的に発生する問題を解決するためのツールやデータベースの研究開発を行っている。Thrust の中でも最も大きい

Device Thrust では 24 の研究テーマに別れており、生物の環境との相互作用に関するデータベースの構築や、計算生物学、モデリングなど生物学者と工学者との共同研究で占められている。これに対して Testbed は特殊な事例に関する工業化可能性と関連する基礎研究を行っている。たとえば、Nitrogen Fixation Testbed は、窒素を空気中から取り出すのではなく生命現象を使って取り出そうとする試みである。すでに可能な遺伝子の候補も同定され、“Nitrogenase” の設計も行われつつある。

【主要成果】

論理素子としての遺伝的なスイッチの構成、CRISPR を用いた発現停止機構 CRISPRi の開発、ゲノム機能設計のための CAD システムの開発、DHBA (2,5-ジヒドロキシ安息香酸) のバクテリアによる創出、など。SynBERC による発明はすでに 45 に上る。

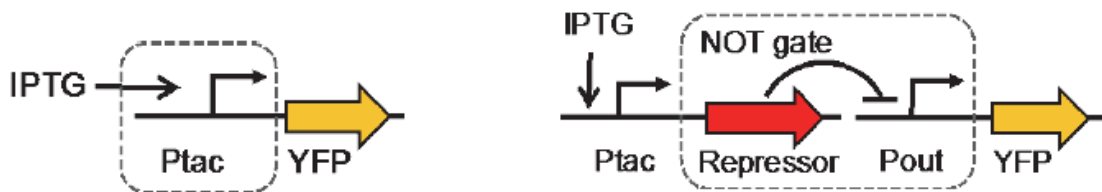


図 4-7. バイオスイッチゲート

【教育】

構成生物学は若い人々に興味と夢を持たせやすいテーマである。SynBERC でも大いに力を入れている。SynBERC 発の学部、大学院の講義は全米ですでに 70 になる。2007 年から始めた Research Experiences for Undergraduates (REU) はすでに 80 名以上の学生が受けており、その多くが ERC への興味を保持している。高校生向けに出張講義も行っている。

SynBERC は構成生物学の国際会議として行われる学生コンテスト iGEM の中心的な推進母体である。2013 年のコンテストにはチーム数 245、参加者数が 3,000 人を超えている。

【特記事項】

研究対象が自然にない生物を人工的に創り出す可能性があるため、その社会的な影響はきわめて大きい。研究の結果が引き起こしかねない社会へのさまざまな脅威を予め排除する必要がある。SynBERC ではこの点にも十分注意していることが感じられた。Megan Palmer 博士は SynBERC でこの問題を担当している Diversity Director で、われわれとの意見交換会でも、構成生物学における Biosafety についての国内外の活動を 30 分にわたって説明され、SynBERC がこの問題を重視していることが窺えた。

SynBERC はすでに 8 年を経過しており、NSF の支援が終了する時期が迫っている。次のステップを検討する FS の資金を SLOAN 財団が提供し、現在そのグランドデザインが行われている。

【財政】

本 ERC の財政状況は以下の通りである。

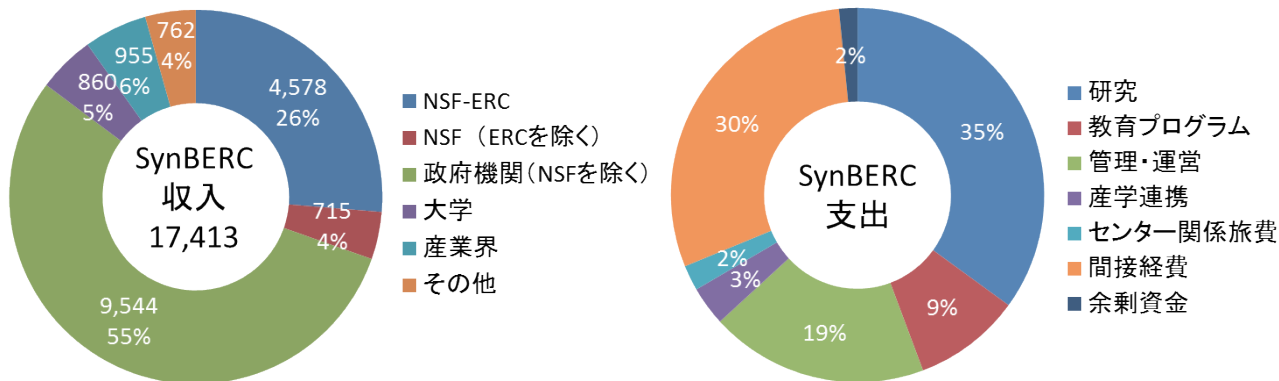


図 4-8. SynBERC2013 年度収入 (単位: 千ドル) と資金支出割合

(4) Re-inventing the Nation's Urban Water Infrastructure (ReNUWit)



(意見交換)

【意見交換会】

日時: 6月6日 13:00 ~ 16:00

場所: Stanford 大学

先方出席者: R.G.Luthy (Director), C.Nelson (Industrial Liaison Director), P.M.Manger (Education and Outreach Director), 他

【背景】

水不足が深刻なサンベルト地帯西部の都市へ十分な水を供給することはアメリカの直面する国家的な課題であり、それを解決するための水システム構築を直接担う ERC である。近く Stanford 大学のキャンパス内に、かなり大きな貯水槽と浄水池のパイロットプラントを建設する予定。課題の深刻さを背景に地元の期待も大きく、教育、啓蒙などのアウトリーチ活動にも力を入れている。

【研究内容】

- ・水の再生システムの確立
 - ・水の再生のための要素技術の開発
 - ・都市における水再生のためのリーダーシップの確立
 - ・都市の水再生システムを担う技術者の育成
- 次の三つの Thrust にグループ分けされている。

U Thrust (Urban Systems and Institutions)

水再生方式のシステムレベルの確立

N Thrust (Natural Water Infrastructure)

Stormwater の利用、帯水層への水の再補給方式の開発など

E Thrust (Efficient Engineered Systems)

下水、排水の浄化にかかわる要素技術の確立、貯水槽の設計

【三層図】

本 ERC の三層図は以下の通りである。

ReNUWit Three-Plane Diagram

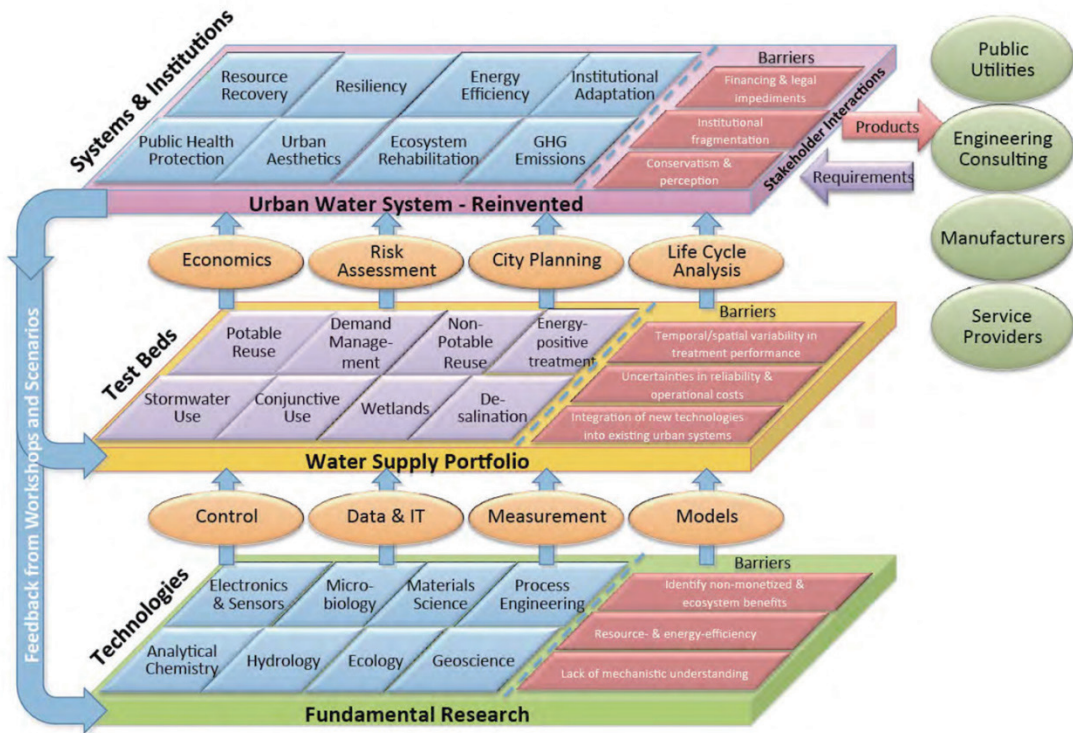


図 4-9. ReNUWit 三層図

【財政】

本 ERC の財政状況は以下の通りである。

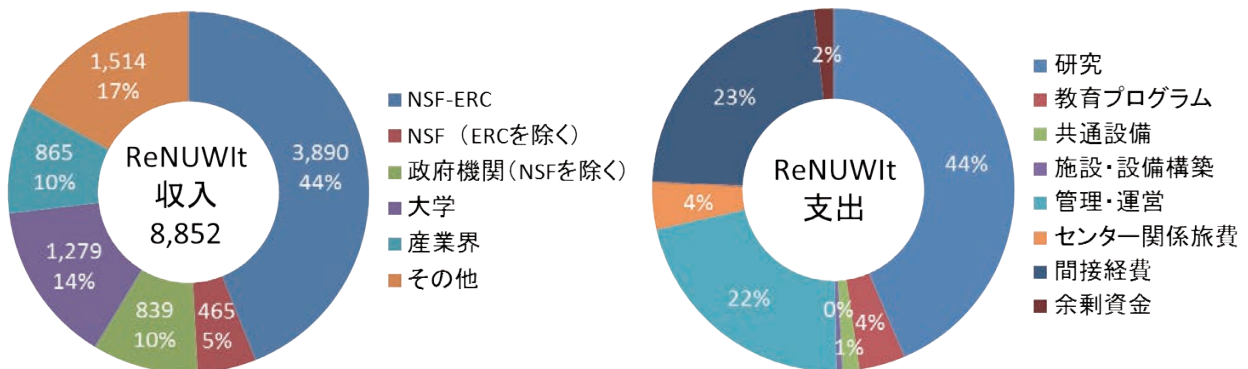


図 4-10. ReNUWit2013 年度収入 (単位: 千ドル) と資金支出割合

【教育】

REU (Research Experiences for Undergraduates) や RET (Research Experiences for Teachers) を熱心に関講している。REU では一年目は 7 人の学生が聴講したが、3 年目に当たる昨年には 11 名に増えた。今年は 15 名になり、正式な NSF REU サイトとなった。2013 年の夏には、水に関する 6 週間の夏の学校を中学生 (Pre-High School) に対して行った。

【特記事項】

California 州の水不足の深刻さはよく理解できた。まさに社会的ニーズから生まれた ERC である。ここでの目標は排水(ハリケーンの時の降雨も含む)の利用に集中しており、日本で人気のある海水の淡水化は、エネルギー効率の点で最初から考慮の外にある。従って先端技術との接点がどこにあるかは不明な面もある。また、三層図に対する批判が聞かれた唯一の ERC であった。

(5) Institute for Systems Research (ISR)



(説明者、学生含めた集合写真)

【意見交換会】

日時 6月2日 12:00～15:30

場所 : Maryland 大学

先方出席者 : R.Ghodssi (Director), D.J.Pine (Dean of Engineering), J.A.Coriale (Co-Director), J.S.Baras (Founding Director), 他

【背景】

1985年 ERC が事業として発足した当時にできた最初の6つのERCの一つである。アメリカにおけるシステム科学の当時の隆盛を反映し、Harvard 大学との緊密な連携のもとに発足した。Director の Baras 博士は制御理論、システム理論の分野で著名な研究者であり、研究面だけでなく行政面でも卓越した能力の持ち主である。ERCプログラムの戦略はシステム構築を主眼に据えているが、このERCはまさにシステムに研究を集中しており、おそらくその後続くERCの指導原理を確立するのに力があつたと推測される。

1995 年に ERC プログラムの資金支援が終了したあと、引き続き 3 年間の支援延長を得ている。その後、Maryland 州からの支援を得て大学付属の研究センターとして独立し、現在に至っている。

【研究内容】

システムにかかわる広範な理論的研究と応用研究を展開している。特に印象深かったのは羽ばたき型の飛行ロボットである。おそらくその制御方式は極めて複雑であるが、その飛ぶ姿は大変優美であった。この研究は女性の大学院学生がリーダーとなって行っている。認知ロボットの研究も進められている。

そのほか、通信システムとネットワーク、制御システムの設計理論、神経科学とシステム理論、マイクロ・ナノ科学におけるシステム手法、適応学習制御、ネットワーク制御など、システム制御にかかわる研究テーマを全方位的に研究している。MIT のシステム工学部門 (ESD) と並ぶアメリカのシステム研究の中心地となっている。



(成果紹介 Web ページより)

【財政】

本研究所の財政（収入）は以下の通りである。

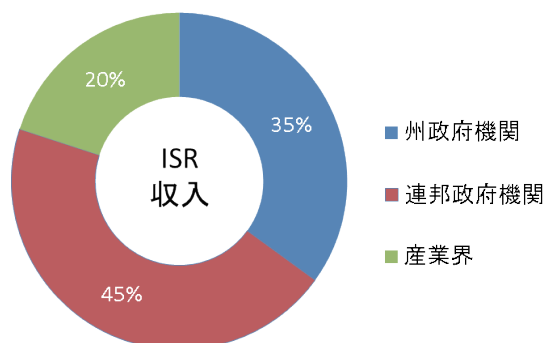


図 4-11. ISR2013 年度収入割合

(6) NSF との意見交換

日時：6月2日 9:30～11:00

場所：NSF

先方出席者：Pramod Khargonekar (Head of Directorate for Engineering), Theresa Maldonado (Director of Engineering Education and Centers of the Engineering Directorate), Keith Roper (ERC Program Director)

表敬訪問：France A. Córdova (Director of NSF)

各 ERC を訪問する前に、NSF の ERC 担当者より、基本的な構想、その起源、ERC の運営に対する NSF の関与の状況、ERC の評価方式、などを伺った。短時間ではあるが、貴重な幾つかの情報を得ることができた。その多くは本報告のそれぞれの章の内容に含まれているが、ここは次の 3 点を述べておきたい。

まず ERC を最初の段階から担当しそれを育ててきたのが、Lynn Preston 氏で、ERC プログラムの成功は彼女に負うところが大きいとのことである。彼女は残念ながら、われわれが訪問する 2 ヶ月前に定年退職されており、話を伺うことはできなかった。これだけの事業をここまで導くには、その事業に長期間にわたって情熱を持って関わり育てる人物が必要であることは、NSF でも例外ではないことを知った。

次に ERC の研究自体がシステムを重視していることである。これについては本文中、特に第 6 章で詳しく述べるが、Khargonekar 局長自身がミシガン大学在職中、ERC プログラムに応募した経験をベースに語ってくれた。ERC プログラムに応募するには、大学内のさまざまな研究者と接触しそれらのテーマの組み合わせ方や得られる効果、企業の長期的なニーズ、教育で直面している問題の洗い出しなどを行い、その過程で得た情報と人間関係をベースに ERC をひとつのシステムとして設計することが必要である。

さらに、10 年という支援期間が、3 年でもなく期限なしでもないこと、すなわち研究のターゲットが、すぐ役に立つものでなくてもよいが、役に立つかどうか分からないものであっても困る、しかも企業が気がつかない中長期的なターゲットを掘り起こすこと、これが ERC 応募にあたって最も難しい課題であることが示された。



(集合写真)

5. ERC における教育

ERC における教育、人材育成は、プログラムの中で大きなウェイトを占めている。学生が研究のメンバーとしてプロジェクトに参画することは必須の条件である。学生を含む ERC 所属のすべてのメンバーは教育にある程度の時間を割くことが求められており、実際 ReNUWit (Stanford 大学) では少なくとも 40 時間 / 年を使っている。学生が分野融合研究を実際に経験することにより、社会の課題や市場のニーズを満たす研究を組立てる能力 (システム化、統合化、組織化の思考) が得られる。ERC にとっても、学生の参加によりフレッシュなアイデアが入りプラスの影響が期待できる。教育の充実度は NSF による毎年の現地調査によりチェックが行われる。

それぞれの ERC に所属する学生の数はさまざまであるが、例えば QoLT (Carnegie Mellon 大学) に参画している学生は約 40 名 (内、QoLT の支援を受けている博士課程の学生は約 20 名) である。ERC 全体で研究チームに在籍した学生は 11,481 名である [2]。

なお、graduated ERC の ISR (Maryland 大学) では、分野融合研究が学科規模となっており、現在では、約 250 名の修士、博士課程の学生が所属している。

大学・大学院における教育カリキュラム開発実施も NSF の評価対象であり、例えば、2012 年の 17 拠点総計での成果は以下の通りである。

- ERC の研究成果に基づく Full-Degree Program の新設 : 4 件
- ERC の研究成果に基づく新課程設置 : 52 件 (継続中の課程は 266 件)
- ERC の研究成果に基づくチャプターを含む新しい教科書 : 9 件
- 多くの人材を産業界に輩出 (卒業生の半数以上が産業界に就職)

また、SynBERC (California 大学 Berkeley 校) は、構成生物学の最大規模の大会である iGEM (The International Genetically Engineered Machine Competition) の主要なオーガナイザーの一つであり、いくつかのコンテスト応募チームを支援している。この大会は毎年行われ、2013 年には 36 カ国から 4,000 人を越える若い研究者たちが世界中から集まり、活気に満ちたコミュニティを生み出している。

5.1 pre-college (K-12)

ERC では、中・高校生、教員を対象としたサマーセミナーやラボツアーを実施している。これも評価の対象となっている。例えば上述の 2013 年の iGEM には大学チームに交じって 8 カ国から 30 の高校チームが参加した。QoLT では、高校生向けインターンシップを行い、また小学校とのパートナーシップを結んでいる。さらに、学生が小中高校、科学館などに出向き技術の紹介を行っている (Creative Tech Nights for Girls / Job Shadow Days / Programs with Carnegie Science Center)。

同様の活動は他の ERC でも行われており、学生たちは、準備の期間も含めると、少なくない時間を割いている。

5.2 学生の進路

異分野の研究者や企業関係者との交流ができるなど通常の学部学科では得られない機会と経験が得られる ERC は、学生に高い人気がある。特に電力システムを研究する CURENT (Tennessee 大学) では、メンバーの多様性が進んでいることを感じた。女性の学生の比率は 40% でその半分は中国人であるという。ここまでくると、すでにマイノリティではない。

学生に ERC に所属するメリットを聞くと、「産業界とのコラボレーション」、「優れた施設が使える」、「将来のキャリアに有利な研究（電力システムなど）ができる」、といった回答が得られた。

「学際的な研究は、論文が書きにくいのでは？」というわれわれの問いに対して、「研究を遂行しているので、時間がかかっても論文は書ける。ERC の活動は論文にならないことも多いが、それも社会の課題を解決するための重要な活動」という回答が返ってきた。総じて学生の意識は高く、自分たちの研究が自身の ERC プログラムのどこに位置しているかを把握し、将来的な展望まで見据えて研究を推進していることが伺えた。

経験を積んだ ERC の卒業生の多くは産業界で活躍する。例えば、SynBERC の卒業生の数字を見ると 110 人の大学院生・ポスドクは、59 人がアカデミア、49 人が産業界、2 人が政府機関へ進路を採っている。また、その内 31 人が企業研究者、20 人が教授、11 人が会社創設者となっている。

産業界（企業）の立場からは、ERC に参画して優秀な学生と接触できることが参加のモチベーションの一つになっている。NSF は、学生に対する企業の Mentoring を推奨している。企業技術者の Mentor は学生にも好評である。

このような教育を受けた卒業生は、実際に企業において即戦力となる人材であることが、報告されている。図 5-1 は ERC メンバー企業のアンケート結果である。技術知識の広さや異分野集合チームでの仕事能力、総合的に見て企業で働く準備ができているなどで、ERC 卒業生はより優れていると評価されている（図 5-1）。

企業における ERC 卒業生と
一般従業員とのパフォーマンス比較

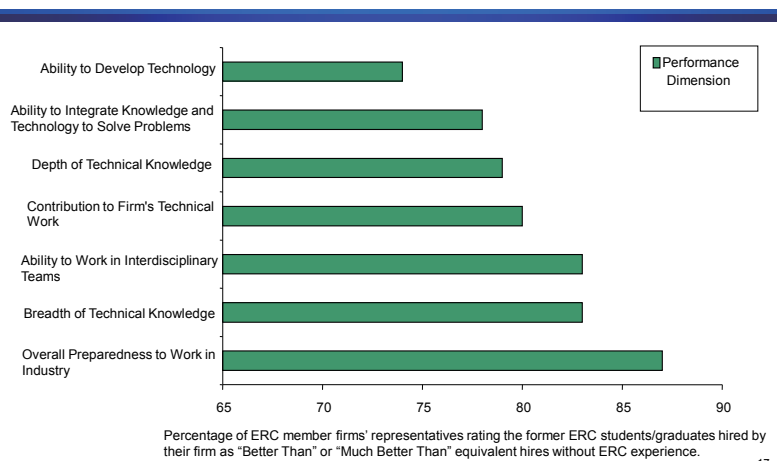


図 5-1. ERC 卒業生の企業における評価 [18]

6. 「ERC システム」の戦略

これまでに指摘してきたように ERC の最大の特長は、研究、社会実装、人材育成を同時に達成することをそのプロジェクトの目標に掲げていることである。ここでの社会実装は大学での成果であるから、社会実装の入口、すなわち成果を企業に渡すところまでが ERC の役割である。社会実装よりも幾分限定された目標であり、むしろ技術移転とする方が正確である。実際、ERC の文書では **Technology Transfer** が良く使われている。また、ERC は大学におかれているから、人材育成は教育 (**Education**) である。研究、技術移転、教育の三つの極を三位一体で推進し、しかも成功していることが ERC プログラムの大きな特徴である。この三極のそれぞれの特長を生かし、一つの極の推進が他の極の推進を強める相乗効果をもつように統合されたシステムとしての ERC の構成に、NSF の優れたシステム思考を見ることが出来る。この章では「ERC システム」が研究、教育、技術移転をどのように統合し推進しているか、その仕組みを少し詳しく検討してみたい。

6.1 人材育成と技術移転の限界設定

戦略を検討する前に、三極の三位一体の推進には次のような留保があることを認識しておかなければならない。ERC における教育の目的は、チームワークに慣れビジネスを含む広い視点から研究開発を遂行できる有能な人材を大学から生み出すことである。つまり企業向けの人材育成である。特に博士課程の修了者に企業技術者のマインドをもたせて送り出すことを強く意識している。学術の世界のトップランナー、例えば将来ノーベル賞を取るような英才の養成を目指しているわけではない。このことはすでに第 2 章で見たように、ERC 設立の当初からの理念の一つであった。

ERC は特定の企業を指定して取りこむ拠点ではなく、望めばすべての企業に門戸が開かれているオープンな産学連携組織である。したがって、技術移転は“**Pre-competitive**”の範囲に止められている。それ以上の商用化に向けて産学協同を進めるには、スピノフして会社を設立するか、当該の大学教員と ERC の外部で共同研究の契約を結ぶことが必要となる。**Pre-competitive** の範囲に技術移転を限定することによって、企業間の共同研究や業界団体が介入した研究成果の拡大も可能となる。

このように教育と技術移転に自ら課した限界、参加企業の側から見れば抑制とも思われるが、これが逆に ERC の活動の幅を広げ ERC への期待を強める要因になったと思われる。目標に対する抑制は、よいシステムを構築する上でしばしば必要になる。ただし教育、技術移転と並ぶもう一つの極である研究については、それが最も優先されるべき極とされているだけでなく、その推進には制約なしに最大限取り組むことが目指されている。これについては、後述する ERC の **Best Practices Manual (BPM)** では次のように表現されている。

The three pillars of the ERC Program are research, education, and technology transfer. However, it is clear that the first (research) is a *sine qua non*, in that there are no educational or technological advantages to be gained from research if it is not outstanding. Understand that NSF site visit teams have been instructed by NSF to view

research as the first preference “gate” assessing the extent to which an individual ERC has succeeded in its mission.

6.2 研究と技術移転

研究、技術移転、教育をどのように三位一体で推進しているかを見るには、三極を 3 つのペア、すなわち研究と技術移転、技術移転と教育、そして教育と研究に分けて考えると良い。これらの二極間の関係を整合させることによって、ERC 全体の目標の同時達成が可能となる。

最初に研究と技術移転の整合を検討したい。

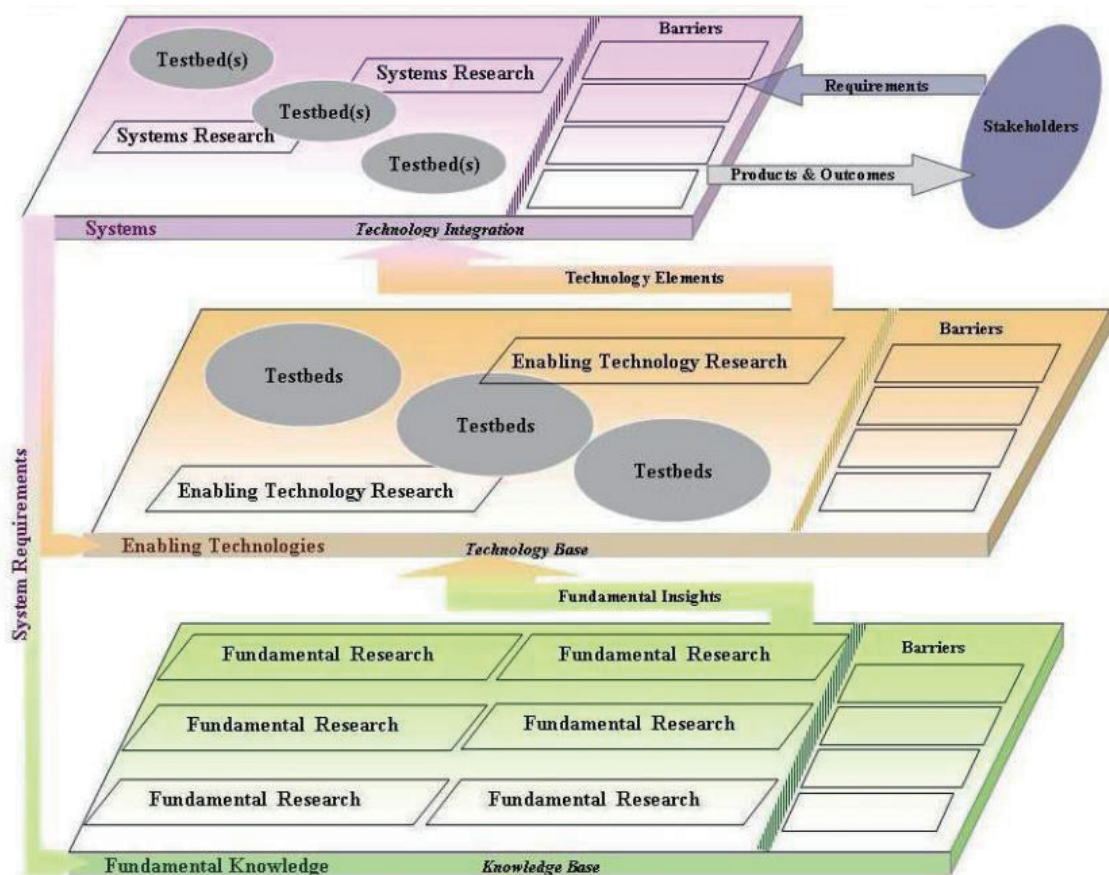


図 6-1. ERC の三層図 (Three plane Strategic Diagram)

研究と技術移転を結ぶ戦略はすでに第 3 章で述べた三層図に集約されているが、ここでもう一度詳しく述べたい。図 6-1 に示す三層図の最上層は技術移転の成果物を創り出して企業に渡すところまでを実行する研究開発の最終局面を表わす層であり、システム設計と表現されている。システムレベルの実現が Testbed の用意という形で求められている。最下層が基礎研究、あるいは要素研究であるが、その両者を結ぶ中間層として Enabler (実現技術) が位置づけられている。この中間層が ERC のもっとも重要な核となる研究を担っている。ここは、最上層のシステムレベルでの要求と最下層の要素研究の実施が交差するところで、システムレベルから見た必要な基礎研究が具体的に提示されるとともに、要素研究の成果をシステム構築に生かすための体系的な研究が実施される層である。基礎研究

を目的に向けて駆動するための研究やシステムレベルのビジョンを実現するために必要な基礎研究を統合するための研究が行われる。この層の研究が、「基礎から実用までの一気通貫の研究」を保証し、ERC における最も重要な研究活動を形作る。Enabler は基礎研究を社会実装に媒介する工学システムのことであり、言い換えればシステム統合のための要件を準備する体系的な枠組みである。三層図がシステムとどのように関わっているかについて端的に説明する NSF-ERC のホームページのフレーズを引用しておく。

Create a culture to join scientific discovery to technological innovation through transformational engineered systems research and education

このように、三層図ではシステムが重要な役割を果たしている。社会実装の最終的な姿 (ERC ではこれをビジョン とよんでいる) をシステムとして捉えることにより、社会実装への具体的な筋道が「システム構築」として定式化される。基礎研究における発見をそのまま成果として売り出すことは考えていない。基礎研究は **knowledge base** を構成するものと位置付けており、構築しようとするシステムに関連しそこで必要とされる要素として紐付けされたものだけに限定される。

繰り返しになるが、この図で研究開発の出発点となるのは最下層の基礎研究ではなく、最上層に描かれたビジョンに導かれた具体的なシステムの構築である。このシステムを実現するために基礎研究 (要素研究) が起こされ、それをシステムに媒介するための **Enabler** が開発される。システムの要素として不適、あるいは要素として統合されないと判断された基礎研究は、たとえ途中まで研究が進んでいても中止される。もちろん常にトップダウンの進行だけではなく、最下層の基礎研究で予想されていなかった成果が出ればそれは上層のシステムの改善や再構築に統合される。三層図は上から下への下降によって研究全体が進行することを想定しているが、研究の推移状況に応じて下から上に上昇する軸も生きていることには注意する必要がある。いずれにせよ三層図は、基礎研究—応用研究—実用化研究と進む時間的な経過を研究開発の発展過程とみなす伝統的な「リニアモデル」から、ほぼ完全に脱却した新しい研究開発のモデルを提示している。

この図でもう一つ重要なポイントがある。それは右側に書かれた **Barriers** (障害) である。各層で研究を進める上での妨げとなっているものは何か、解くべき問題は何か、を明らかにするのが障害である。障害を明示することは問題の所在と性質を明らかにすることであり課題解決への第一歩である。障害がどれほど克服されたかを毎年年報で報告することが求められる。わが国の研究戦略ではその点を明示した研究プログラムはあまり見られない。

われわれが訪問した ERC の一つである SynBERC (California 大学 Berkeley 校) の三層図 (図 6-2) を見ながら、上の記述を確かめてみる。

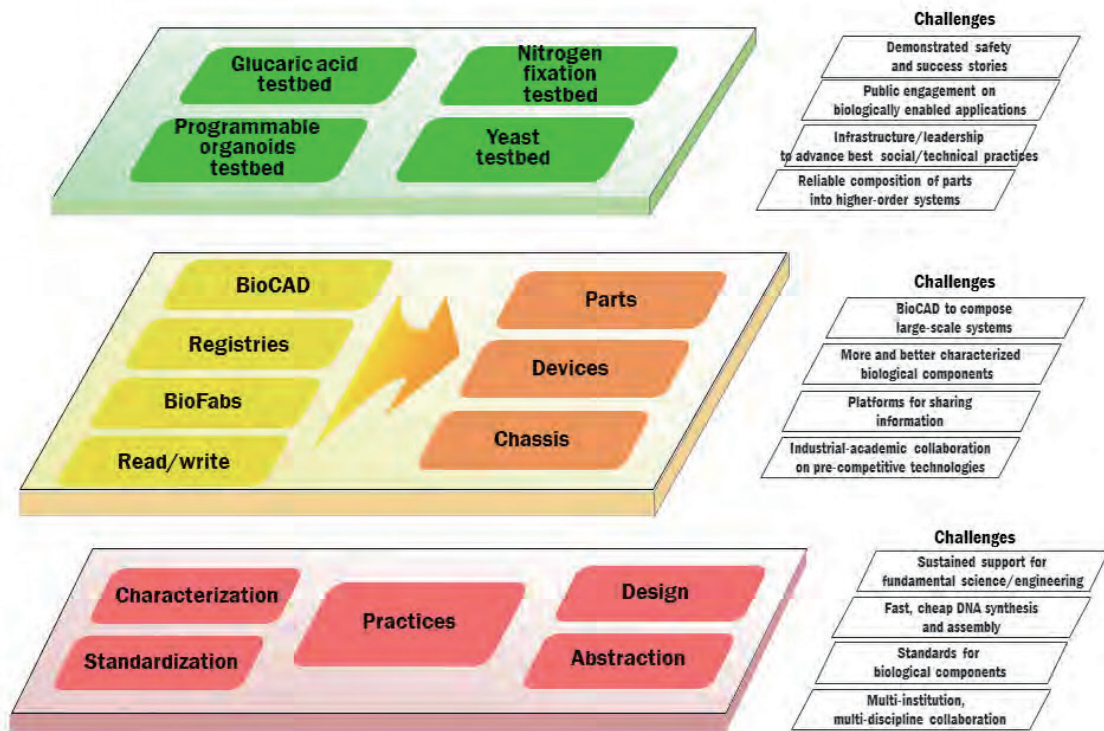


図 6-2. SynBERC の三層図

この図に付けられた説明によると、最上層は idea + systems であり、中間層は off-the-shelf-components、最下層は knowledge base とラベルされている。最上層は 4 つの Testbed を含み、結果を検証する手順も含めたひとつのシステムとなっている。これらが現状の技術移転の成果物である。例えば Nitrogen fixation Testbed は、大腸菌を使って窒素を作り出すミニ工場であり、もちろんシステムでもある。企業はこれを使って自社に関連する実験を行うことができる。各 Testbed は産業界の評価の下に現在も改善が続けられている。中間層は Testbed を支えるアーキテクチャや要素、あるいはそれと連動して動作する付属システムを階層別に示したものである。最下層は上記二層を支える基礎的な技術や経験、知見を表わすもので、ERC では Thrust とよばれているものに近い。この三層図では原図の Barriers にあたるものを Challenges とよんでいる。最上層の Challenges で安全性や社会的な認知の問題を挙げているのは、この ERC が自然には存在しない新しい生命を生み出す可能性を含む構成生物学を対象としており、構成生物学には社会的許容に関する問題が常に内在していることからきている。

企業の側から見たとき、ERC に対する産業界の参加は表面的には限定的であるように思われる。すでに述べたように、技術移転は pre-competitive の範囲に止められており、それ以上の商用化や社会実装はスピンオフしたベンチャーに委ねるか、あるいは当該の大学教員と共同研究の契約を結んで実施していくほかはない。これまでに 150 あまりのスピンオフ企業を生み出したとのことであり、研究成果の社会実装への割合はかなり高いと思われる。

ERC に参加する企業は会費を払って ERC の企業会員となる。会費は ERC によって千差万別であり、企業の規模によっても大きく異なる。会費の多寡によって受けられるメリットに差をつけている ERC もあれば、差をつけずすべての会員企業を平等に扱ってい

る ERC もある。

ERC の技術移転戦略のもう一つの特徴は、産業界からの助言や評価を常に受け入れる体制を備えていることである。会費を払って会員の登録をした参加企業は、常時 ERC を訪問し研究の現状を聞き、その成果を実用化の視点から評価することができる。むしろそれを求められている。その仕組みの要となるのが各 ERC におかれた Industrial Advisory Board (IAB) である。IAB には参加企業の大物が名を連ねているが、ERC は会員でない企業に属する人々にも IAB への参加を要請している。IAB は少なくとも年に 2 回は会合を開くことが義務付けられており、毎年行われる NSF による現地評価にも参加することが求められている。IAB 企業会員による遠慮のない批判を通じて ERC は企業のニーズを探り、製造コストの見積もり、Testbed の実用化の可能性を探ることができる。

IAB は全国レベルでも存在しており、ERC 全体の技術移転のレベル、経済効果、イノベーションへのインパクトなどを中立的な立場から毎年評価している。訪問調査では、NSF は ERC の運営において IAB の評価を重く見ているとの意見を聞いた。

6.3 技術移転と教育

技術移転と教育を大学における研究の現場で同時に行うことは ERC プログラムの大きな特色である。ERC は大学院生を研究の主要な担い手と位置づけ、学費や生活費を支援している。米国の大学院生は学位論文の指導教員の研究費で雇用されるケースが多いが、ERC の雇用とすることによって大学院生の ERC への帰属意識を高め、個々の教授による囲い込みを避けてより広い ERC の舞台で学生を活動させることが狙いである。このことを通じて、ERC は広い視野と関心を持ち、人間的に幅のある企業の研究開発指導者を養成したいのである。それを精神論ではなく、具体的な大学における社会に開かれた研究開発の場で実行しようとしているところに、ERC プログラムの教育への新しい視点が感じられる。

日本でも工学系の場合は大学院生を企業との共同研究に従事させることは普通のことである。大学院生が研究室の主要な「働き手」である以上、そして産学協同が推奨される以上、当然のことである。しかしそれは個別の研究室を単位とする活動であり、狭いテーマに限定されがちで、企業の研究開発の肩代わりをやらされている学生も少なくない。また、動員された学生や動員する教員の側にも多少の後ろめたさがあり、論文公聴会の場でも企業の名前を伏せるのが普通である。

ERC では博士課程に焦点を当て、企業の研究開発の指導者の養成を、大学の研究の場を借りてむしろ積極的にやろうとしている。普通の技術者の養成ではなく、指導者の養成であることが重要な点であり、日本の場合と異なる点である。指導者の資質を養う第一歩は、現在自分が従事している研究の意義と位置づけを深く認識することである。そのため、すでに述べた三層図を徹底的に理解することが求められる。われわれの面接に応じてくれた学生も、三層図については十分理解している、との回答であった。

もう一つ挙げておきたいのは第 5 章で述べた企業の社員による学生への Mentor 制度である。学生が望めば会員企業から名乗りを上げた社員が Mentor になって、企業における研究活動の紹介や科学技術の社会での使われ方を説明し、さらには広く社会人としての生き方まで含めて助言してくれるとのことである。この制度がどれほど盛んに行われている

かははっきりしなかったが、ERC の制度として定着し機能しているようである。

第 5 章で述べたように、ERC の学生は企業には評判が良い。企業が ERC の会員になる理由として、学生と接触できることを第一に挙げた企業は多い。日本でも企業が教授に奨学寄付金を提供し、その見返りにその研究室の学生が入社してくれることを期待することは珍しくない。それと同じことが ERC という大きな場で行われているといえる。学生も、ERC の会員企業で働くことは受け入れやすいようである。

6.4 教育と研究

教育と研究の両立、これは古くて新しい問題であるが、ここでの問題は大学院教育、中でも博士課程の教育である。ERC は学生を単なる研究支援の労働力としてではなく、主体的な研究者として処遇しているようである。大学院生を研究グループの正式なメンバーとして年報などに名前を掲載している ERC は少なくない。

NSF は ERC に学生の自主的な活動組織を各 ERC 内に作ることを奨励している。これは Student Council と呼ばれ、すべての ERC に作られている。Student Council は学生によって自主的に運営され、学生同士の連帯の強化や相互学習の場としても使われている。少なくとも年に一回の会合を持ち、ERC 全体の運営に影響力を発揮しているとのことである。おそらくその活動の態様は各 ERC によって様々であろうが、われわれが訪問時に対応してくれた学生の発言からは、ERC に対して自分なりのイメージをもち、その運営にも大いに興味をもっていることを感じ取ることができた。

また、各 ERC の Student Council の代表者が集まって、年に一度、全国 ERC Student Conference を開催している。このように学生の自主的な組織が活性化することによって新鮮なアイデアがもち込まれ、活気が生まれる。それだけでなく、マスとしての学生に発言権を持たせることは、ERC の健全な運営に貢献していると思われる。Student Council の存在は ERC の研究や運営の規律とモラル向上に貢献しているようである。「学生の前でいい加減なことはできない」という教員の感覚は、米国の学生は批判精神が強いことを考えると、すべての ERC でも共有されているはずである。

第 5 章でも触れたが、ERC のメンバーはかなりの時間を教育に費やすことが義務づけられている。この教育活動は大学院生も巻き込んでいる。大学院生は学部生や高校生・中学生 (K-12) の教育を担当する。その場合は、ERC の実験室に学部生を招いて実験を指導する REU (Research Experiences for Under graduates) に参加するか、あるいは高校生向けの夏学校を開催するなど、活動形態は多様である。大学院生はまだ教育される立場であるが、教育に従事することによって自分の立場を理解し、教育されることの意味付けをはっきり理解することができる。このように、大学院生を学部生や高校生の教育に参加させることは様々な国で始められており、新しい教育の手法として認識されつつある。ERC はこの方法の先駆的な実施組織であるといつてよい。

6.5 「ERC システム」戦略のまとめ

以上、研究、技術移転、教育の三極について、それらをペアとして取り上げることで ERC の戦略を見てきた。

これらをまとめたのが図 6-3 である。研究を担う ERC、技術移転を受ける側の企業、教育の対象である学生の三当事者の中の Give と Take の関係を矢印で書いた。矢印の起点は恩恵を与える当事者、終点は恩恵を受ける当事者である。三極の間で時計回りと反時計回りの両方向で円環が閉じていることに注意してほしい。円環が閉じることによって一つ一つの矢印は他の矢印を強化する可能性をもつ。時計回りの回転と反時計回りの回転が進むに連れてそれぞれの関係が深まり、レベルが高くなっていくことを表現した。いわゆるスパイラル効果である。三者は俗に言う win-win の関係におかれることが可能となる。もちろん、この関係だけで win-win が達成されるわけではない。一方が他方の従属関係にならないように平等の立場で参画できるように他者を尊重する姿勢が必要であろう。なかでも、通常は弱い立場にある学生にマスとしての発言権を与えたことは、win-win の関係を実現するための戦略として大いに評価できる。

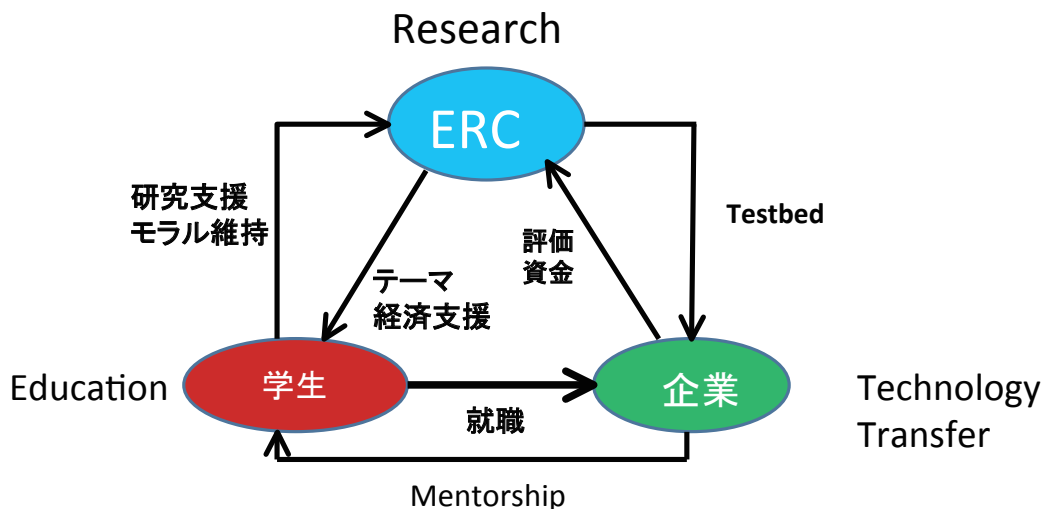


図 6-3. ERC システムの三極構造

6.6 ERC コミュニティの形成

最後に述べておきたい NSF の ERC 戦略は ERC のコミュニティづくりである。年に一度、現役の ERC とすでに NSF の支援を離れて自立した graduated ERC のリーダたちが集まって、ERC の年会 (Annual Conference) を行っている。先ほどの学生の年会と同様である。年会では ERC の指導者たちが経験を交換し、反省を含めて ERC の将来の方向を探る。先ほど述べた Best Practices Manual (BPM) が生まれたのは第 10 回の年会 (1997 年) である。その後 BPM は年会で議論され、必要があれば改訂されることになっている。BPM は NSF とは独立に ERC の指導者たちが作ったとされているが、NSF がそれを歓迎し様々な要望を BPM に託したことは間違いない。ERC の事業が始まったとき、この種のセンターの運営は米国の研究者にとっても初めてのことであった。その運営で直

面した様々な問題点やそれに対処する方策の成功失敗の事例を記録蓄積し、次の世代に伝達することを目指した BPM は、ERC の大きな資産となっているとあってよい。

BPM にはいくつか名句が見られる。すでに述べた研究開発の第一義的な重要性はその一つであるが、以下にもう一つ引用しておこう。

If an ERC is to be a “better idea” center, rather than a “where do we get the money” center, there must be a clear linkage between the strategic plan and research management and another linkage between research management and the management of finance and education. In other words, decisions about the investment of center resources in specific research projects and in the support of students in specific research areas must be guided by a strategic plan in which the center is united.

7. ERC から学ぶこと

ERC の創設とその運営にかかわる NSF の優れた戦略性について述べてきたが、この章ではそこから何を学ぶべきかについて、ファンディングの視点から考えてみたい。

7.1 NSF の強い指導力

5ヶ所の ERC (ただしその一つは graduated) を訪問して強く感じたことは、NSF が各 ERC に対して理念的、戦略的な面で強力な指導力を発揮しているということである。当然のことではあるが、訪れた各 ERC は三つの柱、すなわち、研究、技術移転、教育の三位一体の目標達成を実現するために NSF が設定した枠組みを遵守していた。すでに何度か触れた三層図の作成・遵守はその典型であり、ERC と NSF を結びつけるコミュニケーションツールとしても有効に用いられている。われわれが訪れた各 ERC での意見交換会では、リーダたちから、「NSF の考えによれば」とか「NSF はそれを認めないだろう」などの、NSF の権威が浸透していることを示す発言をたびたび耳にした。この NSF の強い指導力は NSF 本部の担当者の発言からも感じ取ることができた。ERC プログラムのように大学内外の多くの組織が参加するプログラムの場合は、それぞれの組織の間の利害関係の調整が必要となる。それが悪い方向に進むと、正常な議論が妨げられ、組織の間の力関係で研究の方向が決まってしまうことが起こりがちである。組織間の力関係で研究の方針が決まるようなことが起こらないように、プロジェクトをそこで掲げられている理念通りに進めていくことは、資金配分機関の行政責任でもある。われわれが訪問した ERC に関しては、ERC プログラム運営において NSF はその行政責任を高いレベルで果たしているように思われた。

7.2 「how」の重視

NSF が各 ERC に対して上で述べたような強い指導力を保持できる理由の一つは、ERC の研究戦略が、課題 (プロジェクトの目標) の選択と同じくらい、課題の達成に至るプロセスを重視しているからである。「what」と同じくらい「how」を重視にしている、ともいえる。How は研究についてだけではなく、教育や技術移転を包含した ERC のビジョン全体をどのように実現していくかについての how でもある。すでに何度か紹介した三層図は how を重視する ERC の戦略を象徴的に表していると言える。How は運営のプロセスに関わるものであり、それが正しく行われているかどうかは常に検証が必要である。ERC の運営についての検証を通じて NSF はその権威と存在感を ERC に対して保ち続けている、というのがわれわれの見方である。もし NSF が各 ERC に対し what のみを課し how については任せていたとしたら、what の完成を待つことが NSF の資金配分機関としての役割となり、現在ほどの権威は保てなくなってしまうかもしれない。

研究、技術移転、教育の三極を同時に推進することは簡単なことではない。そのための運営の仕組みを戦略的に考えなければならない。したがって、それを目標に掲げると、当然 what だけでなく how も重視しなければならなくなる。つまり、how を重視する ERC の性格は、三極の同時推進を謳う ERC の理念から必然的に出てきたともいえるだろう。

ただし、NSF は ERC に対してその理念を守ることを単に精神論や強制力で押し付けているわけでは決してない。運営上の **how** についてのきめ細かな配慮も見せている。例えば、年報の書き方の整備されたフォーマットを用意し、300 ～ 400 ページにもなる年報の準備に各 ERC の事務方のサポートが得られやすいようにしてある。毎年行われる現地調査に際して各リーダが審査委員に対して行うプレゼンテーションの内容の標準的な章立ても用意し、ERC 側が準備しやすいように配慮している。NSF の権威は、一方ではこのような行き届いた配慮によって支えられているともいえよう。

また、前の章で述べた BPM は **how** を求める ERC リーダたちにとって実に豊かな情報を与えている。BPM には、学内の研究者を ERC にいかにか巻き込むか、学生の自立的な活動をどう援助するか、など細かなことまで書かれている。さらに、特筆すべきことは、このような **how** の仕組みが詰まった BPM が、NSF、ERC の中だけで受け継がれていくのではなく、公開されて外部の人間にも貴重な情報となっていることである。事業を継続し、その評判を広め、活力を増大していくためには必要なことであり、学ぶべきことと思う。

How を明らかにすることは **what** を明らかにするためにも必要なことである。わが国の拠点形成事業ではどちらかという **what** が重視され、**how** はあまり深く議論されない傾向が感じられる。How がハッキリしないといつの間にか **what** もハッキリしなくなり、結局、プロジェクトが何のためのものか曖昧になってしまうことが起こりえる。たとえば、プロジェクトの資金を利用して本来の目的とはほとんど関連のない研究組織ができ上がってしまうこともないとは言えない。NSF は **how** に対する共通の枠組みを明示することが、ERC のような多様な **what**、多様な人材、全国的な地域の広がりをもつ組織には必要であると考えたのであろう。この点はわが国も多いに範とすべきと思われる。

ERC を訪問して強く感じたことがある。対応してくれた各 ERC の Director たちがすべて物静かな紳士で、ERC の宣伝を声高に叫ぶようなエネルギッシュな、あるいはカリスマ的な教授ではなかったことである。むしろ事務能力に優れた能吏という感じで、ERC のことを隅々まで知りつくした世話好きタイプであった。日本ではプロジェクトの紹介パンフレットの最初のページにリーダが写真入りで紹介される場合が多いが、これは **what** が重視されていることの反映であろう。What は直ちにそれを専門とする研究者へ連想が結びつくからである。ERC ではホームページのトップに Director の写真を見ることはない。

7.3 運営の柔軟さ

NSF が各 ERC にその理念的な目標の遵守と戦略的な枠組みに忠実な運営を求めていることは、すでに述べた通りである。その一方で、各 ERC にはかなりの自由裁量を与えられており、その運営方法は個性的である。その点でわれわれにとって印象深かったのは、それぞれの拠点大学の文化、伝統や特殊事情を最大限許容していること、および NSF 以外の外部資金を ERC が取り込むことへの寛容さ(というよりむしろ奨励)の 2 点であった。前者について例を挙げると、Carnegie Mellon 大学の QoLT は、すでに第 4 章で述べたように Carnegie Mellon 大学と Pittsburgh 大学に 90 % の資金を集中している。NSF のガイドラインによれば、ERC は全米になるべく多くの連携パートナーを持つことが要求されており、QoLT は明らかにそれから逸脱しているように見える。両大学が歩いて行き来

ができるほど地理的に近いことによるシナジーへの強い期待が、この例外措置を認める理由となったとのことである。後者について例を挙げると、California 大学 Berkeley 校の SynBERC では、実際の研究費やスペースの多くはエネルギー省 (DOE) に支援された生物燃料の研究プロジェクトに負うところが大きい。NSF からの資金の多くはアウトリーチや教育活動に使われているとのことであった。

日本では NSF とは逆のことが行われている。What のレベルでは理念的な規制を置くことは難しい。規制を置いたとしても、プロジェクトの目標はどのようにでも解釈できるような抽象的な文言でつぶらされている場合が少なくないから、目標の文言だけからはプロジェクトの内容を評価することは難しい。その結果、研究者の考えに任せてしまうことになってしまう。逆に運営面では厳しい法律や規則の細かい網が被せられている。特殊な機器や装置を複数のプロジェクトで使い回すことは原則として禁止されている、企業との共同研究では一定額以上の機器を企業の拠出金で大学が購入することは税法上難しい、など運営上の制約は大きい。このような制度上の制約を取り除くことが望まれる。

7.4 異分野交流の深化

各 ERC の運営の仕方は極めて個性的であることを述べたが、そのことは ERC が多様性 (diversity) をその基本理念の一つとして掲げていることから来ている。この多様性は、分野の多様性、組織の多様性、国籍・人種・性別の多様性など様々な多様性に発展し、ERC の深化の過程で拡大を続けてきた。多様性を進めるために専任の Director (Director for Diversity) をおいている ERC も多い。多様性は ERC 評価の重要な指標の一つになっている。

多様性の中でも分野の融合は ERC 発足時から強調されている。もちろん日本でも分野融合はたびたび強調され、その重要性は浸透しつつあるが、ERC の場合はそれが隅々にまで及んでいる。グループ全体だけでなく、要素テーマを担当する数人規模の末端の小グループの構成にも多様性が貫徹されている。日本で行われている分野融合のプロジェクトの場合、チーム全体のレベルの多様性で止まっている場合が多い。ERC のような徹底した融合を今後日本でも実現すべきと思われる。

7.5 大学院博士課程の学生を企業の研究開発指導者として育成すること

ERC が大学院生を技術移転に関わる研究の場に積極的に導き入れ、企業の研究開発指導者を目指した人材育成を行っていることは、すでに述べてきた通りである。日本では残念ながらこの面では遅れをとっている。最近、経団連はある提言を行ったが [19]、その中で「博士課程に在学中の学生が、産業界における研究に直接関与する機会が少ない」ことを日本の大学の人材育成の欠点として挙げている。この提言は、事実をほぼ正確に捉えているとともに、研究指導者の欠乏に苦しむ産業界の正直な声を反映している。

少なくとも修士課程の学生を採用することに産業界は特に不満は持っていないようである。しかし博士課程修了者については別であり、多くの企業は一貫してその雇用に冷淡であり続けてきた。幾度となくメディアでも取り上げられた日本の博士課程修了者のキャリアパスの細さは、日本の科学技術が抱える極めて深刻な問題の一つであるが、この問題の

発生源の一つがここにある。

ERC 発足を促した 1984 年の NAE 指針では、大学の工学教育と企業で必要とされる工学的素養の間にギャップがあることが指摘され、そのギャップを埋めることが ERC に課せられた。この指摘の背景には、当時、産業競争力の低下に悩んでいたアメリカ産業界の悩みがある。経団連の提言は当時の NAE 指針の現代的日本版と捉えることができる。競争力劣化に悩む日本の産業界が博士課程の教育と企業で必要とされる素養との間に大きなギャップがある、と考えているのであろう。ERC の成功はこの問題に対する一つのソリューションを与えているのではないだろうか。

ただし、日本ではこの問題を解決することはそれほど簡単ではない。技術の社会実装の現場に学生を配置し、そこに教育の場を設定することは、ある意味で学生を企業の研究開発に直接従事させることになる。これは学生という身分と矛盾する様々な問題を引き起こしかねない。知財の問題や企業秘密の問題もある。ERC でもそのことは十分意識しており、pre-competitive な範囲の産学協同に止めている。欧州では ERC とは違う考え方でこの問題に対処しているようである。諸外国のやり方に学びつつ、日本の実情に適合したこの課題の解決策を真剣に考え、実行していくことは急務である。

7.6 「ERC 文化」の育成

NSF は歴代 ERC のアーカイブの保持に加え、「ERC 文化」の創出育成にも努力している。毎年 ERC のリーダーたちを集めて Annual Meeting を開催し、お互いの経験の交流や反省、そして将来構想を話し合う場所としている。ERC のようなセンターは規模も大きいだけでなく、研究、教育、技術移転の三つの目標を同時に達成するという使命の遂行は言うほど簡単ではない。強力なマネジメント力が必要である。

ERC のような特色をもつセンターの設立運営は、1985 年の設立時、米国の大学にとっても初めての経験であり、その組織運営に多くの困難と試行錯誤が生じたに違いない。設立から 12 年経過した 1997 年に、ERC のリーダーたちが ERC 年会で自分たちの経験をもち寄って Best Practices Manual (BPM) を作った。BPM は ERC 文化の発展のけん引力となっているように思われる。BPM には Director の資質、自由な運営と理念的な拘束の境界線などきわどい記述が見られる。

日本ではプログラムやプロジェクトの栄枯盛衰が激しく長続きがしない。30 年以上続いている JST の ERATO や 30 年近く続いている CREST は例外的な存在である。ERC のような地道な拠点形成の営みを続けていくことを通して、拠点としてのプライドと独自の研究の「気風」を育てていくことが、日本でも必要な時期に来ているのではないだろうか。

7.7 ERC の経済的なインパクトの大きさ

ERC のもたらした経済インパクトについては多くの調査研究がなされており、その大きさが確かめられている。大学を拠点とする ERC から学ぶこととして経済インパクトの大きさを取り上げるのは適切ではないかもしれないが、経済インパクトも成果のうちであるから、ここではひとつの調査結果を示しておきたい。経済インパクトには、ERC が生み出した雇用、ERC からの技術移転によって生まれた製品等の売り上げなど、定量化

できる部分と、ERC 出身の学生が企業に入社して企業に新しい研究開発やチームワークの芽を生んだなどの、定量化できない部分の、両方がある。文献 [4] では、California 工科大学の Center for Neuromorphic Systems Engineering (CNSE)、Virginia 工科大学の Center for Power Electronic Systems (CPES)、Michigan 大学の Center for Wireless Integrated Microsystems (WIMS) の三つの ERC に関する調査結果を報告している。それによると、定量化可能な州レベルのインパクトと国レベルのインパクトは表 7-1 で示される。

	ホスト大学	設置期間	州へのインパクト	国へのインパクト
CNSE	Caltech.	1995-2005	\$87,557,321	\$173,168,625
CPES	Virginia Tech.	1998-2008	\$120,853,550	\$21,294,974
WIMS	Michigan Univ.	2000-2010	\$256,445,115	\$46,279,887

表 7-1. 三つの ERC の経済インパクト

設置期間全体の ERC への NSF の投資額は一つの ERC あたり平均 3,500 万ドル程度であるから、CNSE で約 7.6 倍、CPES は 4 倍、WIMS は 8.4 倍の投資に対するインパクトの総和となっている。

定量化できない経済インパクトの代表例として ERC 出身の Ph.D. 取得学生の雇用後の評価についてアンケートを実施しているが、例えば WIMS 出身者については

- ・ チームワークのスキルが優れている
- ・ 技術の実装面での問題解決能力に優れている
- ・ 商用化可能性についての実証的研究に関心が高い
- ・ Ph.D. 取得者にありがちな関心の狭さを乗り越え、課題に貢献する能力をもつ
- ・ ビジネスと技術の両方への理解と関心が深い

などのプラスの回答を得ている。

それ以外に、これまで接点のなかった会社同士が ERC を接点として知り合いになり、新しい顧客の獲得、提携、投資などの関係を結び深めることができたことを、ERC のもたらした恩恵として挙げている。日本でかつて流行した異分野交流が大学を場として行われていると見なすこともできる。

ERC 自身が拠点大学に経済的な恩恵をもたらしている。これを経済的なインパクトといえるかどうか分からないが、第 3 章 3. 1 節の図 3-2 を見ていただきたい。その図では ERC の経費はその 60% 強が NSF-ERC 以外から得られていることが示されている。つまり、ERC が他の資金を 1.5 倍以上呼び込んだとも言える。ERC の実績がもたらした NSF への経済的な利益であると解釈することも可能である。

8. おわりに

30年の歴史を持つERCの存在はさまざまな課題をわが国のファンディング事業に提起していると思われる。ERCが目標を十分に達成し成功を収めてきたことはすでに見てきた通りであるが、日本でもしばらく前から盛んに行われるようになった大学の拠点形成事業については、それらが効果をもたらしたとの積極的な評価はあまり聞こえてこない。これらの事業はすべて日本の大学を世界的な研究の水準に引き上げることを目標にしている。しかし、その目標に順調に向かっているとは思えない。むしろ逆に、論文発表数などで評価される日本の大学の発信力が長期低落の傾向にあることは、NISTEPによる調査からも明らかである（たとえば [20]）。

ERCから学ぶべき点は第7章に挙げた通りであるが、さらに突き詰めれば、このような研究センターの構築がなぜアメリカではできて日本ではできなかったか、という問題に直面する。この問題に答えることはわれわれの手に余るし、またこの報告書の範囲を逸脱することになる。あえて言うとするれば、本文でも書いたように拠点形成事業における戦略の深さの違いである。本文中ではこれをシステム思考に帰着させたが、研究以外に技術移転と教育を同時達成目標として推進するという難問を見事に達成させたERCの制度設計は、システム思考の産物という以外に表現のしようがない。日本で行われるファンディングは目標が一つに絞られている場合がほとんどである。複数の目標を置くと力が分散されて成果が上がらない、という懸念はもったもなことであり、一つに絞ることの重要性を否定するものではないが、複数の目標を統合的に組み合わせることによってさらに目標達成の可能性を強める、というシステム思考にもとづく制度設計も必要な時期に来たのではないかと思われる。二兎を追うものは一兎も得ず、という格言は常に真とは限らないのである。

ERCを訪問してまず感じたことは、月並みな感想ではあるが、アメリカの大学と日本の大学は違う、ということである。専攻や学科の壁が日本に比べて非常に低いということはいく言われているが、おそらくこれが背後にあってERCを成功に導いた大きな要因であると思われる。学科や専攻の仕切りを越えたところにある新しい領域やテーマや学術的な価値に惹きつけられるメンタリティの強さだけでなく、越境を容易にするさまざまな制度的な枠組みがあり、それを強く支持する文化的基盤がある。「総論賛成、各論反対」の日本の大学との大きな違いである。ERCはそのような土壌の上に適切な戦略が実らせた果実と言ってよい。日本では研究が教員の主宰する研究室を単位とした小さなグループに細分化されている。学科、専攻の間の壁だけでなく、研究室の間の壁も高いといってよい。この小グループの中の密度の濃い人間的な結びつきは学生の研究室への強い帰属意識を生み、それを通じて研究への士気を高める効果はあるが、反面ERCのような広い舞台で学生が活躍し、多くの教員に研究面で接点を持つことを阻んでいる。もしERCの成功に学ぶのであれば、上記のような日米大学の差を踏まえて制度設計を行うことが必要である。

アメリカの科学技術は現在、他国の追随を許さない強さを示している。ERCはそのようなアメリカの強さを象徴するものとわれわれの眼には映る。だからといって、アメリカのやり方をひたすらまね、日本とアメリカの違いを考えずにアメリカ製の制度や概念を盲目的に担ぎ回る愚は避けるべきである。ERCについても、学ぶべきことはしっかり学び、十分咀嚼して、日本の風土に合う形で血肉化していくことが必要である。

すでに本文中でも述べたように、われわれが訪問したすべての ERC では、Director はじめリーダーたちが長時間のインタビューに応じ、学生への直接インタビューを許可し、さらに年報をはじめとするセンターのドキュメントをわれわれの要請に応じて開示してくれた。この場を借りて彼ら彼女らの暖かい歓迎と協力に心から感謝したい。また、NSF 工学局長の Pramod Khargonekar 氏はシステム科学ユニットの上席フェローの旧友であり、今回の訪問に際して最大限の便宜を図って下さった。併せて心からの感謝の意を表明したい。

ERC もこれから第 4 世代に向けて新しいステップを進もうとしているが、長く続いた事業であるだけにマンネリとの内部評価もあり得ないことではなかろう。次のステップに向けて、NSF がさらに斬新で意欲的な考えを持ち込み、ユニークな研究センターとして発展していくことを願う次第である。

われわれの訪問には JST の各部門から下記 6 名の同行者があった。この場を借りて私どもの調査を支援して下さったことにお礼を申し上げたい。同時に、本報告書の内容については、CRDS システム科学ユニットが全面的に責任を負うことを記しておきたい。また、同行者の一人である中神雄一氏はすでに「産学官ジャーナル」に的確なレポートを提出しておられるので [21]、本報告と併せてお読み頂ければ幸いである。

RISTEX 企画運営室 室長 津田 博司
国際科学技術部ワシントン事務所 所長 大濱 隆司
産学共同開発部事業推進グループ 調査役 平尾 孝憲
環境エネルギー開発推進部 ALCA 担当 調査役 吉田 秀紀
戦略研究推進部企画調整グループ 副調査役 波羅 仁
産学連携展開部企画課 係長 中神 雄一

参考資料

- [1] E.M.Hunter et al., Inside multi-disciplinary science and engineering research centers; The impact of organizational climate on invention disclosure and patents, Research Policy, 40, 1226-1239 (2011).
- [2] ERC Data (September 1, 2011)
http://erc-assoc.org/sites/default/files/book/ERC_Data_2011.pdf
- [3] 東京大学ウェブページ 制度・統計資料 特許 (件数・発明等関係規則など)
http://www.u-tokyo.ac.jp/res04/d01_07_j.html
- [4] D.Roessner et al., The economic impact of engineering research centers: preliminary results of a pilot study, J. Technol. Transf. 35, 475-493 (2010).
- [5] 西尾好司、産学連携拠点としての米国の大学研究センターに関する研究、富士通総研 経済研究所、研究レポート 339、2009 年 4 月
- [6] 林隆之、大学の研究センターの評価とベストプラクティスの集積—米国科学財団 (NSF) の工学研究センター・プログラムの事例から— 大学評価・学位研究、3 号、平成 17 年 9 月
- [7] 文科省科学技術・学術審議会基本計画特別委員会資料、平成 11 年
- [8] 調査報告書、イノベーション創出を志向した研究プログラムにおける評価方法の事例調査、東レ経営研究所、平成 25 年 3 月
- [9] 岡山純子、CRDS フェロー戦略会議資料、平成 26 年 2 月
- [10] Strengthening Engineering in the National Science Foundation, National Academy of Engineering (1983).
- [11] The Engineering Research Centers (ERC) Program: An Assessment of Benefits and Outcomes (1997).
<http://www.nsf.gov/pubs/1998/nsf9840/nsf9840.htm>
- [12] Guidelines for Engineering Research Centers, National Academy of Engineering (1984).
- [13] ERC Key Features: Designing the Next-Generation ERC.
http://erc-assoc.org/sites/default/files/studies_reports/Key%20Features%20of%20the%20Next%20Generation%20ERC-Final.pdf
- [14] General Programmatic Terms and Conditions (PTC) for the Gen-3 Engineering Research Center (ERC) (NSF 07-521) Cooperative Agreements.
<http://www.nsf.gov/bfa/dias/policy/captc/nsf07521.pdf>
- [15] Engineering Research Center (ERC), Program Solicitation, NSF 11-537.
<http://www.nsf.gov/pubs/2011/nsf11537/nsf11537.htm>
- [16] Engineering Research Center (ERC), Program Solicitation, NSF 13-560.
<http://www.nsf.gov/pubs/2013/nsf13560/nsf13560.htm>
- [17] ERC Library
<https://www.erc-reports.org/public/library>
- [18] Comparisons by Member Firms of Performance of ERC Graduates With Non-ERC Hires

http://erc-assoc.org/about/erc_data/comparisons-member-firms-perfomance-erc-graduates-non-erc-hires

- [19] 「イノベーション創出に向けた研究開発法人の機能強化に関する提言」 経団連 2014 年 7 月 15 日
- [20] 白川展之ほか、IEEE のカンファレンスと刊行物に関する総合的分析、文部科学省 科学技術政策研究所科学技術動向センター調査資料 194、2011 年
- [21] 中神雄一、産学官連携ジャーナル Vol.10 No.9 2014
http://sangakukan.jp/journal/journal_contents/2014/09/articles/1409-08/1409-08_article.html

付録. 各 ERC の概要

表の左端、番号欄の色の意味：



ERC としての活動が現在進行中(Currently Funded)

ERC としての規定の期間を満了し(Graduated)、その後も大学、企業等の支援により後継のセンター等が活動中(Self-sustaining)

ERC としての規定の期間を満了し(Graduated)、現在は解散

ERC としての規定の期間を満了せず(Terminated)、途中で中止

表の右端、種類欄の色の意味：



Advanced Manufacturing

Biotechnology and Health Care

Energy, Sustainability, and Infrastructure

Microelectronics, Sensing, and Information Technology

2009 年までの各 ERC の主要な成果については以下の NSF-ERC の URL

http://erc-assoc.org/topics/policies_studies/ERC%20Innovations%202010-final.pdf

にまとめられている。

また、高インパクトな ERC の成果については以下の NSF-ERC の URL

<http://erc-assoc.org/high-impact-erc-achievements>

にまとめられている。

表 1 各 ERC の概要

番号	開始年	終了年	センター名 (略称名) および URL	大学、研究所など (拠点大学を最初に記載)	製品・プロセスの成功例やスタートアップなど (赤字は高インパクトな成果として NSF-ERC のウェブページに掲載されているもの)	種類
1	1985	1994	Systems Research Center ↓ Institute for Systems Research (ISR) http://www.isr.umd.edu/	Univ. of Maryland Harvard Univ.	<ul style="list-style-type: none"> • Satellite-based internet access 	A
2	1985	1994	Bioprocess Engineering Research Center ↓ Biotechnology Process Engineering Center (BPEC) http://web.mit.edu/bpec/	Massachusetts Inst. of Tech.	<ul style="list-style-type: none"> • Advances made in mammalian cell bioprocess technology and protein therapeutics • BPEC graduates are leaders in biotech industry • Perceptive biosystems 	B
3	1985	1994	ERC for Intelligent Manufacturing Systems	Purdue Univ.		A
4	1985	1996	Center for Telecommunications Research (CTR)	Columbia Univ.	<ul style="list-style-type: none"> • Leadership in digital video (MPEG-2, AVC/H.264) • Analog circuit design (SWITCAP, SWITCAP2) 	M
5	1985	1990	Center for Robotic Systems in Microelectronics (CRSM)	Univ. of California at Santa Barbara		M
6	1985	不明	Center for Composites Manufacturing Science and Engineering	Univ. of Delaware Rutgers Univ.		A
7	1986	1997	Engineering Design Research Center (EDRC) ↓ Institute for Complex Engineered Systems (ICES) http://www.ices.cmu.edu/	Carnegie Mellon Univ.	<ul style="list-style-type: none"> • Saving money for the traveling salesman 	A
8	1986	1997	Engineering Research Center for Net Shape Manufacturing (ERC/NSM) http://www.ercnsm.org/	Ohio State Univ.		A
9	1986	1997	Advanced Combustion Engineering Research Center (ACERC) http://www.acerc.byu.edu/	Brigham Young Univ. Univ. of Utah	<ul style="list-style-type: none"> • Computational fluid dynamics (CFD) • Combustion resources (combustionresources.com) • Reaction engineering international 	E

10	1986	1997	Advanced Technology for Large Structural Systems Engineering Research Center (ATLSS) http://www.atlss.lehigh.edu/	Lehigh Univ.	(reaction-eng.com)	E
11	1986	1997	ERC for Compound Semiconductor Microelectronics ↓ Micro and Nanotechnology Laboratory (MNTL) http://www.atlss.lehigh.edu/	Univ. of Illinois at Urbana-Champaign		M
12	1987	1998	Center for Emerging Cardiovascular Technologies (ECT ERC) http://www.atlss.lehigh.edu/	Duke Univ. Univ. of North Carolina and other North Carolina Universities	<ul style="list-style-type: none"> • Implantable defibrillators • Portable defibrillators • 3D ultrasound • Volumetrics medical imaging 	B
13	1987	1998	Optoelectronic Computing Systems Center (OCSC)	Univ. of Colorado at Boulder Colorado State Univ.	• CDM Optics (cdm-optics.com, now part of OmniVision Technologies)	M
14	1987	不明	ERC for Hazardous Substances Control	Univ. of California at Los Angeles		E
15	1988	1999	Offshore Technology Research Center (OTRC) http://otrc.tamu.edu/	Texas A&M Univ.		E
16	1988	1999	Center for Interfacial Engineering (CIE) ↓ Industrial Partnership for Research in Interfacial and Materials Engineering (IPRIME) http://www.iprime.umn.edu/	Univ. of Minnesota		A
17	1988	1999	Center for Advanced Electronic Materials Processing (AEMP) http://www.wisc.edu/~ercpam/	North Carolina State Univ. and other North Carolina Institutions University of Wisconsin at Madison University of Minnesota	• Single wafer processes for semiconductor manufacturing	A
18	1988	不明	ERC for Plasma-Aided Manufacturing (CPAM) http://silver.neep.wisc.edu/~ercpam/	University of Wisconsin at Madison University of Minnesota		M
19	1990	2001	Center for Biofilm Engineering (CBE) http://www.biofilm.montana.edu/	Montana State Univ.	<ul style="list-style-type: none"> • Biofilm control by signal manipulation • Biofilm as a causative agent in chronic wounds • Biosurface technologies (imt.net/~mitbst) 	B

20	1990	2001	Data Storage Systems Center (DSSC) http://www.dssc.ece.cmu.edu/	Carnegie Mellon Univ.	<ul style="list-style-type: none"> • Hard drives for small devices • Data detector • Information storage industry consortium (insic.org) • Nickel-aluminum underlayer in high-density media • DSSC/Seagate connection 	M
21	1990	2001	ERC for Computational Field Simulation (CCFS) ↓ The High Performance Computing Collaboratory (HPC ²) http://www.hpc.msstate.edu/	Mississippi State Univ.	<ul style="list-style-type: none"> • Spinning high technology into a multi-pronged economic development engine • A partnership with Nissan 	M
22	1994	2005	Biotechnology Process Engineering Center (BPEC)	Massachusetts Inst. of Tech.		B
23	1994	1997	Systems Research Center	Univ. of Maryland		A
24	1994	1999	ERC for Collaborative Manufacturing	Purdue Univ.		A
25	1995	2006	3D Systems Packaging Research Center (PRC) http://www.prc.gatech.edu/	Georgia Inst. of Tech.	<ul style="list-style-type: none"> • System-on-a-Package (SOP) • Quellan (quellan.com, now part of Intersil Corp.) • Anadigics (anadigics.com, formerly RF Solutions) • Engent (engentaat.com) • Harimatec 	M
26	1995	2006	Particle Engineering Research Center (PERC) http://perc.ufl.edu/	University of Florida	<ul style="list-style-type: none"> • Multiangle-multipavelength (MAMW) detection system • Synthesis of nanofunctionalized particulates by the atomic flux coating process (AFCP) • Nanotherapeutics (nanotherapeutics.com) • Sinmat (sinmat.com) • Nanomedex pharmaceuticals (nanomedex.com) 	A
27	1995	2006	Center for Neuromorphic Systems Engineering (CNSE) http://www.erc.caltech.edu/	California Inst. of Tech.	<ul style="list-style-type: none"> • Undergraduates founded startup DigitalPersona with the first fingerprint reader • analog VLSI 	M

					<ul style="list-style-type: none"> • IRIS • Foveon (foveon.com, now part of Sigma Corp.) • Evolution robotics (evolution.com) • Ondax (ondaxinc.com) 				
28	1996	2006	<p>SRC ERC for Environmentally Benign Semiconductor Manufacturing (CEBSM) http://www.erc.arizona.edu/</p>	<p>University of Arizona Arizona State Univ. Univ. of California at Berkeley Cornell Univ. Massachusetts Inst. of Tech. Stanford Univ.</p>	<p>• Reducing water use in IC manufacturing</p> <p>• New sensor measures contamination at the nano-scale</p> <p>• Supercritical solvent reduces environmental impact of IC manufacturing</p> <p>• GVD Corp. (gvdcorp.com)</p> <p>• Araca (aracainc.com)</p> <p>• Environmental metrology Corp. (env-metrology.com)</p> <p>• Cambridge metrology Inc.</p> <p>• Praesagus</p>	A			
29	1996	2007	<p>ERC for Reconfigurable Manufacturing Systems (RMS) http://erc.engin.umich.edu/</p>	<p>Univ. of Michigan</p>	<p>• Performance analysis for manufacturing systems</p> <p>• Ford engine plant process changes</p> <p>• Reconfigurable inspection machines in factories</p>	A			
30	1996	2007	<p>Engineered Biomaterials ERC (UWEB) http://www.uweb.engr.washington.edu/</p>	<p>Univ. of Washington</p>	<p>• Asemblon (asemblon.com)</p> <p>Healionics (healionics.com)</p> <p>• Inson medical systems (insonmed.com)</p> <p>• Ratner biomedical (ratnerbiomedical.com)</p>	B			
31	1996	2007	<p>Integrated Media Systems Center (IMSC) http://imsc.usc.edu/</p>	<p>Univ. of Southern California</p>	<p>• Hollywood special effects house using ERC software</p> <p>• An eyeglass “Virtual Try-on” system</p> <p>• Correcting distortions in the listening environment (MultEQ)</p> <p>• MacNeil-Lehrer productions</p> <p>• Geospatial decision making</p> <p>• Audyssey laboratories (audyssey.com)</p> <p>• Fetch technologies (fetch.com)</p> <p>• Sentinel AVE LLC (sentinelave.com)</p> <p>• Digital media works</p>	M			

32	1996	2001	Center for Innovation in Product Development (CIPD)	Massachusetts Inst. of Tech.	A
33	1997	2007	Mid-America Earthquake Center (MAE Center) http://mae.cee.illinois.edu/	Univ. of Illinois at Urbana-Champaign Georgia Inst. of Tech. Univ. of Memphis Massachusetts Inst. of Tech. St. Louis Univ. Texas A&M Univ. Washington Univ.	E
34	1997	2007	Multidisciplinary Center for Earthquake Engineering Research (MCEER) http://mceer.buffalo.edu/	Univ. at Buffalo Cornell Univ. Univ. of Delaware Univ. of Nevada at Reno Univ. of Southern California	E
35	1997	2007	Pacific Earthquake Engineering Research Center (PEER) http://peer.berkeley.edu/	Univ. of California at Berkeley California Inst. of Tech. Stanford Univ. Univ. of California at Davis Univ. of California at Irvine Univ. of California at Los Angeles Univ. of California at San Diego Univ. of Southern California Univ. of Washington	E
36	1998	2008	Center for Advanced Engineering Fibers and Film (CAEFF) http://caeff.ces.clemson.edu/	Clemson Univ. Massachusetts Inst. of Tech. Clark Atlanta Univ.	A
37	1998	2008	ERC for Computer-Integrated Surgical Systems and Technology (CISST) ↓ Laboratory for Computational Sensing and Robotics (LCSR) https://www.lcsr.jhu.edu/	Johns Hopkins Univ. Brigham and Women's Hospital Carnegie Mellon Univ. Johns Hopkins Univ. Hospital Massachusetts Inst. of Tech. Shady Side Hospital	B
38	1998	2008	ERC for the Engineering of Living Tissues ↓ Regenerative Engineering and Medicine	Georgia Inst. of Tech. Emory Univ. Univ. of Georgia	B

39	1998	2008	Center (REM) http://regenerativeengineeringandmedicine.com/ Center for Power Electronics Systems (CPES) http://www.cpes.vt.edu/	Virginia Polytechnic Inst. and State Univ. North Carolina A&T State Univ. Univ. of Puerto Rico at Mayaguez Rensselaer Polytechnic Inst. Univ. of Wisconsin at Madison	<ul style="list-style-type: none"> • SpherIngenics • Ontogenesys biotechnologies • Multiphase voltage regulator module (VRM) • Current sensing technique for multiphase converters • Novel multi-phase coupled-inductor and current sensing • Eliminating the use of highly customized DC-DC converters • Wirebond-free packaging techniques • Integrated control ICs for multiphase solutions • Intelligent power modules for motor drives • NBE technologies, LLC (nbetech.com) 	M
40	1998	不明	Marine Bioproducts Engineering Center (MarBEC)	Univ. of Hawai'i at Manoa Univ. of California at Berkeley		B
41	1999	2007	VaNTH ERC for Bioengineering Educational Technologies https://repo.vanth.org/portal http://web.mit.edu/vanth/www/	Vanderbilt Univ. Northwestern Univ. Harvard Univ.-MIT Division of Health Sci. and Tech. Univ. of Texas at Austin	<ul style="list-style-type: none"> • Springer partnership: Commercial publisher Springer Science + Business Media signed a partnership agreement with VaNTH to develop a series of textbooks, reference works, and research monographs in the field of bioengineering 	B
42	2000	2010	The Bernard M. Gordon Center for Subsurface Sensing and Imaging Systems (Gordon-CenSSIS) http://www.censsis.neu.edu/	Northeastern Univ. Boston Univ. Rensselaer Polytechnic Inst. Univ. of Puerto Rico at Mayaguez Lawrence Livermore National Lab. Massachusetts General Hospital Brigham and Women's Hospital Woods Hole Oceanographic Institution	<ul style="list-style-type: none"> • Arrayed spectrometric high efficiency radiation detector (ASHERD) • Embedded roaming sensors • New algorithm for intensity-modulated radiation therapy (IMRT) • Autonomous underwater vehicle (AUV) Tomosynthesis acceleration 	M
43	2000	2010	Center for Wireless Integrated MicroSensing and Systems (WIMS ²) http://wims2.org/	University of Michigan Michigan State Univ. Michigan Technological Univ.	<ul style="list-style-type: none"> • Senciscore • Discera (discera.com) • Mobius microsystems (mobiusmicro.com) 	M

						<ul style="list-style-type: none"> • NeuroNexus technologies (neuronexus.tech.com) • Picocal (picocal.com) • ePack (mempack.com) • Student-run radar network proves its value, sparks a startup • CASA radar network allows earlier detection of tornado • National academies report, "Network of Networks" • Radar feasibility study • Dynamic sensing technologies (dynamicst.com) 	M
44	2003	2013	ERC for Collaborative Adaptive Sensing of the Atmosphere (CASA) http://www.casa.umass.edu/	Univ. of Massachusetts Amherst Univ. of Massachusetts Colorado State Univ. Univ. of Oklahoma Univ. of Puerto Rico at Mayaguez Univ. of Delaware Univ. of Virginia McGill Univ.			
45	2003	2013	ERC for Extreme Ultraviolet Science and Technology (EUV) http://euverc.colostate.edu/	Colorado State Univ. Univ. of Colorado at Boulder Univ. of California at Berkeley Lawrence Berkeley National Lab.			M
46	2003	2013	Biomimetic MicroElectronic Systems ERC (BMES) http://bmes-erc.usc.edu/	Univ. of Southern California Univ. of California Santa Cruz California Inst. of Tech.			B
47	2003	2008	Engineering Research Center for Environmentally Beneficial Catalysis (CEBC) ↓ Center for Environmentally Beneficial Catalysis http://www.cebc.ku.edu/ Quality of Life Technology ERC (QoLT) http://www.cmu.edu/qolt/	Univ. of Kansas Univ. of Iowa Washington Univ. at St. Louis Prairie View A&M Univ.			E
48	2006	進行中	ERC for Compact and Efficient Fluid Power (CCEFP) http://www.ccefp.org/	Carnegie Mellon Univ. Univ. of Pittsburgh			B
49	2006	進行中		Univ. of Minnesota Georgia Inst. of Tech. Purdue Univ. Univ. of Illinois at			A

50	2006	進行中	Synthetic Biology ERC (SynBERC) http://synberc.org/	Urbana-Champaign Vanderbilt Univ. Univ. of California at Berkeley Stanford Univ. Univ. of California at San Francisco Harvard Univ. Massachusetts Inst. of Tech.	<ul style="list-style-type: none"> • A microbial process for inexpensively producing the anti-malarial drug, artemisinin • Curing Malaria (Amyris Biotechnologies) • Rapid Genome Engineering (LS9) 	A
51	2006	進行中	ERC on Mid-Infrared Technologies for Health and the Environment (MIRTHE) http://www.mirthecenter.org/	Princeton Univ. City Univ. of New York Johns Hopkins Univ. Rice Univ. Texas A&M Univ. Univ. of Maryland at Baltimore County	The ERC partnered with Bell Labs' Young Science Achievers Program to give high-school students, their parents, and K-12 teachers a taste of engineering	M
52	2006	進行中	ERC for Structured Organic Particulate Systems (C-SOPS) http://ercforsops.org/	Rutgers Univ. New Jersey Inst. of Tech. Purdue Univ. Univ. of Puerto Rico at Mayaguez	<ul style="list-style-type: none"> • Partnering with industry to create “continuous manufacturing technology” for making pharmaceutical products 	A
53	2008	進行中	ERC for Revolutionizing Metallic Biomaterials (RMB) http://erc.ncat.edu/	North Carolina A&T Univ. Univ. of Cincinnati Univ. of Pittsburgh		B
54	2008	進行中	Center for Biorenewable Chemicals (CBIRC) http://www.cbirc.iastate.edu/	Iowa State Univ. Rice Univ. Univ. of California at Irvine Univ. of New Mexico Univ. of Virginia Univ. of Wisconsin at Madison	<ul style="list-style-type: none"> • High school teacher creates course on bio-renewables after participating in RET program 	A
55	2008	進行中	Future Renewable Electric Energy Delivery and Management Systems Center (FREEDM) http://www.freedm.ncsu.edu/	North Carolina State Univ. Arizona State Univ. Florida State Univ. Florida A&M Univ. Missouri Univ. of Sci. and Tech.	<ul style="list-style-type: none"> • Tec-Cel (tec-cel.com) • GaN Devices 	E
56	2008	進行中	Center for Integrated Access Networks (CIAN) http://www.cian-erc.org/	Univ. of Arizona California Inst. of Tech. Norfolk State Univ. Tuskegee Univ. Univ. of California at Berkeley Univ. of California at San Diego	<ul style="list-style-type: none"> • Near real-time 3-D video (without the glasses) 	M

57	2008	進行中	Smart Lighting ERC http://smarthlighting.rpi.edu/	Univ. of California at Los Angeles Univ. of Southern California Rensselaer Polytechnic Inst. Boston Univ. Univ. of New Mexico	<ul style="list-style-type: none"> Students compete to perfect their 90-second "elevator pitch" describing their research to a panel of industrialists and venture capitalists 	E
58	2011	進行中	NSF Engineering Research Center for Sensorimotor Neural Engineering (CSNE) http://www.csne-erc.org/	Univ. of Washington Massachusetts Inst. of Tech. San Diego State Univ.	<ul style="list-style-type: none"> Arm-wrestling game that uses the brain and muscle electrical activity rather than strength puts a new spin on an old-style competition 	B
59	2011	進行中	ERC for Ultra-wide Area Resilient Electric Energy Transmission Networks (CURENT) http://curent.utk.edu/	Univ. of Tennessee Northeastern Univ. Rensselaer Polytechnic Inst. Tuskegee Univ.		E
60	2011	進行中	ERC for Quantum Energy and Sustainable Solar Technologies (QESST) http://qesst.org/	Arizona State Univ. California Inst. of Tech. Univ. of Delaware Massachusetts Inst. of Tech. Univ. of New Mexico	<ul style="list-style-type: none"> Multi-university student teams designed and implemented fabrication processes for state-of-the-art solar cells 	E
61	2011	進行中	ERC for Re-Inventing the Nation's Urban Water Infrastructure (ReNUWit) http://www.renuwit.org/	Stanford Univ. Univ. of California at Berkeley Colorado School of Mines New Mexico State Univ.	<ul style="list-style-type: none"> The ERC engages elementary-school students with interactive demonstration of microbes cleaning water at Children's Water Education Festival 	E
62	2012	進行中	Nanosystems ERC for Advanced Self-Powered Systems of Integrated Sensors and Technologies (ASSIST) http://assist.ncsu.edu/	North Carolina State Univ. Pennsylvania State Univ. Florida International Univ. Univ. of Virginia Univ. of North Carolina at Chapel Hill		B
63	2012	進行中	Nanosystems ERC for Nanomanufacturing Systems for Mobile Computing and Mobile Energy Technologies (NASCENT) http://www.nascent-erc.org/	Univ. of Texas at Austin Univ. of New Mexico Univ. of California at Berkeley		A
64	2012	進行中	Nanosystems ERC for Translational Applications of Nanoscale Multiferroic Systems (TANMS) http://www.tanms.ucla.edu/	Univ. of California at Los Angeles Cornell Univ. California State Univ. at Northridge Univ. of California at Berkeley		M

■報告書作成担当■

木村 英紀	上席フェロー	(システム科学ユニット)
富川 弓子	フェロー	(システム科学ユニット)
藤井 新一郎	フェロー	(システム科学ユニット)

※お問い合わせ等は下記ユニットまでお願いします。

CRDS-FY2014-RR-02

平成26年度調査報告書

米国のEngineering Research Centers (ERC) － 融合型研究センターのFederal Flagship Scheme －

平成 26 年 9 月 September 2014

ISBN978-4-88890-409-4

独立行政法人科学技術振興機構 研究開発戦略センター システム科学ユニット
Systems Science Unit, Center for Research and Development Strategy
Japan Science and Technology Agency

〒 102-0076 東京都千代田区五番町 7 番地 K's 五番町
電 話 03-5214-7481
ファックス 03-5214-7385

<http://www.jst.go.jp/crds/report>

© 2014 JST/CRDS

許可無く複写／複製することを禁じます。

引用を行う際は、必ず出典を記述願います。

No part of this publication may be reproduced, copied, transmitted or translated without written permission.

Application should be sent to crds@jst.go.jp. Any quotations must be appropriately acknowledged.
