

ATTAAT A AAGA CCTAACT CTCAGACC
AAT A TCTATAAGA CTCTAACT
CTCGCC AATTAATA
TTAATC A AAGA CCTAACT CTCAGACC
AAT A TCTATAAGA CTCTAAC
TGA CCTAACT CTCAGACC

CRDS-FY2011-CR-01

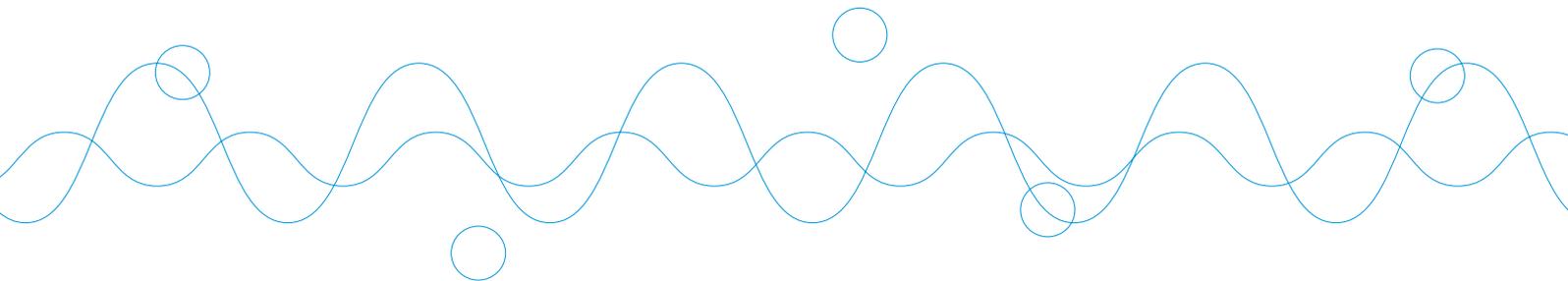
G-TeC報告書

iPS細胞を巡る国際動向と今後の研究展開

G-TeC Report

Global Trends Surrounding iPS Cells
and Their Research Directions

0101 000111 0101 00001
001101 0001 0000110
0101 11
0101 000111 0101 00001
001101 0001 0000110
0101 11
00110 11111100 00010101 011



独立行政法人科学技術振興機構 研究開発戦略センター
Center for Research and Development Strategy Japan Science and Technology Agency

エグゼクティブサマリー

第4期科学技術基本計画（2011年8月に閣議決定）の中で、成長をもたらす原動力として「ライフイノベーション」及び「グリーンイノベーション」という二つの柱が明確に位置付けられた。医療・介護・健康を対象とするライフイノベーション、エネルギー・環境を対象とするグリーンイノベーションの推進が、震災からの復興等と並んで、今後5年間（2011年～2015年）の重点目標となる。

科学技術によるイノベーションを重視する動きは、欧米先進国に共通して見られる。少子高齢化や地球温暖化などの高度で複雑な課題が顕在化し、その解決には従来の延長線上に無い新たな取り組みが必要となることが背景にある。社会課題の本質的解決に向け、未踏の科学原理や革新技术の創出が求められている。

こうした流れの代表として、ライフイノベーションにつながる「iPS細胞（Induced Pluripotent Stem Cells；人工多能性幹細胞）」の動きが注目される。

京都大学・山中伸弥教授のグループが、受精卵や胚性幹細胞を用いずに、体を構成する全ての組織や臓器に分化する可能性を持つ万能細胞を初めて作り出した。2006年にマウスの線維芽細胞（皮膚の成分を作る細胞）から、2007年にヒトの線維芽細胞から、iPS細胞を作成することに成功している。

その結果、iPS細胞を含む幹細胞を用いたライフイノベーションへの期待が大きく高まった。各国・地域でのメディア報道に象徴されるように、生命倫理上の障壁が低く、患者自身の体から作れるために拒絶反応を抑制できるiPS細胞は、再生医療の切り札として社会の注目を集めている。加えて、生命の仕組みの解明、疾患研究や創薬など、基礎研究から臨床研究、さらには産業応用につながる幅広い活用が期待されることから、科学技術によるイノベーションをもたらす有望な選択肢として、研究開発の促進・強化が求められる。

実際を上記事態を受けて、各国・地域においてiPS細胞を巡る研究活動が活発化している。日本では、文部科学省が2008年度本予算で約30億円を確保（前年度比約10倍）し、これに続く2008年度補正予算では約15億円、2009年度本予算では約45億円、さらに2009年度補正予算では約100億円を措置するなど、重点的財政投入が図られた。

こうした研究投資が展開される一方で、個々の研究現場に入ると、「iPS細胞が研究全体に及ぼすインパクト」への高い評価と共に、「実用化までの多様な研究課題の存在」を指摘する声が見つかる。これらは、iPS細胞がライフイノベーションをもたらす大きな可能性を持つことに加え、その活用には広範かつ長期に渡る研究が必要となることを示唆する。

したがって上記想定に立てば、日本発の画期的発明であるiPS細胞を社会において最大限活用するために、その前提として「実用化までの多様な課題を克服し、iPS細胞をイノベーションにつなげていく長期シナリオ」を構築しなければならない。

そこで、以上の背景に応えるため、「iPS細胞を巡る国際動向と今後の研究展開」をテーマとする「G-T e C（Global Technology Comparison）」を行った。G-T e Cは、重要な科学技術動向に焦点を当て、各国・地域の状況を分析することで日本のポジションを確認し、今後取るべき戦略の立案に貢献することをミッションとする。

調査には、公開情報に基づく基礎調査、米欧での海外現地会合などの手法を用いた。第一に、文献・特許データなどをもとに、各国・地域における注目機関を特定した。第二に、特定した機関との会合を持ち、iPS 細胞を巡る研究動向を追跡した。第三に、会合結果を踏まえ、「iPS 細胞をイノベーションにつなげるシナリオ」を構築するための要件を抽出した。その上で、第四に、現地会合後の各国・地域の状況をフォローすることで、抽出した要件の妥当性を分析した。

得られた結果をまとめると、次のようになる。

- 1) 京都大学・山中伸弥教授のグループが、体を構成する全ての組織や臓器に分化する可能性を持つ iPS 細胞を開発した。この発明が、各国・地域でのライフイノベーションを目指す動きに繋がっている。
 - 2) iPS 細胞によるイノベーションは、2つの大きな流れで整理できる。第一が「創薬への展開」であり、薬の効果や疾患モデルを研究するツールとして用いる取り組みになる(第二の流れについては、7項で説明する)。
 - 3) iPS 細胞は、多様かつ多数の幹細胞を作製することが可能で、ES 細胞 (Embryonic Stem Cells ; 胚性幹細胞) と比較し、使用面での生命倫理上の障壁が低い。新薬候補物質のスクリーニングや疾患モデルを研究するツールとして優れた特徴を持つ。
 - 4) iPS 細胞を用いることで研究初期段階でのスクリーニングやスクリーニング精度の向上を実現できれば、創薬の成功確率が大きく高まる。このため、企業が幹細胞に注目するようになった。
 - 5) 特に、患者由来の iPS 細胞の可能性に期待しており、欧米企業の研究参画が広がっている。
- グラクソスミスクラインは、2008年に、iPS 細胞などの幹細胞を創薬に適用するため、ハーバード幹細胞研究所との連携を構築。神経疾患、心臓病、癌、糖尿病、筋骨格疾患、肥満の6領域が対象。
 - ファイザーは、2008年に、iPS 細胞などの幹細胞を創薬に適用していく新部門を社内に設置。
 - ノバルティスは、2009年に、iPS 細胞などの幹細胞を創薬に適用するため、ハーバード幹細胞研究所との連携を構築。
 - ロシュは、2009年に、iPS 細胞などの幹細胞を創薬に適用することを目的に、マサチューセッツ総合病院及びハーバード大学との連携を構築。代謝性疾患や心臓血管疾患が最初のターゲット。

- アストラゼネカは、2010年に、iPS細胞などの幹細胞を疾患モデル研究に適用するため、ジョスリン糖尿病センターとの連携を構築。2型糖尿病が対象。
- 6) これらの動きから、iPS細胞をライフィノベーションにつなげる第一の方策として、「iPS細胞を活用することで創薬の成功確率を高め、イノベーションを促進していく」というシナリオが導き出されることになる。本シナリオに製薬企業が強い関心を示していることを、米欧の複数機関が指摘した。
- 7) 第二の流れが「医療への展開」になる。2009年5月に、本分野での中核を担う米国国立衛生研究所が「iPS細胞を用いた新たな展開 (Promise of Induced Pluripotent Stem Cells)」をテーマとするワークショップを開催した。
- 8) 国立衛生研究所の各部門に加え、ハーバード大学、マサチューセッツ総合病院、マサチューセッツ大学、カリフォルニア大学サンフランシスコ校、スタンフォード大学、ソーク研究所などが参加している。
- 9) 本ワークショップでの議論を通じ、以下の方向が示された。
 - iPS細胞の研究は急速に進展していく。創薬、医療、そのための疾患モデルの研究において多用な展開が期待される。
 - iPS細胞は、低分子の同定や分子経路などを発見するツールとして、薬の効果や疾患モデルの研究に活用されていく。
 - 一方、再生医療への展開においては、更なる検討が必要になる。iPS細胞の生成過程について未解明な事項が存在しており、医療全般に展開していく前提として、iPS細胞の品質評価・管理のための継続的な研究が求められる。
 - このため、今後数年間は、疾患モデルの研究や損傷組織の部分再生への適用を図りながら、本格展開に向けた基盤研究に取り組んでいくことが想定される。
- 10) 以上から、ライフィノベーションにつなげるもう一つの道筋として、「必要な基盤研究を継続しながら、“疾患モデルの研究や細胞の部分再生”から“再生医療の本格展開”へとつなげていく」というシナリオが導き出されることになる。
- 11) つまり、iPS細胞によるライフィノベーションは、二つの大きな流れで整理できる。
 - 第一の流れが「創薬への展開」であり、iPS細胞を薬の効果や対象になる疾患モデルを研究するツールとして用いる取り組みになる。製薬企業と連携した新薬の探索が、代表的動きとして挙げられる。

- 第二の流れが「医療への展開」であり、これらの取り組みには「テーラーメイド型の再生医療（拒絶反応の抑制が可能な“患者自身の iPS 細胞を用いた再生医療”）」に対する期待が含まれる。
- 12) 上記二つの流れについて、先に創薬の動きが起こり、次に医療へと広がるという認識は、米欧で現地会合を持った複数の機関に共通していた。
- 13) すなわち、iPS 細胞は最初に創薬の分野で、次いで医療においてライフイノベーションを促す力を持つ。そのために、前提となる「“分化万能性”や“品質評価・管理”に関わる基盤研究」に継続して取り組んでいく必要がある。
- 14) 実際に、こうしたニーズに応えた iPS 細胞への研究支援が拡大している。米国全体としての連邦政府のファンディングを担う国立衛生研究所は、iPS 細胞関連に対し、2009 年度は 5,750 万ドル、2010 年度は 1 億 6,170 万ドルの研究資金を投じた。
- 15) 上記を反映し、国立衛生研究所の 15 部門が iPS 細胞に関与しており、「心肺血液」「神経疾患・脳卒中」「精神衛生」「関節炎・骨格筋・皮膚疾患」などを中心に、多様な用途での研究支援を行っている。
- 16) 連邦政府に加え、州政府の動きも広がっている。カリフォルニア州は、2004 年に設立したカリフォルニア再生医療機構の下で、iPS 細胞関連のファンディングを展開している。本調査の分析で、少なくとも 9,190 万ドルの研究投資が行われていることを確認した。
- 17) これらに加え、ニューヨーク州では少なくとも 1,480 万ドル、コネチカット州では少なくとも 380 万ドルの研究投資が行われている。
- 18) 欧州においても、iPS 細胞関連のファンディングが見つかる。例えば、英国の医学研究会議とバイオテクノロジー生物科学研究会議は複数の研究プラットフォームを支援しており、この中で、細胞の再プログラム等の基礎研究に加え、iPS 細胞を用いた新薬候補物質のスクリーニングや毒性試験に関する研究が展開されている。
- 19) 以上のように、iPS 細胞が出現したことで、産業界の幹細胞への関心が高まり、企業が研究に参画するようになった。こうした動きに呼応するように、ファンディングや研究支援対象も拡大している。
- 20) その結果、研究に産業ニーズを取り込む流れが強まり、適用対象が広がり、研究全体を活性化する好循環がもたらされる。
- 21) 幹細胞の研究全体を活性化するこれらの効果を活かし、iPS 細胞によるライフイノベーションの実現に向け、研究コミュニティの総力を結集した取り組みが期待される。

Executive Summary

G-TeC (Global Technology Comparison) was done on the theme of “iPS cells (induced pluripotent stem cells)”.

G-TeC has the mission to contribute for creating R&D Strategies and/or Science & Technology Policies, by gathering various evidences through surveys. In principle, for gathering evidences, we use three-stepped approaches consisting of basic surveys and site visits.

- At the first step, through basic surveys, we investigate trends and movements of “policies & funding” and “institutes & human resources”, both at academia-sides and industry-sides.
- At the second step, through site visits, we have meetings with top-class research institutes, funding agencies, and other related organizations in the world, and extract important issues for selected research themes.
- Then, at the third step, we evaluate our findings gathered through basic surveys and site visits, and to identify priorities as evidences for creating R&D Strategies and/or Science & Technology Policies.

In this G-TeC, we set two objectives. First, we investigated trends & movements surrounding iPS cells, about their funding and research directions. And second, based on these investigations, we considered promising scenarios for utilizing iPS cells toward life science innovation.

Main results are as follows.

- 1) The invention of iPS cells has enhanced research activities globally, toward life science innovation.
- 2) iPS cells promote life science innovation through two promising scenarios. One is “drug discovery”, and another is “regenerative medicine”.
- 3) The first scenario is “application to drug discovery”, where iPS cells can work as excellent tools to investigate drug effects and disease models.
- 4) That is because, in comparison with ES cells (embryonic stem cells), their ethics barrier for utilization is much lower, and capability of cell differentiation is rather higher.
- 5) This means, by utilizing iPS cells, drug screening at early stages can be achieved. And also, screening accuracy can be highly improved.
- 6) As the result, it is expected that success rate of drug discovery should be increased dramatically.
- 7) Therefore, pharmaceutical companies have come to strengthen their research

activities about stem cells. Especially, they are interested in wider applicability of patient-derived iPS cells.

- 8) According to press releases and top journals such as Nature, the following companies have strengthened their research activities about iPS cells.
 - GlaxoSmithKlein entered into research collaboration with Harvard Stem Cell Institute in 2008. A major purpose of their collaboration is applying iPS cells to drug discovery, in areas of neuroscience, heart disease, cancer, diabetes, musculoskeletal diseases and obesity.
 - Pfizer launched their own group for stem cell research in 2008. A major mission of the group is applying iPS cells to drug discovery.
 - Novartis entered into research collaboration with Harvard Stem Cell Institute in 2009. Similar to GlaxoSmithKlein, a major purpose of their collaboration is applying iPS cells to drug discovery.
 - Roche entered into research collaboration with Massachusetts General Hospital and Harvard University in 2009. In this case, a major purpose of their collaboration is applying iPS cells to drug discovery, in areas of metabolic disorders and cardiovascular disease.
 - Besides, AstraZeneca entered into research collaboration with Joslin Diabetes Center in 2010. A major purpose of their collaboration is applying iPS cells to disease model research, in areas of type 2 diabetes.
- 9) Considering these movements by pharmaceutical companies, it is supported that “application to drug discovery” is promising, where iPS cells can increase success rate of drug discovery and promote life science innovation.
- 10) The second scenario is “application to regenerative medicine”, that includes “tailor-made medicine” by patient-derived iPS cells.
- 11) In 2009, National Institutes of Health (NIH) held the workshop titled with “Promise of Induced Pluripotent Stem Cells”, and discussed about regenerative medicine.
- 12) At the workshop, potentiality of iPS cells was discussed on numerous applications by NIH and other key organizations, such as Harvard University, Massachusetts General Hospital, University of Massachusetts, University of California San Francisco, Stanford University and Salk Institute for Biological Studies.
- 13) Among discussions, the following points are extracted as key issues for the second scenario.
 - Researches of iPS cells are evolved rapidly, and various application is expected both for drug discovery and regenerative medicine.

- “Application to drug discovery” is realized immediately, from early stages at their research roadmap. iPS cells are useful tools for finding new molecular pathways and/or identifying small molecules.
 - On the other hand, “application to regenerative medicine” is infant. Many advances are requested toward clinical application, including continuous researches about processing and characterization.
 - Therefore, over next several years, “pathophysiology of disease at molecular level” and/or “replacement of damaged-cells caused by diseases” are applicable targets in regenerative medicine.
- 14) Considering above discussions, it is supported that “application to regenerative medicine” is promising. However, in order to realize full-application in this field, fundamental researches are indispensable, especially for processing and characterization of iPS cells.
 - 15) Toward life science innovation by these promising scenarios, supportive environments surrounding iPS cells has been strengthened and expanded.
 - 16) In U.S., as federal government funding, NIH invested to iPS cells 57.5 million dollars in the fiscal year of 2009, and 161.7 million dollars in the fiscal year of 2010.
 - 17) At this survey, corresponding to NIH funding, it was confirmed that 15 institutes at NIH have been engaged in iPS cells, in order to enhance various research fields such as “Heart, Lung and Blood”, “Neurological Disorders and Stroke”, “Mental Health” and “Arthritis, Musculoskeletal and Skin Diseases”.
 - 18) In addition to federal government funding, states governments have also funded iPS cells. At this survey, it was found that State of California has already invested at least 91.9 million dollars through California Institute for Regenerative Medicine.
 - 19) Besides, it was also found that New York State has invested 14.8 million dollars at least, and State of Connecticut has invested 3.8 million dollars at least, respectively.
 - 20) In U.K., Medical Research Council and Biotechnology and Biological Sciences Research Council have supported research platforms of iPS cells.
 - 21) At these platforms, various researches of iPS cells have been done, such as basic researches on cell reprogramming and researches on screening and toxicology for drug discovery.
 - 22) As illustrated above, iPS cells have activated industrial concerns with stem cells, and have promoted supportive environments of their researches. Therefore, by utilizing iPS cells, great advancement can be expected toward life science innovation.

目 次

エグゼクティブサマリー

1. 目的及び方法.....	1
2. 調査結果.....	3
2.1 iPS 細胞を巡る産業界の動向.....	5
2.2 iPS 細胞を巡るファンディング動向.....	11
2.2.1 米国国立衛生研究所.....	14
2.2.2 カリフォルニア再生医療機構.....	43
2.2.3 ニューヨーク州政府.....	64
2.2.4 コネチカット州政府.....	66
2.2.5 英国バイオテクノロジー生物科学研究会議.....	68
3. 調査結果の総括.....	70

1. 目的及び方法

第4期科学技術基本計画（2011年8月に閣議決定）の中で、成長をもたらす原動力として「ライフイノベーション」及び「グリーンイノベーション」という二つの柱が明確に位置付けられた。医療・介護・健康を対象とするライフイノベーション、エネルギー・環境を対象とするグリーンイノベーションの推進が、震災からの復興等と並んで、今後5年間（2011年～2015年）の重点目標となる。

科学技術によるイノベーションを重視する動きは、欧米先進国に共通して見られる。少子高齢化や地球温暖化などの高度で複雑な課題が顕在化し、その解決には従来の延長線上に無い新たな取り組みが必要となることが背景にある。社会課題の本質的解決に向け、未踏の科学原理や革新技術の創出が求められている。

こうした流れの代表として、ライフイノベーションにつながる「iPS細胞（Induced Pluripotent Stem Cells；人工多能性幹細胞）」の動きが注目される。

京都大学・山中伸弥教授のグループが、受精卵や胚性幹細胞を用いずに、体を構成する全ての組織や臓器に分化する可能性を持つ万能細胞を初めて作り出した。2006年にマウスの線維芽細胞（皮膚の成分を作る細胞）から、2007年にヒトの線維芽細胞から、iPS細胞を作成することに成功している。

その結果、iPS細胞を含む幹細胞を用いたライフイノベーションへの期待が大きく高まった。各国・地域でのメディア報道に象徴されるように、生命倫理上の障壁が低く、患者自身の体から作れるために拒絶反応を抑制できるiPS細胞は、再生医療の切り札として社会の注目を集めている。加えて、生命の仕組みの解明、疾患研究や創薬など、基礎研究から臨床研究、さらには産業応用につながる幅広い活用が期待されることから、科学技術によるイノベーションをもたらす有望な選択肢として、研究開発の促進・強化が求められる。

実際の上記事態を受けて、各国・地域においてiPS細胞を巡る研究活動が活発化している。日本では、文部科学省が2008年度本予算で約30億円を確保（前年度比約10倍）し、これに続く2008年度補正予算では約15億円、2009年度本予算では約45億円、さらに2009年度補正予算では約100億円を措置するなど、重点的財政投入が図られた。

こうした研究投資が展開される一方で、個々の研究現場に入ると、「iPS細胞が研究全体に及ぼすインパクト」への高い評価と共に、「実用化までの多様な研究課題の存在」を指摘する声が見つかる。これらは、iPS細胞がライフイノベーションをもたらす大きな可能性を持つことに加え、その活用には広範かつ長期に渡る研究が必要となることを示唆する。

したがって上記想定に立てば、日本発の画期的発明であるiPS細胞を社会において最大限活用するために、その前提として「実用化までの多様な課題を克服し、iPS細胞をイノベーションにつなげていく長期シナリオ」を構築しなければならない。

そこで、以上の背景に応えるため、「iPS細胞を巡る国際動向と今後の研究展開」をテーマとする「G-T e C（Global Technology Comparison）」を行った。G-T e Cは、重要な科学技術動向に焦点を当て、各国・地域の状況を分析することで日本のポジションを確認し、今後取るべき戦略の立案に貢献することをミッションとする。

本調査では、G-T e Cの目的を次のように定めた。

- ・ 各国・地域における iPS 細胞を巡る「産業界」や「企業」の動向分析
- ・ 各国・地域における iPS 細胞を巡る「ファンディング機関」の動向分析
- ・ 各国・地域における iPS 細胞を巡る「注目研究機関」の動向分析
- ・ これらに基づく「iPS 細胞をライフィノベーションにつなげるシナリオ」の検討

調査方法には、「基礎調査（各種公開情報に基づく各国・地域における“政策・資金”“機関・人材”の動向分析）」及び「海外現地会合（米欧における注目機関のリーダー等との討議）」などの手法を用いた。

具体的には、第一に、文献・特許データなどをもとに、各国・地域における注目機関を特定した。

第二に、特定した機関との会合を持ち、iPS 細胞を巡る研究動向を追跡した。

第三に、会合結果を踏まえ、「iPS 細胞をイノベーションにつなげるシナリオ」を構築するための要件を抽出した。

その上で、第四に、現地会合後の各国・地域の状況をフォローすることで、抽出した要件の妥当性を分析した。

海外現地会合を持った主な機関として、米英で活動する以下の大学、研究所が挙げられる。

▽米国

- ・ 国立衛生研究所（National Institutes of Health）
- ・ カリフォルニア再生医療機構（California Institute for Regenerative Medicine）
- ・ ハーバード幹細胞研究所（Harvard Stem Cell Institute）

▽英国

- ・ 医学研究会議（Medical Research Council）
- ・ バイオテクノロジー生物科学研究会議（Biotechnology and Biological Sciences Research Council）
- － ケンブリッジ大学・ウェルカムトラスト幹細胞研究センター（University of Cambridge, Wellcome Trust Centre for Stem Cell Research）
- ・ オックスフォード大学・オックスフォード幹細胞機構（Oxford Stem Cell Institute）

得られた調査結果を、以下にまとめる。

2. 調査結果

最初に、米欧の注目機関と会合を持ち、iPS 細胞がライフィノベーションに及ぼすインパクトについて議論した。その結果、iPS 細胞の出現により、幹細胞を巡る環境に二つの大きな変化がもたらされていることが分かった。

第一が、「産業界の関心の高まり」である。iPS 細胞が誕生したことで幹細胞への関心が高まり、企業が研究に参画する動きが拡大した。英国の主要機関であるケンブリッジ大学・ウェルカムトラスト幹細胞研究センターは、こうした状況を次のように説明している。

- 過去 20 年以上に渡り、製薬企業などに幹細胞研究への参画を呼びかけてきたが、企業側の関心はほとんど得られなかった。
- iPS 細胞の出現が、こうした状況を一変させた。大手製薬企業が幹細胞研究に参画するようになっており、その対象には iPS 細胞のほかに ES 細胞 (Embryonic Stem Cells ; 胚性幹細胞) も含まれる。
- iPS 細胞の開発は、幹細胞研究への産業界の関心を大きく高める効果をもたらしている。

第二が、「政策面の関心の高まり」である。iPS 細胞という新たな選択肢を得たことで、ファンディングや研究支援の対象が拡大した。英国医学研究会議はファンディング機関の立場から、こうした状況を次のように捉えている。

- iPS 細胞の誕生が、幹細胞研究全体への政策的関心を高める効果をもたらしている。
- 再生医療などを実現する上で、ES 細胞に加え、iPS 細胞という新たな選択肢が出現したことが大きい。
- さらに、iPS 細胞は、創薬や疾患モデルを研究するツールとしても重要な役割を果たす。

上記二つの変化については、米国の主要機関である国立衛生研究所、ハーバード幹細胞研究所、カリフォルニア再生医療機構なども同様の見解を示している。そこで、iPS 細胞がライフィノベーションに及ぼすインパクトとして、以下の仮説を定めた。

- 1) iPS 細胞の出現により、産業界の幹細胞への関心が高まり、企業が研究に参画する動きが拡大していく。
- 2) iPS 細胞の出現により、幹細胞への政策的関心が高まり、ファンディングや研究支援の対象が拡大していく。
- 3) その結果、研究に産業ニーズを取り込む流れが強まり、研究の適用対象が広がり、幹細胞を用いたライフィノベーションが促進されていく。

上記仮説が妥当であれば、第一に「製薬企業を中心とする産業界の研究への参画」、第二に「ファンディング機関を中心とする研究支援の多様化」が継続して進展していくことになる。

そこで、米欧での現地会合前後の時系列の動きを重点に、幹細胞を巡る各国・地域の動向を詳細に分析することで、定めた仮説の有効性を検証した。

以下に、実施した調査内容及び得られた結果を、項目毎にまとめて示す。

2.1 iPS 細胞を巡る産業界の動向

産業界へのインパクトを検証するため、京都大学・山中伸弥教授のグループが iPS 細胞の作成に成功した 2007 年を起点に、その後の動向を追跡した。

その結果、2008 年以降、企業が幹細胞研究に取り組む動きが拡がりを見せていることが分かった。2008 年から 2010 年にかけて、グラクソスミスクライン、ファイザー、ノバルティス、ロシュ、アストラゼネカの製薬企業 5 社が、相次いで幹細胞研究のための新体制を構築している。

これらの動きを時系列で整理すると、次のようになる。

a) グラクソスミスクライン

グラクソスミスクラインは、2008 年にハーバード幹細胞研究所との連携を構築した。自社のプレスリリースの形で、2008 年 7 月に下記内容が発表されている。

- グラクソスミスクラインは、創薬のための幹細胞科学を対象に、ハーバード幹細胞研究所との連携を構築した。
- 幹細胞科学は、スクリーニングなどの創薬の手法を革新する大きな可能性を持つ。このため、ハーバード幹細胞研究所に対し、5 年間で 2500 万ドル以上の研究支援を行う。
- 研究ターゲットとして、神経疾患、心臓病、癌、糖尿病、筋骨格疾患、肥満の 6 領域を取り上げる。

その後、2009 年 11 月の「Nature Biotechnology, Vol.27, No.11, p.977-p.979, “The gold rush for induced pluripotent stem cells”」で、下記内容が報じられている。

- グラクソスミスクラインとハーバード幹細胞研究所の連携は、iPS 細胞やヒト ES 細胞を含む幹細胞を、創薬のツールとして用いることを目的とする。

また、2009 年 11 月に実施したハーバード幹細胞研究所との現地会合で、以下の状況を把握した。

- グラクソスミスクラインとハーバード幹細胞研究所の連携は、iPS 細胞を含む幹細胞を創薬や疾患メカニズムの研究に適用することを目的としている。
- 本連携は、再生医療を対象としたものではない。

以上から、iPS 細胞などの幹細胞を創薬のツールとして活用するため、グラクソスミスクラインがハーバード幹細胞研究所と連携した流れが確認できる。

b) ファイザー

ファイザーについては、2009年11月の「Nature Biotechnology, Vol.27, No.11, p.977-p.979, “The gold rush for induced pluripotent stem cells”」の中で、下記内容が報じられている。

- ファイザーは、2008年11月に、幹細胞を対象とする新たな部門を設置した。
- ファイザーでは、従来も社内の安全性部門において、iPS細胞を用いた毒性評価の研究が行われてきた。
- これに対し、新部門は、創薬への適用に特化したiPS細胞やヒトES細胞の研究に取り組む。

ファイザーの場合、自社内に専門部門を立ち上げる形で、iPS細胞などの幹細胞を創薬のツールとして活用する研究が展開されていることになる。

c) ノバルティス

ノバルティスは、2009年にハーバード大学との連携を構築した。ハーバード大学・技術開発部門のプレスリリースの形で、2009年12月に下記内容が発表されている。

- ノバルティスとハーバード大学は、幹細胞分野での初めての連携を構築した。
- ノバルティスは、iPS細胞やES細胞などの幹細胞を創薬のツールとして活用することを目的に、ハーバード幹細胞研究所に対し、複数年に渡る大規模な研究支援を行う。
- これらの支援に加え、研究ターゲットとする薬が前臨床や臨床段階に入った場合は、成果達成報酬として新たな資金提供を行う。

グラクソスミスクラインのケースと同様に、ノバルティスとハーバード幹細胞研究所の間にも、iPS細胞などの幹細胞を創薬に適用するための研究連携が構築されていることが分かる。

d) ロシュ

ロシュは、2010年にマサチューセッツ総合病院及びハーバード大学との連携を構築した。幹細胞などに関する自社方針をまとめた「Roche Position on Human Stem Cells and Cloning」の中に、下記内容が記載されている。

- ロシュは、幹細胞を創薬に適用することを目的に、マサチューセッツ総合病院及びハーバード大学との連携を構築した。

- 3年～5年の連携を基本に、代謝性疾患や心臓血管疾患を最初の研究ターゲットとして位置付ける。

また、上記に対応し、2010年2月の「Nature, Vol.463, No.7282, p.719, “Testing time for stem cells, Industry turns to cell lines for drug screens”」の中で、下記内容が報じられている。

- ロシュは、心臓血管疾患などの新薬のスクリーニングに幹細胞を適用することを目的に、マサチューセッツ総合病院及びハーバード大学との連携を構築した。
- 2000万ドル規模の取り決めを交わし、本取り決めの下で、マサチューセッツ総合病院及びハーバード大学が患者由来のiPS細胞やES細胞を用いた研究を展開する。
- 3年～5年の連携を基本に、マサチューセッツ総合病院及びハーバード大学の研究から得られたスクリーニング結果の有効性に応じ、ロシュが成果達成報酬を支払う。

グラクソスミスクライン、ノバルティスに続き、ロシュもiPS細胞などの幹細胞を創薬のツールとして活用するための研究連携を構築している。

e) アストラゼネカ

アストラゼネカは、2010年にジョスリン糖尿病センターとの連携を構築した。自社のプレスリリースの形で、2010年12月に下記内容が発表されている。

- アストラゼネカは、2型糖尿病の疾患モデルなどの研究ツールとして幹細胞を用いることを目的に、ジョスリン糖尿病センターとの連携を構築した。
- 最初の4年間で、健常者及び糖尿病患者から得られたiPS細胞を用い、膵臓のベータ細胞を作り出す。その上で、これらを用い糖尿病の原因や発生機構を解明していく。

アストラゼネカもすでに研究連携を構築し、iPS細胞を用いた病理研究を開始している。以上の分析結果から、2008年から2010年にかけて、グラクソスミスクライン、ファイザー、ノバルティス、ロシュ、アストラゼネカの5社が、相次いで新体制を構築していることが確認できる。また、こうした取り組みの中で、iPS細胞が重要な位置を占めていることが分かる。

さらに、iPS細胞との関係が特定できないケースまで範囲を広げると、サノフィアベンティスの連携も見つかる。

f) サノフィアベンティス

サノフィアベンティスは、2009年3月に、ソーク研究所との連携を構築した。双方からのプレスリリースの形で、下記内容が発表されている。

- サノフィアベンティスは、幹細胞研究を主対象に、ソーク研究所との連携を構築した。
- 5年間を目処にソーク研究所の幹細胞施設や研究者への資金援助を行い、再生医療分野における診断や治療の研究を支援する。

これらの動きを総合すると、2007年にiPS細胞が出現したことで幹細胞への関心が高まり、企業の研究参画が拡大していった経緯が見て取れる。個々の取り組みを比較し、一覧表にまとめて示した(図表1)。

関連する調査結果と合わせ、iPS細胞を巡る産業界の動向を考察すると、次のポイントが導き出される。

- 1) iPS細胞の誕生により幹細胞への産業界の関心が高まり、企業の研究参画が拡大している。
- 2) 本調査の範囲でも、製薬企業6社の幹細胞研究への参画が確認された。この内の4社が、「幹細胞を創薬の研究ツールに用いる」ことを目的として明示している。
- 3) iPS細胞が出現したことで、物質のスクリーニングや疾患モデルを研究するツールとして、幹細胞の有効性が高まったことが大きな背景としてある。
- 4) 特に、患者由来のiPS細胞を創薬に適用していくことが期待されている。

実際に、グラクソスミスクラインやアベンティスが連携相手に選んだハーバード幹細胞研究所との会合では、以下の見解が示された。

- iPS細胞が出現したことで、幹細胞への産業界の関心が大きく高まっている。
- ES細胞と比較した場合、iPS細胞は使用面での生命倫理上の障壁が低く、多様かつ多数の幹細胞を利用できる可能性を持つことが理由として挙げられる。
- 特に、製薬企業において、創薬のスクリーニングシステムとして患者由来のiPS細胞を用いることへのニーズが高い。
- 患者由来のiPS細胞を活用することで、研究初期段階のスクリーニングやスクリーニング精度の向上を実現し、創薬の成功確率を大幅に高めていくことが狙いとなっている。

中核機関であるハーバード幹細胞研究所の見解からも、iPS 細胞を創薬に適用する動きが裏付けられる。

ハーバード幹細胞研究所は、ハーバード大学の 9 部門（医科大学院、公衆衛生大学院、工学応用科学部など）、関連する 11 の病院・研究機関（この中に、ロシュと連携したマサチューセッツ総合病院、アストラゼネカと連携したジョスリン糖尿病センターが含まれる）が協働する形で 2004 年に設立された。基礎研究から臨床応用までカバーした研究コミュニティを母体に、幹細胞科学に基づく再生医療や創薬の研究を展開している。

独自のインフラとして療法スクリーニングセンター (Therapeutic Screening Center) が設置されており、幹細胞を評価ツールに用い、新たな療法につながる候補物質として、低分子化合物、複合材料、遺伝子生成物、タンパク質などをスクリーニングする機能を持つ。そのために、試料作成から分析評価までの全工程をカバーする一連の装置が整備されている。

この他に、セルラーダイナミクス (Cellular Dynamics International) とロシュの両者も、iPS 細胞の創薬への展開を図っている。

セルラーダイナミクスは、幹細胞から得た細胞組織を製造・供給する企業である。中核研究者の一人であるウィスコンシン大学マディソン校のジェームズ・トムソン博士らの研究成果を基盤としており、トムソン博士が創業者及び経営陣の双方に名を連ねる。iPS 細胞から作製した心筋細胞を毒性評価のツールとして供給していることが、2009 年 11 月の Nature Biotechnology や 2010 年 5 月の MIT Technology Review で報道されている。

このセルラーダイナミクスとの関係を、自社方針をまとめた「Roche Position on Human Stem Cells and Cloning」の中で、ロシュは次のように説明している。

- 2008 年 3 月に、セルラーダイナミクスが iPS 細胞や ES 細胞から心筋細胞を作製し、ロシュに供給していくための検討体制を構築した。
- 2009 年 7 月には、新薬候補物質の心臓への副作用を評価するツールに用いることを目標に、連携範囲を拡大した。
- 2011 年 3 月で連携を完了し、iPS 細胞から作製した心筋細胞をセルラーダイナミクスがロシュに提供する製品供給契約へと移行した。

ここでも、iPS 細胞を創薬に適用する動きが、具体的に進展している様子が見て取れる。

図表 1 幹細胞研究への製薬企業の参画状況

企業名	研究参画状況	
	体制	目的
グラクソスミスクライン	・2008年にハーバード幹細胞研究所との連携を構築	・iPS細胞を含む幹細胞を創薬研究に適用することが目的 ・神経疾患、心臓病、癌、糖尿病、筋骨格疾患、肥満の6領域が対象
ファイザー	・2008年月に幹細胞を対象とする新部門を社内に設置	・iPS細胞を含む幹細胞を創薬研究に適用することが目的
サノフィアベンティス	・2009年にソーク研究所との連携を構築	・幹細胞を再生医療研究に適用することが目的
ノバルティス	・2009年にハーバード幹細胞研究所との連携を構築	・iPS細胞を含む幹細胞を創薬研究に適用することが目的
ロシュ	・2010年にマサチューセッツ総合病院及びハーバード大学との連携を構築	・iPS細胞を含む幹細胞を創薬研究に適用することが目的 ・代謝性疾患や心臓血管疾患が最初の研究ターゲット
アストラゼネカ	・2010年にジョスリン糖尿病センターとの連携を構築	・iPS細胞を含む幹細胞を疾患モデル研究に適用することが目的 ・2型糖尿病が対象

(出典) 各機関プレスリリース、Nature 等での公開情報に基づきJST・CRDSが作成

2.2 iPS細胞を巡るファンディング動向

前項の分析で、iPS 細胞の誕生により幹細胞への産業界の関心が高まり、企業が研究に参画する動きが拡大していることを示した。特徴をまとめると、次のようになる。

- 1) iPS 細胞は、多様かつ多数の幹細胞を作製することが可能で、ES 細胞と比較し、使用面での生命倫理上の障壁が低い。
- 2) このため、iPS 細胞は、新薬候補物質のスクリーニングや疾患モデルを研究するツールとして優れた特徴を持つ。
- 3) 上記に着目し、複数の製薬企業が「iPS 細胞を研究ツールに用いた創薬の研究」に取り組んでいる。特に、患者由来の iPS 細胞の可能性に期待している。
- 4) iPS 細胞を用いることで研究初期段階でのスクリーニングやスクリーニング精度の向上などを実現できれば、創薬の成功確率が大きく高まる。

すなわち、上記に従えば、「iPS 細胞を活用することで創薬の成功確率を高め、ライフイノベーションを促進していく」というシナリオが導き出されることになる。

実際に、本シナリオに製薬企業が強い関心を示していることを、米欧で現地会合を持った複数の機関（例えば、ハーバード幹細胞研究所、カリフォルニア再生医療機構、ケンブリッジ大学・ウェルカムトラスト幹細胞研究センターなど）が指摘した。ただし、シナリオ実現に向けた今後の課題として、以下の検討が重要になることも、合わせて提示している。

- 体細胞などを再プログラムすることで得られる iPS 細胞は、受精卵から得られる ES 細胞と同一の状態になっているのか。つまり、完全に初期化され、分化万能性（培養条件によってあらゆる組織や臓器に分化していく能力）が賦与されているのか。
- ES 細胞と同一でないとすると、患者由来の体細胞などを iPS 細胞に再プログラムする際に、疾患特異性の一部が失われることはないのか。
- 疾患特異性の一部が失われた場合、iPS 細胞を薬の効果や疾患モデルの検討ツールとして用いる上で、どのような問題が生じるのか。
- 以上を踏まえ、iPS 細胞の分化万能性を担保するために、今後、どのような基礎研究に取り組むことが必要になるのか。

したがって、これらを勘案すると、「iPS 細胞を研究ツールに用い、創薬を促進する」、そのために「分化万能性を担保する基礎研究に取り組んでいく」ことが、ライフイノベーションにつながる有望な道筋として浮かび上がってくる。

一方、幹細胞の本来の適用対象である医療分野でも、iPS 細胞がもたらすインパクトが議論されている。

2009年5月に、米国国立衛生研究所が、「iPS細胞を用いた新たな展開 (Promise of Induced Pluripotent Stem Cells)」をテーマとするワークショップを開催した。国立衛生研究所の各部門に加え、ハーバード大学、マサチューセッツ総合病院、マサチューセッツ大学、カルフォルニア大学サンフランシスコ校、スタンフォード大学、ソーク研究所などが参加している。議論を通じ、iPS細胞の医療への展開として、以下の方向が示された。

- iPS細胞の研究は急速に進展していく。創薬、医療、そのための疾患モデルの研究において多様な展開が期待される。
- iPS細胞は、低分子の同定や分子経路などを発見するツールとして、薬の効果や疾患モデルの研究に活用されていく。
- 一方、移植療法 (Transplantation Therapy) への展開においては、更なる検討が必要になる。iPS細胞の生成過程について未解明な事項が存在しており、医療全般に展開していく前提として、iPS細胞の品質評価・管理のための継続的な研究が求められる。
- このため、今後数年間は、疾患モデルの研究や損傷組織の部分再生への適用を図りながら、移植療法のために必要となる基盤研究に取り組んでいくことが想定される。
- 医療への具体的適用として、ハーバード大学では、従来の非肥満糖尿病マウスを用いた研究では探求が困難な糖尿病の疾患モデルを、iPS細胞を用いて根本的に解明する取り組みが行われている (ワークショップ開催時点で、ハーバード幹細胞研究所が糖尿病患者のiPS細胞を作製済みであることが示された)。
- スタンフォード大学では、発症過程の解明が困難な精神障害に着目し、自閉症の疾患モデルの研究に患者由来のiPS細胞を適用することが検討されている。

以上から、ライフイノベーションにつなげるもう一つの道筋として、「医療への展開に必要な基盤研究を継続しながら、“疾患モデルの研究や細胞の部分再生”から“移植療法”へと適用範囲を拡大していく」というシナリオが導き出されることになる。

したがって、iPS細胞によるライフイノベーションは、二つの大きな流れで整理できる。

- 1) 第一の流れが「創薬への展開」であり、iPS細胞を薬の効果や対象になる疾患モデルを研究するツールとして用いる取り組みになる。製薬企業と連携した新薬の探索が、代表的動きとして挙げられる。
- 2) 第二の流れが「医療への展開」であり、これらの取り組みには「テーラーメイド型の再生医療 (拒絶反応の抑制が可能な“患者自身のiPS細胞を用いた再生医療”)」に対する期待が含まれる。

上記二つの流れについて、先に創薬の動きが起こり、次に医療へと広がるという認識は、ワークショップに参加していない他の機関にも共通している。例えば、オックスフォード大学・オックスフォード幹細胞機構は、現地会合で下記認識を示した。

- 創薬のスクリーニングなどに iPS 細胞を活用することで、多くの有意な情報が得られる。
- 疾患モデルの研究ツールへの適用についても、オックスフォードの中で既に複数の動きが見られる。パーキンソン病患者からの iPS 細胞の作製なども行われている。
- 一方、医療への適用を想定した場合、iPS 細胞は技術的に未成熟な段階にある。

また、英国バイオテクノロジー生物科学研究会議との会合では、以下の見解が得られている。

- iPS 細胞については、創薬のスクリーニングや毒性試験、疾患モデルの研究への適用が、最初に広がっていく。

すなわち、iPS 細胞は最初に創薬の分野で、次いで医療においてライフイノベーションを促す力を持つ。そのために、前提となる「“分化万能性”や“品質評価・管理”に関わる基盤研究」に継続して取り組んでいく必要がある。

そこで、こうしたニーズに応えた「iPS 細胞を巡る研究支援状況」を把握するため、米欧で注目されるファンディング動向の詳細を調べた。

2.2.1 米国国立衛生研究所

ライフサイエンス分野において米国全体としての連邦政府のファンディングを担う国立衛生研究所は、2012 年度の予算教書策定段階で、iPS 細胞関連の研究投資額を次のように整理している（図表 2）。

- 2009 年度予算からの研究投資額；2,720 万ドル（実績）
- 2010 年度予算からの研究投資額；1 億 820 万ドル（実績）
- 2011 年度予算からの研究投資額；1 億 820 万ドル（推定）
- 2012 年度予算からの研究投資額；1 億 1,040 万ドル（推定）
- 米国再生・再投資法に基づく研究投資額；8,380 万ドル（実績）
 - 内、2009 年度充当分；3,030 万ドル
 - 内、2010 年度充当分；5,350 万ドル

米国再生・再投資法も含め、2009 年度（2008 年 10 月～2009 年 9 月）には 5,750 万ドル、2010 年度（2009 年 10 月～2010 年 9 月）には 1 億 6,170 万ドルの研究投資が行われたことが分かる。2011 年度以降も、1 億ドルを超える規模で研究投資を行う計画となっている。

投資対象を明らかにするため、国立衛生研究所の公開検索システムである「Research Portfolio Online Reporting Tools (RePORT)」を用い、実際にファンディングが行われたプロジェクトの抽出を試みた。検索条件は、次のように定めた。

- 京都大学・山中伸弥教授のグループが iPS 細胞の作成に成功した 2007 年以降の動きとして、2008 年度、2009 年度、2010 年度のファンディング状況を分析。
- 第一に、システム上に設けられた「支援区分 (NIH Spending Category)」に従い、「幹細胞研究 (Stem Cell Research)」に該当する全プロジェクトを抽出。
- 第二に、これらの中から「研究題目 (Project Title)」に iPS 細胞との関わりが明示されているものを特定。
- 第三に、研究題目では明確に判断できないプロジェクトについて、「研究概要 (Abstract Text)」の内容を分析。関わりが確認されたものを iPS 細胞関連プロジェクトとして追加。
- したがって、抽出されたプロジェクトは全体の一部であり、国立衛生研究所がファンディングを行った全ての iPS 細胞関連プロジェクトを表すものではない。

検索の結果、2008 年度のファンディングからは 170 万ドル、2009 年度は 3,220 万ドル、2010 年度は 4,840 万ドル、合わせて 8,230 万ドルの iPS 細胞関連プロジェクトへの研究投資が特定された。特定分について、所掌部門毎の投資額の合計、及び該当のプロジェクト件数をまとめると、次のようになる。

- 国立心肺血液研究所 ; 33,136,531 ドル (41 件)
- 国立神経疾患・脳卒中研究所 ; 13,091,335 ドル (10 件)
- 国立精神衛生研究所 ; 9,754,517 ドル (24 件)
- 国立関節炎・骨格筋・皮膚疾患研究所 ; 4,577,236 ドル (10 件)
- 国立小児保健発達研究所 ; 2,484,820 ドル (9 件)
- 国立糖尿病・消化器・腎疾病研究所 ; 2,280,075 ドル (7 件)
- 国立聴覚・伝達障害研究所 ; 1,278,776 ドル (4 件)
- 国立老化研究所 ; 1,274,810 ドル (4 件)
- 国立歯科・頭蓋顔面研究所 ; 476,973 ドル (3 件)
- 国立眼病研究所 ; 443,217 ドル (2 件)
- 国立アレルギー・感染症研究所 ; 85,750 ドル (1 件)
- 国立癌研究所 ; 979,405 ドル (1 件)
- 国立一般医科学研究所 ; 4,159,691 ドル (9 件)
- 国立画像生物医学・生物工学研究所 ; 999,997 ドル (2 件)
- 所長事務局 (研究所内外の部門横断的活動などを支援) ; 7,243,000 ドル (7 件)

抽出したプロジェクトは全体の一部に止まるが、本調査の範囲だけでも「心肺血液」「神経疾患・脳卒中」「精神衛生」「関節炎・骨格筋・皮膚疾患」などの多様な用途を対象に、iPS 細胞関連の研究支援が拡大している状況が確認できる。

各所掌部門による研究支援の内容を、次項以降にまとめて示した。

図表 2 国立衛生研究所によるiPS細胞関連の研究投資

項目	投資額(百万ドル)					
	年度予算				米国再生・再投資法	
	2009・実績	2010・実績	2011・推定	2012・推定	2009・実績	2010・実績
iPS細胞関連	27.2	108.2	108.2	110.4	30.3	53.5
幹細胞関連全体	1,044.4	1,099.1	1,099.1	1,121.1	186.9	186.8

(出典) 国立衛生研究所「FY2012 Congressional Budget Justification」の情報等に基づき JST・CRDS が作成

a) 国立心肺血液研究所

国立心肺血液研究所 (National Heart, Lung, and Blood Institute) が所掌するファンディングからは、41 件の iPS 細胞関連プロジェクトが抽出された。概要をまとめると、以下のようなになる。

- 1) 2009 年度は 18 件、2010 年度は 23 件 (この内、14 件が 2009 年度からの継続)、累計で 41 件の iPS 細胞関連プロジェクトが特定できる。
- 2) プロジェクト実施主体の構成は、次のようになっている。
 - 2009 年度 ; 大学が 12 件、研究所が 1 件、病院が 5 件
 - 2010 年度 ; 大学が 14 件、研究所が 4 件、病院が 5 件
- 3) 2009 年度に 12,593,344 ドル、2010 年度に 20,543,187 ドル、累計で 33,136,531 ドルの研究資金が投入されている。
- 4) 機関別の投入資金額は、次のようになっている。
 - ボストン小児病院 ; 6,021,127 ドル (累計プロジェクト数 ; 5 件)
 - スタンフォード大学 ; 4,508,786 ドル (累計プロジェクト数 ; 6 件)
 - ジョンズ・ホプキンス大学 ; 4,185,643 ドル (累計プロジェクト数 ; 6 件)
 - ボストン大学メディカルキャンパス ; 3,528,579 ドル (累計プロジェクト数 ; 4 件)
 - マサチューセッツ総合病院 ; 2,588,390 ドル (累計プロジェクト数 ; 2 件)
 - 国立心肺血液研究所 ; 2,293,510 ドル (累計プロジェクト数 ; 3 件)
 - ミズーリ大学コロンビア校 ; 2,071,452 ドル (累計プロジェクト数 ; 2 件)
 - フィラデルフィア小児病院 ; 1,962,019 ドル (累計プロジェクト数 ; 2 件)
 - マクリーン病院 ; 1,896,390 ドル (累計プロジェクト数 ; 1 件)
 - グラッドストーン研究所 ; 1,360,363 ドル (累計プロジェクト数 ; 2 件)

図表 3-1-1 国立心肺血液研究所が所掌するiPS細胞関連プロジェクト

年度	プロジェクト名	ファンディング額 (ドル)	実施主体	
			研究機関	プリンシパル インベスティゲーター
2010	Patient-Specific and Universal Donor Blood Cell from Protein-Induced iPS Cells	1,896,390	マクレーン病院	Kwang-Soo Kim
	Comparative Phenotypic, Functional and Molecular Analysis ESC and iPSC	1,683,978	ボストン小児病院	George Daley
	Characterization of Human Hematopoietic and Endodermal Progenitors	1,319,537	ボストン大学 メディカルキャンパス	Darrell Kotton
	Induced Pluripotent Stem Cells in The Understanding and Treatment of Heart Diseases	1,312,613	グラッドストーン研究所	Deepak Srivastava
	Human Pluripotent Stem Cell and Progenitor Models of Cardiac and Blood Diseases	1,272,877	マサチューセッツ総合病院	Kenneth Chien
	Human Pluripotent Stem Cell and Progenitor Models of Cardiac and Blood Diseases	1,264,200	ボストン小児病院	George Daley
	Basic and Translational Research of iPSC-Based Hematologic and Vascular Therapies	1,205,400	ジョンズ・ホプキンス大学	Alan Friedman
	Induced Pluripotent Stem Cells in The Understanding and Treatment of Heart Diseases	1,176,000	スタンフォード大学	Robert Robbins
	Development of Humanized Models using Human Induced Pluripotent Stem Cells	1,014,499	ミズーリ大学コロンビア校	John Critser
	Studying A Human Stem Cell Disease using iPS Technology	1,000,000	スタンフォード大学	Steven Artandi
	Gene Corrected-Derived Lung Cells for Therapy of Inherited Lung Diseases	994,635	テキサス大学健康科学センター ヒューストン校	Brian Davis
	Cell-Membrane Permeant Proteins to directly generate Human and Mouse iPS Cells	972,364	国立心肺血液研究所	Neal Epstein
	Hematopoiesis from Normal and Patient-Derived Induced Pluripotent Stem Cells	964,802	フィラデルフィア小児病院	Mitchell Weiss
	The Rhesus Macaque as A Preclinical Model for Induced Pluripotent Stem Cells	924,798	国立心肺血液研究所	Cynthia Dunbar
	Characterizing Blood Progenitor Cells differentiated from Human iPS and ES Cells	684,872	ジョンズ・ホプキンス大学	Linzhaoh Cheng
Derivation of Porcine iPS Cells and iPS Cell-Derived Cardiomyocytes	500,000	スタンフォード大学	Michael Longaker	

(出典) 米国国立衛生研究所「Research Portfolio Online Reporting Tools」の情報等に基づき JST・CRDS が作成

図表 3-1-2 国立心肺血液研究所が所掌するiPS細胞関連プロジェクト

年度	プロジェクト名	ファンディング額 (ドル)	実施主体	
			研究機関	プリンシパル インベスティゲーター
2010	Identification of Altered Molecular Signature of Down Syndrome iPS Cells	499,344	ノースウェスタン大学	John Crispino
	Directed Hematopoietic Differentiation of Human Pluripotent Stem Cells	457,951	ジョンズ・ホプキンス大学	Linzhao Cheng
	Derivation of Transplantable Lung Epithelial Progenitors from iPS Cells	406,250	ボストン大学メディカルキャンパス	Darrell Kotton
	iPS-Technology and Patient Specific Disease Models	396,348	国立心肺血液研究所	Manfred Boehm
	Role of Murine Induced Pluripotent Stem Cells	234,000	ニュージャージー医科歯科大学 ニュージャージーメディカル スクール	Diego FraidonRaich
	Induced Pluripotent Stem Cells in Canine Muscular Dystrophy	229,543	ウェイクフォレスト大学健康科学	Martin Childers
	Matrix-Mediated Endothelial Differentiation of Induced Pluripotent Stem Cells	132,786	スタンフォード大学	Ngan Huang
2009	Comparative Phenotypic, Functional and Molecular Analysis ESC and iPSC	1,748,199	ボストン小児病院	George Daley
	Characterization of Human Hematopoietic and Endodermal Progenitors	1,396,542	ボストン大学メディカル キャンパス	Darrell Kotton
	Human Pluripotent Stem Cell and Progenitor Models of Cardiac and Blood Diseases	1,315,513	マサチューセッツ総合病院	Kenneth Chien
	Human Pluripotent Stem Cell and Progenitor Models of Cardiac and Blood Diseases	1,282,500	ボストン小児病院	George Daley
	Basic and Translational Research of iPSC-Based Hematologic and Vascular Therapies	1,230,000	ジョンズ・ホプキンス大学	Alan Friedman
	Induced Pluripotent Stem Cells in The Understanding and Treatment of Heart Diseases	1,200,000	スタンフォード大学	Robert Robbins
	Development of Humanized Models using Human Induced Pluripotent Stem Cells	1,056,953	ミズーリ大学コロンビア校	John Critser
	Hematopoiesis from Normal and Patient-Derived Induced Pluripotent Stem Cells	997,217	フィラデルフィア小児病院	Mitchell Weiss
Characterizing Blood Progenitor Cells differentiated from Human iPS and ES Cells	566,420	ジョンズ・ホプキンス大学	Linzhao Cheng	

(出典) 米国国立衛生研究所「Research Portfolio Online Reporting Tools」の情報等に基づき JST・CRDS が作成

図表 3-1-3 国立心肺血液研究所が所掌するiPS細胞関連プロジェクト

年度	プロジェクト名	ファンディング額 (ドル)	実施主体	
			研究機関	プリンシパル インベスティゲーター
2009	Identification of Altered Molecular Signature of Down Syndrome iPS Cells	500,000	ノースウェスタン大学	John Crispino
	Derivation of Porcine iPS Cells and iPS Cell-Derived Cardiomyocytes	500,000	スタンフォード大学	Michael Longaker
	Derivation of Transplantable Lung Epithelial Progenitors from iPS Cells	406,250	ボストン大学メディカル キャンパス	Darrell Kotton
	Role of Murine Induced Pluripotent Stem Cells	195,000	ニュージャージー医科歯科大学 ニュージャージーメディカル スクール	Diego FraidenaRaich
	Induced Pluripotent Stem Cells in The Understanding and Treatment of Heart Diseases	47,750	グラッドストーン研究所	Deepak Srivastava
	Induced Pluripotent Cells for Blood Diseases	42,250	ボストン小児病院	Leonard Zon
	Transcriptional and Epigenetic Regulation of HSC generated from iPS and ESC	41,000	ジョンズ・ホプキンス大学	Alan Friedman
	Gene Replacement Therapy in Induced Pluripotent Stem Cells	36,250	アラバマ大学バーミングム校	Tim Townes
	Immunity and Gene Regulation of iPS Cell-Derived Hematopoietic Progenitor Cells	31,500	アイオワ大学	Nicholas Zavazava

(出典) 米国国立衛生研究所「Research Portfolio Online Reporting Tools」の情報等に基づき JST・CRDS が作成

b) 国立神経疾患・脳卒中研究所

国立神経疾患・脳卒中研究所 (National Institute of Neurological Disorders and Stroke) が所掌するファンディングからは、10 件の iPS 細胞関連プロジェクトが抽出された。概要をまとめると、以下のようになる。

- 1) 2009 年度は 4 件、2010 年度は 6 件 (この内、4 件が 2009 年度からの継続)、累計で 10 件の iPS 細胞関連プロジェクトが特定できる。
- 2) プロジェクト実施主体の構成は、次のようになっている。
 - 2009 年度 ; 大学が 3 件、病院が 1 件
 - 2010 年度 ; 大学が 3 件、研究所が 1 件、病院が 2 件
- 3) 2009 年度に 5,793,610 ドル、2010 年度に 7,297,725 ドル、累計で 13,091,335 ドルの研究資金が投入されている。
- 4) 機関別の投入資金額は、次のようになっている。
 - マクリーン病院 ; 4,124,716 ドル (累計プロジェクト数 ; 3 件)
 - ジョンズ・ホプキンス大学 ; 3,782,000 ドル (累計プロジェクト数 ; 2 件)
 - カリフォルニア大学アーバイン校 ; 3,776,244 ドル (累計プロジェクト数 ; 2 件)
 - シティオブホープベックマン研究所 ; 1,000,000 ドル (累計プロジェクト数 ; 1 件)

図表 3-2 国立神経疾患・脳卒中研究所が所掌するiPS細胞関連プロジェクト

年度	プロジェクト名	ファンディング額 (ドル)	実施主体	
			研究機関	プリンシパル インベスティゲーター
2010	Generation and Characterization of Amyotrophic Lateral Sclerosis iPS Cells	1,919,375	ジョンズ・ホプキンス大学	Jeffrey Rothstein
	The Huntington's Disease iPS Consortium	1,916,394	カリフォルニア大学アーバイン校	Leslie Thompson
	PD iPS Cell Line Research Consortium	1,893,581	マクレーン病院	Ole Isacson
	Derivation of Human Pluripotent Stem Cells using Small Molecules	1,000,000	シティオブホープベックマン 研究所	Yanhong Shi
	Protein-Induced Human iPS Cells for Personalized Cell Therapy of PD	345,625	マクレーン病院	Kwang-Soo Kim
	Disease Pluripotent Stem (iPS) Cells	222,750	ウイスコンシン大学マディソン校	Su-Chun Zhang
2009	PD iPS Cell Line Research Consortium	1,885,510	マクレーン病院	Ole Isacson
	Generation and Characterization of Amyotrophic Lateral Sclerosis iPS Cells	1,862,625	ジョンズ・ホプキンス大学	Jeffrey Rothstein
	The Huntington's Disease iPS Consortium	1,859,850	カリフォルニア大学アーバイン校	Leslie Thompson
	Disease Pluripotent Stem (iPS) Cells	185,625	ウイスコンシン大学マディソン校	Su-Chun Zhang

(出典) 米国国立衛生研究所「Research Portfolio Online Reporting Tools」の情報等に基づき JST・GRDS が作成

c) 国立精神衛生研究所

国立精神衛生研究所 (National Institute of Mental Health) が所掌するファンディングからは、24 件の iPS 細胞関連プロジェクトが抽出された。概要をまとめると、以下のようになる。

- 1) 2009 年度は 11 件、2010 年度は 13 件 (この内、11 件が 2009 年度からの継続)、累計で 24 件の iPS 細胞関連プロジェクトが特定できる。
- 2) プロジェクト実施主体の構成は、次のようになっている。
 - 2009 年度 ; 大学が 6 件、研究所が 2 件、病院が 3 件
 - 2010 年度 ; 大学が 8 件、研究所が 2 件、病院が 3 件
- 3) 2009 年度に 4,753,203 ドル、2010 年度に 5,001,314 ドル、累計で 9,754,517 ドルの研究資金が投入されている。
- 4) 機関別の投入資金額は、次のようになっている。
 - エール大学 ; 1,987,576 ドル (累計プロジェクト数 ; 2 件)
 - サンフォードバーナム医学研究所 ; 1,838,410 ドル (累計プロジェクト数 ; 2 件)
 - コロンビア大学健康科学部門 ; 999,824 ドル (累計プロジェクト数 ; 2 件)
 - イエシーバー大学アルバートアインシュタイン医科大学 ; 747,000 ドル (累計プロジェクト数 ; 2 件)
 - マクリーン病院 ; 627,200 ドル (累計プロジェクト数 ; 2 件)
 - スタンフォード大学 ; 586,511 ドル (累計プロジェクト数 ; 3 件)
 - スクリプス研究所 ; 571,672 ドル (累計プロジェクト数 ; 2 件)
 - マサチューセッツ総合病院 ; 524,687 ドル (累計プロジェクト数 ; 2 件)

図表 3-3-1 国立精神衛生研究所が所掌するiPS細胞関連プロジェクト

年度	プロジェクト名	ファンディング額 (ドル)	実施主体	
			研究機関	プリンシパル インベスティゲーター
2010	Biological Correlates of Altered Brain Growth in Autism	975,783	エール大学	Floram Vaccarino
	Patient-Derived Stem Cells for Phosphoproteomic Profiling Neuropsychopathology	692,297	サンフォードバーナム医学研究所	Evan Snyder
	iPS Cell-Derived Neurons	499,998	コロンビア大学健康科学部門	Maria Karayiorgou
	Derivation of Cerebral Cortical Gabaergic Interneurons from Human iPS Cells	499,211	コーネル大学ワイルコーネル メディカルカレッジ	Stewart Anderson
	Analysis of Glutamatergic Neurons derived from Patient-Specific iPS Cells	415,000	イェシーバー大学アルバート アインシュタイン医科大学	Herbert Lachman
	Optimal Generation and Characterization of iPS Cell Lines	393,551	マクリーン病院	Kwang-Soo Kim
	Genomics-Guided Characterization of iPS Cells from Common Mental Illnesses	259,312	マサチューセッツ総合病院	Stephen Haggarty
	Aitism iPSCs for studying Function and Dysfunction in Human Neural Development	254,152	スクリプス研究所	Jeanne Loring
	Neural Development of Human Induced Pluripotent Stem Cells	241,995	ジョンズホプキンス大学	Hongjun Song
	Exploring The Neuronal Phenotype of Autism Spectrum Disorders	241,503	スタンフォード大学	Joachim Hallmayer
	Functional Comparison of Induced Pluripotent Stem Cell-Derived Oligodendrocytes	234,536	ケースウェスタンリザーブ大学	Robert Miller
	Patient iPS Cells with Copy Number Variations	207,388	トロント小児病院 (Hospital for Sick Children)	James Ellis
Synaptic Deficits of iPS Cell-Derived Neurons from Patients with Autism	86,588	スタンフォード大学	Rong Mao	
2009	Patient-Derived Stem Cells for Phosphoproteomic Profiling Neuropsychopathology	1,146,113	サンフォードバーナム医学研究所	Evan Snyder
	Biological Correlates of Altered Brain Growth in Autism	1,011,793	エール大学	Floram Vaccarino
	iPS Cell-Derived Neurons	499,826	コロンビア大学健康科学部門	Maria Karayiorgou

(出典) 米国国立衛生研究所「Research Portfolio Online Reporting Tools」の情報等に基づき JST・CRDS が作成

図表 3-3-2 国立精神衛生研究所が所掌するiPS細胞関連プロジェクト

年度	プロジェクト名	ファンディング額 (ドル)	実施主体	
			研究機関	プリンシパル インベスティゲーター
2009	Analysis of Glutamatergic Neurons derived from Patient-Specific iPS Cells	332,000	イエシーバー大学アルバート アインシュタイン医科大学	Herbert Lachman
	Aitism iPSCS for studying Function and Dysfunction in Human Neural Development	317,520	スクリプス研究所	Jeanne Loring
	Genomics-Guided Characterization of iPS Cells from Common Mental Illnesses	265,375	マサチューセッツ総合病院	Stephen Haggarty
	Exploring The Neuronal Phenotype of Autism Spectrum Disorders	258,420	スタンフォード大学	Joachim Hallmayer
	Neural Development of Human Induced Pluripotenet Stem Cells	246,000	ジョンズホプキンス大学	Hongjun Son
	Optimal Generation and Characterization of iPS Cell Lines	233,649	マクレーン病院	Kwang-Soo Kim
	Functional Comparison of Induced Pluripotent Stem Cell-Derived Oligodendrocytes	231,961	ケースウェスタンリザーブ大学	Robert Miller
	Patient iPS Cells with Copy Number Variations	210,546	トロント小児病院 (Hospital for Sick Children)	James Ellis

(出典) 米国国立衛生研究所「Research Portfolio Online Reporting Tools」の情報等に基づき JST・CRDS が作成

d) 国立関節炎・骨格筋・皮膚疾患研究所

国立関節炎・骨格筋・皮膚疾患研究所 (National Institute of Arthritis and Musculoskeletal and Skin Diseases) が所掌するファンディングからは、10 件の iPS 細胞関連プロジェクトが抽出された。概要をまとめると、以下のようになる。

- 1) 2008 年度は 1 件、2009 年度は 3 件 (この内、1 件が 2008 年度からの継続)、2010 年度は 6 件 (この内、2 件が 2009 年度からの継続)、累計で 10 件の iPS 細胞関連プロジェクトが特定できる。
- 2) プロジェクト実施主体の構成は、次のようになっている。
 - 2008 年度 ; 大学が 1 件
 - 2009 年度 ; 大学が 3 件
 - 2010 年度 ; 大学が 6 件
- 3) 2008 年度に 45,218 ドル、2009 年度に 1,765,945 ドル、2010 年度に 2,766,073 ドル、累計で 4,577,236 ドルの研究資金が投入されている。
- 4) 機関別の投入資金額は、次のようになっている。
 - ミネソタ大学ツインシティー校 ; 3,014,671 ドル (累計プロジェクト数 ; 4 件)
 - ワシントン大学 (University of Washington) ; 1,073,489 ドル (累計プロジェクト数 ; 2 件)

図表 3-4 国立関節炎・骨格筋・皮膚疾患研究所が所掌するiPS細胞関連プロジェクト

年度	プロジェクト名	ファンディング額 (ドル)	実施主体	
			研究機関	プリンシパル インベスティゲーター
2010	Examining The Therapeutic Potential of iPS Cells in Duchenne Muscular Dystrophy	999,659	ミネソタ大学ツインシティー校	Rita Perlingeiro
	FSHD iPS Cells: Modeling Disease Mechanisms, Genetic Correction and Cell Therapy	974,014	ミネソタ大学ツインシティー校	Michael Kyba
	Gene Targeting Strategies for The Treatment of Osteogenesis Imperfecta	320,662	ワシントン大学 (University of Washington)	David Russell
	Transplantability of Induced Pluripotent Stem Cells for Skeletal Tissues	209,385	ペンシルバニア州立大学 ハーシー医療センター	Christopher Niyibizi
	Novel Imaging Approach to monitor Chondrogenic Differentiation of iPS Cells	180,391	スタンフォード大学	Heike Daldrop-Link
	Better Ways to make Induced Pluripotential Stem Cells	81,962	ミネソタ大学ツインシティー校	John Day
2009	FSHD iPS Cells: Modeling Disease Mechanisms, Genetic Correction and Cell Therapy	959,036	ミネソタ大学ツインシティー校	Michael Kyba
	Gene Targeting Strategies for The Treatment of Osteogenesis Imperfecta	752,827	ワシントン大学 (University of Washington)	David Russell
	Human Induced Pluripotent Stem Cells to investigate Inherited Skin Diseases	54,082	アラバマ大学バーミングム校	Louise Chow
2008	Human Induced Pluripotent Stem Cells to investigate Inherited Skin Diseases	45,218	アラバマ大学バーミングム校	Louise Chow

(出典) 米国国立衛生研究所「Research Portfolio Online Reporting Tools」の情報等に基づき JST・GRDS が作成

e) 国立小児保健発達研究所

国立小児保健発達研究所 (National Institute of Child Health and Human Development) が所掌するファンディングからは、9 件の iPS 細胞関連プロジェクトが抽出された。概要をまとめると、以下のようになる。

- 1) 2009 年度は 5 件、2010 年度は 4 件 (全てが 2009 年度からの継続)、累計で 9 件の iPS 細胞関連プロジェクトが特定できる。
- 2) プロジェクト実施主体の構成は、次のようになっている。
 - 2009 年度 ; 大学が 2 件、研究所が 1 件、病院が 2 件
 - 2010 年度 ; 大学が 2 件、研究所が 1 件、病院が 1 件
- 3) 2009 年度に 1,339,441 ドル、2010 年度に 1,145,379 ドル、累計で 2,484,820 ドルの研究資金が投入されている。
- 4) 機関別の投入資金額は、次のようになっている。
 - オレンジ郡小児病院 ; 1,179,324 ドル (累計プロジェクト数 ; 2 件)
 - ウィスコンシン大学マディソン校 ; 690,487 ドル (累計プロジェクト数 ; 4 件)
 - スクリップス研究所 ; 517,809 ドル (累計プロジェクト数 ; 2 件)

図表 3-5 国立小児保健発達研究所が所掌するiPS細胞関連プロジェクト

年度	プロジェクト名	ファンディング額 (ドル)	実施主体	
			研究機関	プリンシパル インベスティゲーター
2010	An Open Resource for Autism iPSCS and Their Derivatives	561,413	オレンジ郡小児病院	Philip Schwartz
	Small Molecules that induce/promote Generation of iPS Cells	328,309	スクリプス研究所	Sheng Ding
	Generation of Trisomy 21 Induced Pluripotent Stem Cells	185,625	ウイスコンシン大学マディソン校	Anita Bhattacharyya
	Motor Neuron Generation from SMA Patient-Derived Induced Pluripotent Stem Cells	70,032	ウイスコンシン大学マディソン校	Allison Ebert
2009	An Open Resource for Autism iPSCS and Their Derivatives	617,911	オレンジ郡小児病院	Philip Schwartz
	Motor Neuron Generation from SMA Patient-Derived Induced Pluripotent Stem Cells	222,750	ウイスコンシン大学マディソン校	Allison Ebert
	Generation of Trisomy 21 Induced Pluripotent Stem Cells	212,080	ウイスコンシン大学マディソン校	Anita Bhattacharyya
	Small Molecules that induce/promote Generation of iPS Cells	189,500	スクリプス研究所	Sheng Ding
	Genomic Stability of Human Pliripotent Stem Cells	97,200	ボストン小児病院	Paul Lerou

(出典) 米国国立衛生研究所「Research Portfolio Online Reporting Tools」の情報等に基づき JST・CRDS が作成

f) 国立糖尿病・消火器・腎疾病研究所

国立糖尿病・消火器・腎疾病研究所 (National Institute of Diabetes and Digestive and Kidney Diseases) が所掌するファンディングからは、7 件の iPS 細胞関連プロジェクトが抽出された。概要をまとめると、以下のようになる。

- 1) 2009 年度は 4 件、2010 年度は 3 件 (全てが 2009 年度からの継続)、累計で 7 件の iPS 細胞関連プロジェクトが特定できる。
- 2) プロジェクト実施主体の構成は、次のようになっている。
 - 2009 年度 ; 大学が 1 件、研究所が 1 件、病院が 2 件
 - 2010 年度 ; 大学が 1 件、研究所が 1 件、病院が 1 件
- 3) 2009 年度に 1,162,084 ドル、2010 年度に 1,117,991 ドル、累計で 2,280,075 ドルの研究資金が投入されている。
- 4) 機関別の投入資金額は、次のようになっている。
 - ブリガムアンドウィメンズ病院 ; 1,050,218 ドル (累計プロジェクト数 ; 3 件)
 - ピッツバーグ大学ピッツバーグ校 ; 970,117 ドル (累計プロジェクト数 ; 2 件)

図表 3-6 国立糖尿病・消化器・腎疾病研究所が所掌するiPS細胞関連プロジェクト

年度	プロジェクト名	ファンディング額 (ドル)	実施主体	
			研究機関	プリンシパル インベスティゲーター
2010	Inducible Pluripotent Stem Cells and Kidney Regeneration	495,896	ブリガムアンドウィメンズ病院	Joseph Bonventre
	Mice Humanized with Hepatocytes and iPS Cells from Patients with Metabolic Diseases	492,225	ピッツバーグ大学ピッツバーグ校	Stephen Strom
	Generating iPS Cells by Reprogramming using Small Molecules	129,870	フレッドハッチンソン癌研究センター	Aravind Ramakrishnan
2009	Inducible Pluripotent Stem Cells and Kidney Regeneration	499,012	ブリガムアンドウィメンズ病院	Joseph Bonventre
	Mice Humanized with Hepatocytes and iPS Cells from Patients with Metabolic Diseases	477,892	ピッツバーグ大学ピッツバーグ校	Stephen Strom
	Generating iPS Cells by Reprogramming using Small Molecules	129,870	フレッドハッチンソン癌研究センター	Aravind Ramakrishnan
	Differentiation of Human iPS Cells into Kidney Proximal Tubular Cells	55,310	ブリガムアンドウィメンズ病院	Albert Lam

(出典) 米国国立衛生研究所「Research Portfolio Online Reporting Tools」の情報等に基づき JST・CRDS が作成

g) 国立聴覚・伝達障害研究所

国立聴覚・伝達障害研究所（National Institute of Deafness and Other Communication Disorders）が所掌するファンディングからは、4 件の iPS 細胞関連プロジェクトが抽出された。概要をまとめると、以下のようになる。

- 1) 2009 年度は 2 件、2010 年度は 2 件（全てが 2009 年度からの継続）、累計で 4 件の iPS 細胞関連プロジェクトが特定できる。
- 2) プロジェクト実施主体の構成は、次のようになっている。
 - 2009 年度；大学が 2 件
 - 2010 年度；大学が 2 件
- 3) 2009 年度に 653,447 ドル、2010 年度に 625,329 ドル、累計で 1,278,776 ドルの研究資金が投入されている。
- 4) 機関別の投入資金額は、次のようになっている。
 - インディアナ大学・パデュー大学インディアナポリス校；843,333 ドル（累計プロジェクト数；2 件）
 - スタンフォード大学；435,443 ドル（累計プロジェクト数；2 件）

図表 3-7 国立聴覚・伝達障害研究所が所掌する iPS 細胞関連プロジェクト

年度	プロジェクト名	ファンディング額 (ドル)	実施主体	
			研究機関	プリンシパル インベスティゲーター
2010	Somatic Stem Cells As Vectors to deliver Biologically Active Molecules	427,900	インディアナ大学・パデュー大学 インディアナポリス校	Eri Hashino
	OTIC Progenitors via Somatic Cell Nuclear Reprogramming	197,429	スタンフォード大学	Stefan Heller
2009	Somatic Stem Cells As Vectors to deliver Biologically Active Molecules	415,433	インディアナ大学・パデュー大学 インディアナポリス校	Eri Hashino
	OTIC Progenitors via Somatic Cell Nuclear Reprogramming	238,014	スタンフォード大学	Stefan Heller

(出典) 米国国立衛生研究所「Research Portfolio Online Reporting Tools」の情報等に基づき JST・CRDS が作成

h) 国立老化研究所

国立老化研究所 (National Institute on Aging) が所掌するファンディングからは、4 件の iPS 細胞関連プロジェクトが抽出された。概要をまとめると、以下ようになる。

- 1) 2009 年度は 2 件、2010 年度は 2 件 (この内、1 件が 2009 年度からの継続)、累計で 4 件の iPS 細胞関連プロジェクトが特定できる。
- 2) プロジェクト実施主体の構成は、次のようになっている。
 - 2009 年度 ; 大学が 1 件、企業が 1 件
 - 2010 年度 ; 大学が 1 件、企業が 1 件
- 3) 2009 年度に 633,809 ドル、2010 年度に 641,001 ドル、累計で 1,274,810 ドルの研究資金が投入されている。
- 4) 機関別の投入資金額は、次のようになっている。
 - カリフォルニア大学デービス校 ; 787,301 ドル (累計プロジェクト数 ; 2 件)
 - DNA マイクロアレイ ; 487,509 ドル (累計プロジェクト数 ; 2 件)

図表 3-8 国立老化研究所が所掌する iPS 細胞関連プロジェクト

年度	プロジェクト名	ファンディング額 (ドル)	実施主体	
			研究機関	プリンシパル インベスティゲーター
2010	Human iPSC Neuronal Models for Early and Late Phases of FXTAS Neurodegeneration	393,757	カリフォルニア大学デービス校	Paul Hagerman
	Chemically Induced Pluripotent Stem Cells	247,244	DNA マイクロアレイ (DNAMicroarray, Inc.)	Barak Esmaeli-Azad
2009	Human iPSC Neuronal Models for Early and Late Phases of FXTAS Neurodegeneration	393,544	カリフォルニア大学デービス校	Paul Hagerman
	Clinically Relevant CiPS Cell Lines	240,265	DNA マイクロアレイ (DNAMicroarray, Inc.)	Barak Esmaeli-Azad

(出典) 米国国立衛生研究所「Research Portfolio Online Reporting Tools」の情報等に基づき JST・CRDS が作成

i) 国立歯科・頭蓋顔面研究所

国立歯科・頭蓋顔面研究所 (National Institute of Dental and Craniofacial Research) が所掌するファンディングからは、3 件の iPS 細胞関連プロジェクトが抽出された。概要をまとめると、以下のようになる。

- 1) 2009 年度は 1 件、2010 年度は 2 件 (この内、1 件が 2009 年度からの継続)、累計で 3 件の iPS 細胞関連プロジェクトが特定できる。
- 2) プロジェクト実施主体の構成は、次のようになっている。
 - 2009 年度 ; 大学が 1 件
 - 2010 年度 ; 大学が 2 件
- 3) 2009 年度に 195,075 ドル、2010 年度に 281,898 ドル、累計で 476,973 ドルの研究資金が投入されている。
- 4) 機関別の投入資金額は、次のようになっている。
 - コネチカット大学医学部、歯学部 ; 476,973 ドル (累計プロジェクト数 ; 3 件)

図表 3-9 国立歯科・頭蓋顔面研究所が所掌する iPS 細胞関連プロジェクト

年度	プロジェクト名	ファンディング額 (ドル)	実施主体	
			研究機関	プリンシパル インベスティゲーター
2010	Development of iPS Cells to study Craniometaphyseal Dysplasia in Humans	160,938	コネチカット大学医学部、歯学部	Alexander Lichtler
	The Use of Patient-Specific iPS Cells to identify Osteoclast Defects in CMD	120,960	コネチカット大学医学部、歯学部	I-Ping Chen
2009	Development of iPS Cells to study Craniometaphyseal Dysplasia in Humans	195,075	コネチカット大学医学部、歯学部	Alexander Lichtler

(出典) 米国国立衛生研究所「Research Portfolio Online Reporting Tools」の情報等に基づき JST・CRDS が作成

j) 国立眼病研究所

国立眼病研究所 (National Eye Institute) が所掌するファンディングからは、2 件の iPS 細胞関連プロジェクトが抽出された。概要をまとめると、以下のようになる。

- 1) 2010 年度に 2 件、累計で 2 件の iPS 細胞関連プロジェクトが特定できる。
- 2) プロジェクト実施主体の構成は、次のようになっている。
 - 2010 年度；大学が 1 件、企業が 1 件
- 3) 2010 年度に 443,217 ドル、累計で 443,217 ドルの研究資金が投入されている。
- 4) 機関別の投入資金額は、次のようになっている。
 - イエシーバー大学アルバートアインシュタイン医科大学；239,365 ドル（累計プロジェクト数；1 件）
 - カルサイトセラピューティクス；203,852 ドル（累計プロジェクト数；1 件）

図表 3-10 国立眼病研究所が所掌する iPS 細胞関連プロジェクト

年度	プロジェクト名	ファンディング額 (ドル)	実施主体	
			研究機関	プリンシパル インベスティゲーター
2010	Differentiation of Human ES and iPS Cells into LENS Cells	239,365	イエシーバー大学アルバートアインシュタイン医科大学	Ales Cvekl
	iPS Cell Enabled Therapy	203,852	カルサイトセラピューティクス (Calcyte Therapeutics, Inc.)	Bin Zhang

(出典) 米国国立衛生研究所「Research Portfolio Online Reporting Tools」の情報等に基づき JST・GRDS が作成

k) 国立アレルギー・感染症研究所

国立アレルギー・感染症研究所 (National Institute of Allergy and Infectious Diseases) が所掌するファンディングからは、1 件の iPS 細胞関連プロジェクトが抽出された。概要をまとめると、以下のようになる。

- 1) 2010 年度に 1 件、累計で 1 件の iPS 細胞関連プロジェクトが特定できる。
- 2) プロジェクト実施主体の構成は、次のようになっている。
 - 2010 年度 ; 病院が 1 件
- 3) 2010 年度に 85,750 ドル、累計で 85,750 ドルの研究資金が投入されている。
- 4) 機関別の投入資金額は、次のようになっている。
 - ボストン小児病院 ; 85,750 ドル (累計プロジェクト数 ; 1 件)

図表 3-11 国立アレルギー・感染症研究所が所掌する iPS 細胞関連プロジェクト

年度	プロジェクト名	ファンディング額 (ドル)	実施主体	
			研究機関	プリンシパル インベスティゲーター
2010	Reprogramming of Fibroblasts to Pluripotency	85,750	ボストン小児病院	Luigi Notarangelo

(出典) 米国国立衛生研究所「Research Portfolio Online Reporting Tools」の情報等に基づき JST・CRDS が作成

1) 国立癌研究所

国立癌研究所 (National Cancer Institute) が所掌するファンディングからは、1 件の iPS 細胞関連プロジェクトが抽出された。概要をまとめると、以下のようになる。

- 1) 2010 年度に 1 件、累計で 1 件の iPS 細胞関連プロジェクトが特定できる。
- 2) プロジェクト実施主体の構成は、次のようになっている。
 - 2010 年度 ; 研究所が 1 件
- 3) 2010 年度に 979,405 ドル、累計で 979,405 ドルの研究資金が投入されている。
- 4) 機関別の投入資金額は、次のようになっている。
 - ホワイトヘッド生物医学研究所 ; 979,405 ドル (累計プロジェクト数 ; 1 件)

図表 3-12 国立癌研究所が所掌する iPS 細胞関連プロジェクト

年度	プロジェクト名	ファンディング額 (ドル)	実施主体	
			研究機関	プリンシパル インベスティゲーター
2010	Patient-Specific iPS Cells to study Myeloproliferative Disease	979,405	ホワイトヘッド生物医学研究所	Rudolf Jaenisch

(出典) 米国国立衛生研究所「Research Portfolio Online Reporting Tools」の情報等に基づき JST・CRDS が作成

m) 国立一般医科学研究所

国立一般医科学研究所 (National Institute of General Medical Sciences) が所掌するファンディングからは、9 件の iPS 細胞関連プロジェクトが抽出された。概要をまとめると、以下のようなになる。

- 1) 2009 年度は 3 件、2010 年度は 6 件 (この内、2 件が 2009 年度からの継続)、累計で 9 件の iPS 細胞関連プロジェクトが特定できる。
- 2) プロジェクト実施主体の構成は、次のようになっている。
 - 2009 年度 ; 大学が 2 件、企業が 1 件
 - 2010 年度 ; 大学が 4 件、病院が 1 件、企業が 1 件
- 3) 2009 年度に 1,137,822 ドル、2010 年度に 3,021,869 ドル、累計で 4,159,691 ドルの研究資金が投入されている。
- 4) 機関別の投入資金額は、次のようになっている。
 - エモリー大学 ; 1,000,000 ドル (累計プロジェクト数 ; 1 件)
 - コロンビア大学健康科学部門 ; 996,817 ドル (累計プロジェクト数 ; 1 件)
 - フロリダ大学 ; 965,446 ドル (累計プロジェクト数 ; 2 件)
 - ワシントン大学 (University of Washington) ; 624,000 ドル (累計プロジェクト数 ; 2 件)

図表 3-13 国立一般医科学研究所が所掌するiPS細胞関連プロジェクト

年度	プロジェクト名	ファンディング額 (ドル)	実施主体	
			研究機関	プリンシパル インベスティゲーター
2010	Generation of Induced Pluripotent Stem Cells with Novel Small Molecule Regulator	1,000,000	エモリー大学	Young-Sup Yoon
	Identification of Master Regulators for Stem Cell Pluripotency and Self-Renewal	996,817	コロンビア大学健康科学部門	Michael Shen
	iPSC Generation using Peptide Injection and Site-Selective HDAC Inhibition	465,446	フロリダ大学	Naohiro Terada
	Derivation and Transplantation of Histocompatible Pluripotent Stem Cells	312,000	ワシントン大学 (University of Washington)	David Russell
	A Novel Protein Transduction Method to generate Induced Pluripotent Stem Cells	200,000	テックタウンベンチャーズ (Techtown Ventures, Inc.)	James Eliason
	Chromatin Structure and The Pluripotent State	47,606	マサチューセッツ総合病院	Jason West
2009	iPSC Generation using Peptide Injection and Site-Selective HDAC Inhibition	500,000	フロリダ大学	Naohiro Terada
	Antibodies targeting Novel Surface Antigens of Pluripotent Stem Cell Derivatives	325,822	マンダラバイオサイエンス (Mandala Biosciences, LLC)	David Larocca
	Derivation and Transplantation of Histocompatible Pluripotent Stem Cells	312,000	ワシントン大学 (University of Washington)	David Russell

(出典) 米国国立衛生研究所「Research Portfolio Online Reporting Tools」の情報等に基づき JST・CRDS が作成

n) 国立画像生物医学・生物工学研究所

国立画像生物医学・生物工学研究所 (National Institute of Biomedical Imaging and Bioengineering) が所掌するファンディングからは、2 件の iPS 細胞関連プロジェクトが抽出された。概要をまとめると、以下のようになる。

- 1) 2009 年度は 1 件、2010 年度は 1 件 (2009 年度からの継続)、累計で 2 件の iPS 細胞関連プロジェクトが特定できる。
- 2) プロジェクト実施主体の構成は、次のようになっている。
 - 2009 年度 ; 大学が 1 件
 - 2010 年度 ; 大学が 1 件
- 3) 2009 年度に 499,999 ドル、2010 年度に 499,998 ドル、累計で 999,997 ドルの研究資金が投入されている。
- 4) 機関別の投入資金額は、次のようになっている。
 - マサチューセッツ工科大学 ; 999,997 ドル (累計プロジェクト数 ; 2 件)

図表 3-14 国立画像生物医学・生物工学研究所が所掌する iPS 細胞関連プロジェクト

年度	プロジェクト名	ファンディング額 (ドル)	実施主体	
			研究機関	プリンシパル インベスティゲーター
2010	High Throughput Cell Reprogramming by Microfluidic Jet Injection	499,998	マサチューセッツ工科大学	Klavs Jensen
2009	High Throughput Cell Reprogramming by Microfluidic Jet Injection	499,999	マサチューセッツ工科大学	Klavs Jensen

(出典) 米国国立衛生研究所「Research Portfolio Online Reporting Tools」の情報等に基づき JST・CRDS が作成

o) 所長事務局

所長事務局（The Office of the Director、研究所内外の部門横断的活動などを支援）が所掌するファンディングからは、7件の iPS 細胞関連プロジェクトが抽出された。概要をまとめると、以下のようになる。

1) 2008 年度は 2 件、2009 年度は 2 件（全てが 2008 年度からの継続）、2010 年度は 3 件（この内、2 件が 2008 年度からの継続）、累計で 7 件の iPS 細胞関連プロジェクトが特定できる。

2) プロジェクト実施主体の構成は、次のようになっている。

- 2008 年度；大学が 2 件

- 2009 年度；大学が 2 件

- 2010 年度；大学が 2 件、病院が 1 件

3) 2008 年度に 1,635,500 ドル、2009 年度に 1,637,000 ドル、2010 年度に 3,970,500 ドル、累計で 7,243,000 ドルの研究資金が投入されている。

4) 機関別の投入資金額は、次のようになっている。

- スタンフォード大学；2,400,000 ドル（累計プロジェクト数；3 件）

- メーヨークリニック；2,365,500 ドル（累計プロジェクト数；1 件）

- ハーバード大学；1,672,500 ドル（累計プロジェクト数；2 件）

- コロンビア大学健康科学部門；805,000 ドル（累計プロジェクト数；1 件）

図表 3-15 所長事務局が所掌するiPS細胞関連プロジェクト

年度	プロジェクト名	ファンディング額 (ドル)	実施主体	
			研究機関	プリンシパル インベスティゲーター
2010	Dysfunctional Regeneration in Cardiomyopathy: iPS Based Daignosis and Therapy	2,365,500	メーヨークリニック	Timothy Nelson
	Use of Induced Pluripotent Stem Cells to study Mechanisms of Familial and Sporadic	805,000	コロンビア大学健康科学部門	Thomas Maniatis
	Using Induced Pluripotent Stem Cells to identify Cellular Phenotypes of Autism	800,000	スタンフォード大学	Ricardo Dolmetsch
2009	Use of Induced Pluripotent Stem Cells to study Mechanisms of Familial and Sporadic	837,000	ハーバード大学	Thomas Maniatis
	Using Induced Pluripotent Stem Cells to identify Cellular Phenotypes of Autism	800,000	スタンフォード大学	Ricardo Dolmetsch
2008	Use of Induced Pluripotent Stem Cells to study Mechanisms of Familial and Sporadic	835,500	ハーバード大学	Thomas Maniatis
	Using Induced Pluripotent Stem Cells to identify Cellular Phenotypes of Autism	800,000	スタンフォード大学	Ricardo Dolmetsch

(出典) 米国国立衛生研究所「Research Portfolio Online Reporting Tools」の情報等に基づき JST・CRDS が作成

2.2.2 カリフォルニア再生医療機構

連邦政府の研究支援に加え、州政府によるファンディングの動きも広がっている。

カリフォルニア州は 2004 年にカリフォルニア再生医療機構を設立し、30 億ドルの基金を用い、州内の大学や研究機関への研究投資を行っている。各種療法や診断に役立つ幹細胞研究及び再生医療を支援することを目的としており、この中で iPS 細胞関連プロジェクトへのファンディングが展開されている。

カリフォルニア再生医療機構の公開検索システムである「Search All CIRM Grants」を用い、研究投資が行われているプロジェクトを抽出した。検索条件は、次のように定めた。

- 第一に、システム上に登録されている全てのファンディングプロジェクトを抽出。
- 第二に、これらの中から「研究題目 (Grant Title)」に iPS 細胞との関わりが明示されているものを特定。
- 第三に、研究題目では明確に判断できないプロジェクトについて、「研究概要 (Public Abstract)」の内容を分析。関わりが確認されたものを iPS 細胞関連プロジェクトとして追加。
- したがって、抽出されたプロジェクトは全体の一部であり、カリフォルニア再生医療機構がファンディングを行った全ての iPS 細胞関連プロジェクトを表すものではない。

検索の結果、2008 年には 2,410 万ドル、2009 年は 2,810 万ドル、2010 年は 1,590 万ドル、2011 年は 2,370 万ドル、合わせて 9,190 万ドルの iPS 細胞関連プロジェクトが採択されていることが分かった。年次毎のファンディングの枠組み (公募プログラム)、及び各プログラムで採択されたプロジェクト件数をまとめると、次のようになる。

- 2008 年の採択プロジェクト ; 24,143,375 ドル (15 件)
 - 新規細胞株プロジェクト ; 16,236,222 ドル (11 件)
 - 疾病研究チーム企画プロジェクト ; 53,792 ドル (1 件)
 - 新規人材プロジェクト II ; 7,853,361 ドル (3 件)
- 2009 年の採択プロジェクト ; 28,118,562 ドル (8 件)
 - 基礎段階の橋渡し研究プロジェクト I ; 10,975,477 ドル (3 件)
 - 基礎生物学プロジェクト I ; 5,433,511 ドル (4 件)
 - 疾病研究チームプロジェクト ; 11,709,574 ドル (1 件)

- 2010年の採択プロジェクト ; 15,942,427 ドル (8件)
 - 基礎生物学プロジェクトⅡ ; 8,544,790 ドル (6件)
 - 基礎段階の橋渡し研究プロジェクトⅡ ; 7,397,637 ドル (2件)
- 2011年の採択プロジェクト / 2011年7月まで ; 23,706,306 ドル (15件)
 - ツール&技術プロジェクトⅡ ; 10,578,274 ドル (6件)
 - 基礎生物学プロジェクトⅢ ; 13,128,032 ドル (9件)

その上で、支援対象に基づき採択されたプロジェクトを再区分すると、以下の構成が得られる。

- ・ 基礎生物学 ; 27,106,333 ドル (19件)
- ・ 橋渡し研究 ; 18,373,114 ドル (5件)
- ・ 新規細胞株 ; 16,236,222 ドル (11件)
- ・ 疾病研究チーム ; 11,763,366 ドル (2件)
- ・ ツール&技術 ; 10,578,274 ドル (6件)
- ・ 新規人材 ; 7,853,361 ドル (3件)

特定したプロジェクトは全体の一部に止まるが、本調査の範囲だけでも「基礎生物学」「橋渡し研究」「新規細胞株」などの多岐に渡り、iPS細胞関連の研究支援が行われている状況が確認できる。

個々の枠組みで採択されたプロジェクトの内容を、次項以降にまとめて示した。

a) 基礎生物学プロジェクト I

基礎生物学プロジェクト I (Basic Biology Awards I) の枠組みで、ファンディングが行われている。内容は、次のようになっている。

- 1) 支援対象を、「ヒト幹細胞及び再プログラム化して得た細胞を、療法や生物医学の革新的ツールに適用するための基礎研究 (basic research that enables realization of the full potential of human stem cells and reprogrammed cells for therapies and as tools for biomedical innovation)」と定めている。
- 2) 予算総額は「最大 3,000 万ドル」、採択プロジェクト数は「最大 20 件」に設定されている。
- 3) 研究期間は「最長 3 年間」に設定されている。
- 4) 採択時期は「2009 年 8 月」となっている。

これらの中から、iPS 細胞関連プロジェクトが抽出された。概要をまとめると、以下のようになる。

- 1) 基礎生物学プロジェクト I において、4 件の iPS 細胞関連プロジェクトが特定できる。
- 2) プロジェクト実施主体は、全てが大学となっている。
- 3) 累計で、5,433,511 ドルの研究資金が投入されている。
- 4) 機関別の投入資金額は、次のようになっている。
 - カリフォルニア大学ロサンゼルス校 ; 2,686,291 ドル (累計プロジェクト数 ; 2 件)
 - スタンフォード大学 ; 1,414,841 ドル (累計プロジェクト数 ; 1 件)
 - 南カリフォルニア大学 ; 1,332,379 ドル (累計プロジェクト数 ; 1 件)

図表 4-1 カリフォルニア再生医療機構のiPS細胞関連プロジェクト／Basic Biology Awards I

プロジェクト名	ファンディング額 (ドル)	実施主体	
		研究機関	中核研究者
Molecular Mechanisms of Reprogramming towards Pluripotency	1,414,841	スタンフォード大学	Helen Blau
Molecular Characterization of hESC and hiPSC-Derived Spinal Motor Neurons	1,363,262	カリフォルニア大学 ロサンゼルス校	Bennett Novitch
Defining The Molecular Mechanisms of Somatic Cell Reprogramming	1,332,379	南カリフォルニア大学	Wange Lu
Mitochondrial Metabolism in hESC and hiPSC Differentiation, Reprogramming and Cancer	1,323,029	カリフォルニア大学 ロサンゼルス校	Michael Teitell

(出典) カリフォルニア再生医療機構「Search All CIRM Grants」の情報等に基づき JST・CRDS が作成

b) 基礎生物学プロジェクト II

基礎生物学プロジェクト II (Basic Biology Awards II) の枠組みで、ファンディングが行われている。内容は、次のようになっている。

- 1) 支援対象は、基礎生物学プロジェクト I と同様に、「ヒト幹細胞及び再プログラム化して得た細胞を、療法や生物医学の革新的ツールに適用するための基礎研究 (basic research that enables realization of the full potential of human stem cells and reprogrammed cells for therapies and as tools for biomedical innovation)」と定められている。
- 2) 予算総額は「最大 3,000 万ドル」、採択プロジェクト数は「最大 20 件」に設定されている。
- 3) 研究期間は「最長 3 年間」に設定されている。
- 4) 採択時期は「2010 年 4 月」となっている。

これらの中から、iPS 細胞関連プロジェクトが抽出された。概要をまとめると、以下のようになる。

- 1) 基礎生物学プロジェクト II において、6 件の iPS 細胞関連プロジェクトが特定できる。
- 2) プロジェクト実施主体は、5 件が大学、1 件が研究所となっている。
- 3) 累計で、8,544,790 ドルの研究資金が投入されている。
- 4) 機関別の投入資金額は、次のようになっている。
 - スタンフォード大学 ; 2,878,864 ドル (累計プロジェクト数 ; 2 件)
 - カリフォルニア大学アーバイン校 ; 2,635,506 ドル (累計プロジェクト数 ; 2 件)
 - ゾーク研究所 ; 1,712,880 ドル (累計プロジェクト数 ; 1 件)
 - カリフォルニア大学サンディエゴ校 ; 1,317,540 ドル (累計プロジェクト数 ; 1 件)

図表 4-2 カリフォルニア再生医療機構のiPS細胞関連プロジェクト／Basic Biology Awards II

プロジェクト名	ファンディング額 (ドル)	実施主体	
		研究機関	中核研究者
Molecular Characterization and Functional Exploration of Nuclear Receptors in hiPSCs	1,712,880	ソーク研究所	Ronald Evans
Kinase Signaling Analysis of iPS Cell Reprogramming and Differentiation	1,447,956	スタンフォード大学	Garry Nolan
Self-Renewal and Senescence in iPS Cells derived from Patients with A Stem Cell Disease	1,430,908	スタンフォード大学	Steven Artandi
Role of The Microenvironment in Human iPS and Fetal-Derived NSC Fate and Tumorigenesis	1,358,405	カリフォルニア大学アーバイン校	Aileen Anderson
RUNX1 in Maintenance, Expansion and Differentiation of Therapeutic Pluripotent Stem Cells	1,317,540	カリフォルニア大学サンディエゴ校	Dong-Er Zhang
TCF-3: A Wnt Pathway Effector and Nanog Regulator in Pluripotent Stem Cell Self Renewal	1,277,101	カリフォルニア大学アーバイン校	Marian Waterman

(出典) カリフォルニア再生医療機構「Search All CIRM Grants」の情報等に基づき JST・CRDS が作成

c) 基礎生物学プロジェクトⅢ

基礎生物学プロジェクトⅢ (Basic Biology Awards Ⅲ) の枠組みで、ファンディングが行われている。内容は、次のようになっている。

- 1) 支援対象は、基礎生物学プロジェクトⅠ及びⅡと同様に、「ヒト幹細胞及び再プログラム化して得た細胞を、療法や生物医学の革新的ツールに適用するための基礎研究 (basic research that enables realization of the full potential of human stem cells and reprogrammed cells for therapies and as tools for biomedical innovation)」と定められている。
- 2) 予算総額は「最大 4,500 万ドル」、採択プロジェクト数は「最大 30 件」に設定されている。
- 3) 研究期間は「最長 3 年間」に設定されている。
- 4) 採択時期は「2011 年 5 月」となっている。

これらの中から、iPS 細胞関連プロジェクトが抽出された。概要をまとめると、以下のようになる。

- 1) 基礎生物学プロジェクトⅢにおいて、9 件の iPS 細胞関連プロジェクトが特定できる。
- 2) プロジェクト実施主体は、5 件が大学、3 件が研究所、1 件が病院となっている。
- 3) 累計で、13,128,032 ドルの研究資金が投入されている。
- 4) 機関別の投入資金額は、次のようになっている。
 - スクリプス研究所 ; 3,511,725 ドル (累計プロジェクト数 ; 2 件)
 - カリフォルニア大学サンディエゴ校 ; 2,733,355 ドル (累計プロジェクト数 ; 2 件)
 - パーキンソン機構 ; 1,482,822 ドル (累計プロジェクト数 ; 1 件)
 - スタンフォード大学 ; 1,425,600 ドル (累計プロジェクト数 ; 1 件)
 - カリフォルニア大学ロサンゼルス校 ; 1,364,598 ドル (累計プロジェクト数 ; 1 件)
 - カリフォルニア大学バークレー校 ; 1,341,064 ドル (累計プロジェクト数 ; 1 件)
 - シティーオブホープ国立医療センター ; 1,268,868 ドル (累計プロジェクト数 ; 1 件)

なお、基礎生物学プロジェクト I、II、III を合わせると、特定された iPS 細胞関連プロジェクトは 19 件となり、その構成は以下の形となる。

1) プロジェクト実施主体は、14 件が大学、4 件が研究所、1 件が病院となっている。

2) 累計で、27,106,333 ドルの研究資金が投入されている。

3) 機関別の投入資金額は、次のようになっている。

- スタンフォード大学 ; 5,719,305 ドル (累計プロジェクト数 ; 4 件)
- カリフォルニア大学サンディエゴ校 ; 4,050,895 ドル (累計プロジェクト数 ; 3 件)
- カリフォルニア大学ロサンゼルス校 ; 4,050,889 ドル (累計プロジェクト数 ; 3 件)
- スクリプス研究所 ; 3,511,725 ドル (累計プロジェクト数 ; 2 件)
- カリフォルニア大学アーバイン校 ; 2,635,506 ドル (累計プロジェクト数 ; 2 件)
- ソーク研究所 ; 1,712,880 ドル (累計プロジェクト数 ; 1 件)
- パーキンソン機構 ; 1,482,822 ドル (累計プロジェクト数 ; 1 件)
- カリフォルニア大学バークレー校 ; 1,341,064 ドル (累計プロジェクト数 ; 1 件)
- 南カリフォルニア大学 ; 1,332,379 ドル (累計プロジェクト数 ; 1 件)
- シティーオブホープ国立医療センター ; 1,268,868 ドル (累計プロジェクト数 ; 1 件)

図表 4-3 カリフォルニア再生医療機構のiPS細胞関連プロジェクト／Basic Biology Awards III

プロジェクト名	ファンディング額 (ドル)	実施主体	
		研究機関	中核研究者
Identifying Sources of Mutation in Human Induced Pluripotent Stem Cells by Whole Genome Sequencing	1,755,864	スクリプス研究所	Kristin Baldwin
Triplet Repeat Instability in Human iPSCs	1,755,861	スクリプス研究所	Joel Gottesfeld
Understanding The Role of LRRK2 in iPSC Cell Methods of Parkinson's Disease	1,482,822	パーキンソン機構 (Parkinson's Institute)	Jeremy Nichols
Elucidating Molecular Basis of Hypertrophic Cardiomyopathy Cell with Human Induced Pluripotent Stem Cells	1,425,600	スタンフォード大学	Joseph Wu
Investigation of Synaptic Defects in Autism using Patient-Derived Induced Pluripotent Stem Cells	1,391,400	カリフォルニア大学 サンディエゴ校	Anirvan Ghosh
Discovery of Mechanisms that control Epigenetic States in Human Reprogramming and Pluripotent Cells	1,364,598	カリフォルニア大学 ロサンゼルス校	Kathrin Plath
Molecular Mechanisms underlying Human Cardiac Cell Junction Maturation and Disease using Human iPSC	1,341,955	カリフォルニア大学 サンディエゴ校	Farah Sheikh
Induced Pluripotent Stem Cells for Tissue Regeneration	1,341,064	カリフォルニア大学バークレー校	Song Li
Use of Human iPSC Cells to study Spinal Muscular Atrophy	1,268,868	シティーオブホープ 国立医療センター	Jiing-Kuan Yee

(出典) カリフォルニア再生医療機構「Search All CIRM Grants」の情報等に基づき JST・CRDS が作成

d) 新規細胞株プロジェクト

新規細胞株プロジェクト (New Cell Lines Awards) の枠組みで、ファンディングが行われている。内容は、次のようになっている。

- 1) 支援対象を、「新規なヒト幹細胞株の樹立、細胞株の派生に関する研究 (research that will lead to the generation of new human embryonic stem cell lines and/or to the optimization of new, alternate methods for the derivation of pluripotent human cell lines)」と定めている。
- 2) 予算総額は「最大 2,500 万ドル」、採択プロジェクト数は「最大 16 件」に設定されている。
- 3) 研究期間は「最長 3 年間」に設定されている。
- 4) 採択時期は「2008 年 6 月」となっている。

これらの中から、iPS 細胞関連プロジェクトが抽出された。概要をまとめると、以下のようになる。

- 1) 新規細胞株プロジェクトにおいて、11 件の iPS 細胞関連プロジェクトが特定できる。
- 2) プロジェクト実施主体は、8 件が大学、3 件が研究所となっている。
- 3) 累計で、16,236,222 ドルの研究資金が投入されている。
- 4) 機関別の投入資金額は、次のようになっている。
 - スタンフォード大学 ; 4,241,329 ドル (累計プロジェクト数 ; 3 件)
 - グラッドストーン研究所 ; 3,417,120 ドル (累計プロジェクト数 ; 2 件)
 - カリフォルニア大学サンフランシスコ校 ; 2,682,345 ドル (累計プロジェクト数 ; 2 件)
 - ソーック研究所 ; 1,737,720 ドル (累計プロジェクト数 ; 1 件)
 - カリフォルニア大学サンディエゴ校 ; 1,387,800 ドル (累計プロジェクト数 ; 1 件)
 - 南カリフォルニア大学 ; 1,387,508 ドル (累計プロジェクト数 ; 1 件)
 - カリフォルニア大学ロサンゼルス校 ; 1,382,400 ドル (累計プロジェクト数 ; 1 件)

図表 4-4 カリフォルニア再生医療機構のiPS細胞関連プロジェクト／New Cell Lines Awards

プロジェクト名	ファンディング額 (ドル)	実施主体	
		研究機関	中核研究者
Development of Induced Pluripotent Stem Cells for Modeling Human Disease	1,737,720	ソーク研究所	Fred Gage
Induced Pluripotent Stem Cells for Cardiovascular Diagnostics	1,708,560	グラッドストーン研究所	Bruce Conklin
Establishment of Frontotemporal Dementia Patient-Specific Induced Pluripotent Stem Cell Lines with Defined Genetic Mutations	1,708,560	グラッドストーン研究所	Fen-Biao Gao
Derivation and Analysis of Pluripotent Stem Cell Lines with Inherited TGF- β Mediated Disorders from Donated IVF Embryos and Reprogrammed Adult Skin Disease Fibroblasts	1,424,412	スタンフォード大学	Michael Longaker
Derivation and Comparative Analysis of Human Pluripotent ESCs, iPSCs and SSCs: Convergence to An Embryonic Phenotype	1,410,042	スタンフォード大学	Renee Reijo Pera
Safe, Efficient Creation of Human Induced Pluripotent Stem Cells without The Use of Retroviruses	1,406,875	スタンフォード大学	Michael Galos
Protein Transduction of Transcription Factors: A Non-Genetic Approach to generate New Pluripotent Cell Lines from Human Skin Disease	1,387,800	カリフォルニア大学 サンディエゴ校	Steven Dowdy
New Technology for The Derivation of Human Pluripotent Stem Cell Lines for Clinical Use	1,387,508	南カリフォルニア大学	Martin Pera
Generation of Clinical Grade Human iPS Cells	1,382,400	カリフォルニア大学 ロサンゼルス校	Jerome Zack
Induction of Pluripotent Stem Cells by Small RNA-Guided Transcriptional Activation	1,375,144	カリフォルニア大学 サンフランシスコ校	Long-Cheng Li
Somatic Cell Age and Memory in The Generation of iPS Cells	1,307,201	カリフォルニア大学 サンフランシスコ校	Miguel Ramalho-Santos

(出典) カリフォルニア再生医療機構「Search All CIRM Grants」の情報等に基づき JST・CRDS が作成

e) ツール&技術プロジェクトII

ツール&技術プロジェクトII (Tools and Technologies Awards II) の枠組みで、ファンディングが行われている。内容は、次のようになっている。

- 1) 支援対象を、「技術的隘路を解消するためのツールや技術の開発 (projects to develop tools and techniques that address technical bottlenecks and enable translational approaches)」と定めている。
- 2) 予算総額は「最大 4,000 万ドル」、採択プロジェクト数は「最大 20 件」に設定されている。
- 3) 研究期間は「最長 3 年間」に設定されている。
- 4) 採択時期は「2011 年 1 月」となっている。

これらの中から、iPS 細胞関連プロジェクトが抽出された。概要をまとめると、以下のようになる。

- 1) ツール&技術プロジェクトにおいて、6 件の iPS 細胞関連プロジェクトが特定できる。
- 2) プロジェクト実施主体は、4 件が大学、1 件が研究所、1 件が病院となっている。
- 3) 累計で、10,578,274 ドルの研究資金が投入されている。
- 4) 機関別の投入資金額は、次のようになっている。
 - カリフォルニア大学ロサンゼルス校 ; 3,616,304 ドル (累計プロジェクト数 ; 2 件)
 - シダーサイナイ医療センター ; 1,933,022 ドル (累計プロジェクト数 ; 1 件)
 - スタンフォード大学 ; 1,884,808 ドル (累計プロジェクト数 ; 1 件)
 - カリフォルニア大学サンディエゴ校 ; 1,816,157 ドル (累計プロジェクト数 ; 1 件)
 - パーキンソン機構 ; 1,327,983 ドル (累計プロジェクト数 ; 1 件)

図表 4-5 カリフォルニア再生医療機構のiPS細胞関連プロジェクト
／Tools and Technologies Awards II

プロジェクト名	ファンディング額 (ドル)	実施主体	
		研究機関	中核研究者
Use of iPS Cells to develop Novels Tools for The Treatment of Spinal Muscular Atrophy	1,933,022	シダーサイナイ医療センター	Clive Svendsen
Development of Small Molecule Screens for Autism using Patient-Derived iPS Cells	1,884,808	スタンフォード大学	Ricardo Dolmetsch
Use of hiPSCs to develop Lead Compounds for The Treatment of Genetic Diseases	1,833,054	カリフォルニア大学 ロサンゼルス校	Richard Gatti
Developing A Method for Rapid Identification of High-Quality Disease Specific hiPSC Lines	1,816,157	カリフォルニア大学 サンディエゴ校	Lawrence Goldstein
Pluripotent and Somatic Cell Models to study Inherited Diarrheal Disorders	1,783,250	カリフォルニア大学 ロサンゼルス校	Martin Gabriel
Editing of Parkinson's Disease Mutation in Patient-Derived iPSCs by Zinc-Finger Nucleases	1,327,983	パーキンソン機構 (Parkinson's Institute)	William Langston

(出典) カリフォルニア再生医療機構「Search All CIRM Grants」の情報等に基づき JST・CRDS が作成

f) 新規人材プロジェクト II

新規人材プロジェクト II (New Faculty Awards II) の枠組みで、ファンディングが行われている。内容は、次のようになっている。

- 1) 支援対象を、「幹細胞研究を立ち上げる新規人材 (salary and research support, creating a stable environment for new faculty members to build innovative and robust stem cell research programs)」と定めている。
- 2) 幹細胞研究への医師の参画を促すことを大きな目的とする。
- 3) 予算総額は「最大 4,100 万ドル」となっており、二つの支援枠が設定されている。
 - 研修課程を終了した医師に対し、「最大 40 万ドル/年」の規模で「最長 5 年間」に渡る研究支援を実施。
 - 科学者に対し、「最大 30 万ドル/年」の規模で「最長 5 年間」に渡る研究支援を実施。
- 4) 採択時期は「2008 年夏」となっている。

これらの中から、iPS 細胞関連プロジェクトが抽出された。概要をまとめると、以下のようになる。

- 1) 新規人材プロジェクト II において、3 件の iPS 細胞関連プロジェクトが特定できる。
- 2) プロジェクト実施主体は、1 件が大学、2 件が研究所となっている。
- 3) 累計で、7,853,361 ドルの研究資金が投入されている。
- 4) 機関別の投入資金額は、次のようになっている。
 - グラッドストーン研究所 ; 5,695,200 ドル (累計プロジェクト数 ; 2 件)
 - カリフォルニア大学デービス校 ; 2,158,161 ドル (累計プロジェクト数 ; 1 件)

図表 4-6 カリフォルニア再生医療機構のiPS細胞関連プロジェクト／New Faculty Awards II

プロジェクト名	ファンディング額 (ドル)	実施主体	
		研究機関	中核研究者
Induction of Cardiogenesis in Pluripotent Cells via Chromatin Remodeling Factors	2,847,600	グラッドストーン研究所	Benoit Bruneau
Defining The Isoform-Specific Effects of Apolipoprotein E on The Development of iPS Cells into Functional Neurons in Vitro and in Vivo	2,847,600	グラッドストーン研究所	Yadong Huang
Molecular Mechanisms governing hESC and iPS Cell Self-Renewal and Pluripotency	2,158,161	カリフォルニア大学デービス校	Paul Knoepfler

(出典) カリフォルニア再生医療機構「Search All CIRM Grants」の情報等に基づき JST・CRDS が作成

g) 基礎段階の橋渡し研究プロジェクト I

基礎段階の橋渡し研究プロジェクト I (Early Translational Research Awards) の枠組みで、ファンディングが行われている。内容は、次のようになっている。

- 1) 支援対象を、「幹細胞に関する基礎研究の臨床応用への橋渡し (projects that enable the initial stage of translation of basic stem cell-based research toward clinical application)」と定めている。
- 2) 予算総額は「最大 6,000 万ドル」、採択プロジェクト数は「最大 10 件」に設定されている。
- 3) 研究期間は「最長 3 年間」に設定されている。
- 4) 採択時期は「2009 年 4 月」となっている。

これらの中から、iPS 細胞関連プロジェクトが抽出された。概要をまとめると、以下のようになる。

- 1) 基礎段階の橋渡し研究プロジェクト I において、3 件の iPS 細胞関連プロジェクトが特定できる。
- 2) プロジェクト実施主体は、全てが研究所となっている。
- 3) 累計で、10,975,477 ドルの研究資金が投入されている。
- 4) 機関別の投入資金額は、次のようになっている。
 - スクリプス研究所 ; 5,945,738 ドル (累計プロジェクト数 ; 1 件)
 - パーキンソン機構 ; 3,701,766 ドル (累計プロジェクト数 ; 1 件)
 - グラッドストーン研究所 ; 1,327,973 ドル (累計プロジェクト数 ; 1 件)

図表 4-7 カリフォルニア再生医療機構のiPS細胞関連プロジェクト
／Early Translational Research Awards

プロジェクト名	ファンディング額 (ドル)	実施主体	
		研究機関	中核研究者
Antologous Retinal Pigmented Epithelial Cells derived from Induced Pluripotent Stem Cells for The Treatment of Atrophic Age Related Macular Degeneration	5,945,738	スクリプス研究所	Martin Friedlander
Using Patient-Specific iPSC derived Dopaminergic Neurons to overcome A major Bottleneck in Parkinson's Disease Research and Drug Discovery	3,701,766	パーキンソン機構 (Parkinson's Institute)	William Langston
Maximizing The Safety of Induced Pluripotent Stem Cells as An Infusion Therapy: Limiting The Mutagenic Threat of Retroelement Retrotransposition during iPSC Generation, Expansion and Defferentiation	1,327,973	グラッドストーン研究所	Warner Greene

(出典) カリフォルニア再生医療機構「Search All CIRM Grants」の情報等に基づき JST・CRDS が作成

h) 基礎段階の橋渡し研究プロジェクト II

基礎段階の橋渡し研究プロジェクト II (Early Translational II Research Awards) の枠組みで、ファンディングが行われている。内容は、次のようになっている。

- 1) 支援対象を、「幹細胞研究における発見の療法や診断への橋渡し (projects that enable the initial stage to move promising discoveries in stem cell research toward potential stem cell-based therapies and diagnostics)」と定めている。
- 2) 予算総額は「最大 8,000 万ドル」、採択プロジェクト数は「約 20 件」に設定されている。
- 3) 研究期間は「最長 3 年間」に設定されている。
- 4) 採択時期は「2010 年 10 月」となっている。

これらの中から、iPS 関連プロジェクトが抽出された。概要をまとめると、以下のようになる。

- 1) 基礎段階の橋渡し研究プロジェクト II において、2 件の iPS 細胞関連プロジェクトが特定できる。
- 2) プロジェクト実施主体は、1 件が病院、1 件が企業となっている。
- 3) 累計で、7,397,637 ドルの研究資金が投入されている。
- 4) 機関別の投入資金額は、次のようになっている。
 - アイピエリアン ; 5,665,887 ドル (累計プロジェクト数 ; 1 件)
 - シティーオブホープ国立医療センター ; 1,731,750 ドル (累計プロジェクト数 ; 1 件)

図表 4-8 カリフォルニア再生医療機構のiPS細胞関連プロジェクト
 ／Early Translational II Research Awards

プロジェクト名	ファンディング額 (ドル)	実施主体	
		研究機関	中核研究者
New Drug Discovery for SMA using Patient-Derived Induced Pluripotent Stem Cells	5,665,887	アイピエリアン (iPierian, Inc.)	Michael Venuti
Developing A Therapeutic Candidate for Canavan Disease using Induced Pluripotent Stem Cell	1,731,750	シティーオブホープ 国立医療センター	Yanhong Shi

(出典) カリフォルニア再生医療機構「Search All CIRM Grants」の情報等に基づき JST・CRDS が作成

i) 疾病研究チーム企画プロジェクト

疾病研究チーム企画プロジェクト (Disease Team Planning Awards) の枠組みで、ファンディングが行われている。内容は、次のようになっている。

- 1) 支援対象を、「疾病研究チームプロジェクトの企画 (planning and proposal development for the Disease Team Research Awards)」と定めている。
- 2) 予算総額は「最大 110 万ドル」、採択プロジェクト数は「最大 20 件」に設定されている。
- 3) 研究期間は「最長 6 ヶ月」に設定されている。
- 4) 採択時期は「2008 年 6 月」となっている。

これらの中から、iPS 細胞関連プロジェクトが抽出された。概要をまとめると、以下のようになる。

- 1) 疾病研究チーム企画プロジェクトにおいて、1 件の iPS 細胞関連プロジェクトが特定できる。
- 2) プロジェクト実施主体は、研究所となっている。
- 3) 具体的には、グラッドストーン研究所に対し、53,972 ドルの研究資金が投入されている。

図表 4-9 カリフォルニア再生医療機構のiPS細胞関連プロジェクト／Disease Team Planning Awards

プロジェクト名	ファンディング額 (ドル)	実施主体	
		研究機関	中核研究者
Pluripotent Stem Cell-Based Therapy for Heart Disease	53,972	グラッドストーン研究所	Deepak Srivastava

(出典) カリフォルニア再生医療機構「Search All CIRM Grants」の情報等に基づき JST・CRDS が作成

j) 疾病研究チームプロジェクト

疾病研究チームプロジェクト (Disease Team Research Awards) の枠組みで、ファンディングが行われている。内容は、次のようになっている。

- 1) 支援対象を、「幹細胞研究に基づく療法の臨床試験への展開を加速する研究チーム (actively managed multidisciplinary teams engaged in milestone-driven translational research, to accelerate potential therapies based on stem cell research toward clinical testing)」と定めている。
- 2) 予算総額は「最大 2 億 1,000 万ドル」、採択プロジェクト数は「最大 12 件」に設定されている。
- 3) 研究期間は「最長 4 年」に設定されている。
- 4) 採択時期は「2009 年秋」となっている。

これらの中から、iPS 細胞関連プロジェクトが抽出された。概要をまとめると、以下のようになる。

- 1) 疾病研究チームプロジェクトにおいて、1 件の iPS 細胞関連プロジェクトが特定できる。
- 2) プロジェクト実施主体は、大学となっている。
- 3) 具体的には、スタンフォード大学に対し、11,709,574 ドルの研究資金が投入されている。

図表 4-10 カリフォルニア再生医療機構のiPS細胞関連プロジェクト
／Disease Team Research Awards

プロジェクト名	ファンディング額 (ドル)	実施主体	
		研究機関	中核研究者
iPS Cell-Based Treatment of Dystrophic Epidermolysis Bullosa	11,709,574	スタンフォード大学	Alfred Lane

(出典) カリフォルニア再生医療機構「Search All CIRM Grants」の情報等に基づき JST・CRDS が作成

2.2.3 ニューヨーク州政府

ニューヨーク州政府では、「ニューヨーク幹細胞科学 (New York Stem Cell Science)」の仕組みの下で、iPS 細胞関連のファンディングが展開されている。

具体的には、「iPS 細胞及び関連領域の研究 (Targeted Request for Applications for Investigation of iPS and Other Derivation Approaches)」の枠組みを用い、プロジェクト公募が行われている。内容は、次のようになっている。

- 1) 公募対象を「ヒトまたはマウスの iPS 細胞に関わる方法、機構、効率、評価及び可能性の研究 (studies to seek new methods for inducing human or mouse iPS cells, to establish the mechanisms of reprogramming of iPS cells, to determine the efficiency of the published methods for making human or mouse iPS cells, to characterize iPS cells, and to investigate the potential for using human or mouse iPS cells)」と定めている。
- 2) 予算枠の総額は、「約 2,100 万ドル」となっている。
- 3) 研究期間は「最長 3 年間」に設定されている。
- 4) プロジェクト開始時期は「2009 年 1 月」に設定されている。

採択プロジェクトが公表されており、研究題目及び研究概要の記載から、上記枠組みの中で 17 件の iPS 細胞関連プロジェクトが採択されていることが分かる。これらに対し、1,480 万ドルの研究資金が投じられている。

機関別の投入資金額は、次のようになっている。

- マウントサイナイ医科大学 ; 3,240,000 ドル (累計プロジェクト数 ; 3 件)
- コロンビア大学 ; 2,400,000 ドル (累計プロジェクト数 ; 3 件)
- コロンビア大学医療センター ; 1,320,000 ドル (累計プロジェクト数 ; 2 件)
- メモリアルスローンケタリング癌センター ; 2,148,031 ドル (累計プロジェクト数 ; 2 件)
- ニューヨーク州立大学バッファロー校 ; 1,080,000 ドル (累計プロジェクト数 ; 1 件)
- ニューヨーク州立大学ストーニブルック校 ; 1,076,309 ドル (累計プロジェクト数 ; 1 件)

図表 5 ニューヨーク州のiPS細胞関連プロジェクト

プロジェクト名	ファンディング額 (ドル)	実施主体	
		研究機関	プリンシパル インベスティゲーター
Characterization of iPS using A Novel High Throughput Replication Timing Assay	971,489	アルバートアインシュタイン医科大学	Eric Bouhassira
Intracellular Signaling Cascades in iPS Reprogramming	1,080,000	コロンビア大学	Asa Abeliovich
Human iPS Cell-Based Models for Neurodegeneration	1,080,000	コロンビア大学	Asa Abeliovich
Human iPS Cells as A Model to study ALS Pathogenesis	1,080,000	コロンビア大学医療センター	Hynek Wichterle
Exploring Human iPS Cells for The Hematopoietic and Genetic Correction of B-Thalassemia	1,080,000	メモリアルスローンケタリング癌センター	Michel Sadelain
In Vivo Function of Human iPS Derived Neural Precursors	1,068,031	メモリアルスローンケタリング癌センター	Viviane Tabar
Congenital Erythropoietic Porphyria: Evaluation of iPS Cells for Murine and Human Therapy	1,080,000	マウントサイナイ医科大学	David Bishop
Using A Novel Regulator of hES Cell Pluripotency in Generating iPS Cells	1,080,000	マウントサイナイ医科大学	Saghi Ghaffari
Analyses of Pluripotency in Reprogrammed Induced Pluripotent Stem Cells	1,080,000	マウントサイナイ医科大学	Ihor Lemischka
Human Retinal Pigment Epithelial and Induced Pluripotent Stem Cells for Parkinson's Disease	1,000,000	再生研究財団 (Regenerative Research Foundation)	Sally Temple
Using Improved iPS Derivation and Differentiation Methods to study Parkinson's Disease	1,080,000	ニューヨーク州立大学バッファロー校	Jian Feng
In Vivo Assessment of The Tumorigenic Potential of iPS-Inducing Transcription Factors in Mouse Models	1,076,309	ニューヨーク州立大学ストーニブルック校	Ute Moll
iPS Cell Therapy for Diseases of Adult Acquired Demyelination	1,047,974	ロチェスター大学医療センター	Steven Goldman
Stem Cell Activity and Human Longevity	240,000	ワイルコーネル医科大学	Todd Evans
Induced Pluripotent Stem Cells Derived from Mesenchymal Stem Cells	240,000	コロンビア大学	Timothy Wang
The Development of Patient-Specific Cardiomyocytes differentiated from Induced Pluripotent Stem Cell as A Cellular Model for The Molecular, Cellular, and Electrophysiologic Characterization of Long QT Syndrome	240,000	コロンビア大学医療センター	Jonathan Lu
Genetic Background and Efficient Generation of Induced Pluripotent Stem Cells	228,840	コーネル大学	Lisa Fortier

(出典) New York State, New York Stem Cell Science 「Targeted Request for Applications for Investigation of iPS and Other Derivation Approaches, Awards」の情報等に基づきJST・CRDSが作成

2.2.4 コネチカット州政府

コネチカット州政府では、公衆衛生局（Department of Public Health）の所掌の下で、iPS 細胞関連のファンディングが展開されている。

具体的には、「幹細胞研究プログラム（Stem Cell Research Program）」の枠組みを用い、プロジェクト公募が行われている。内容は、次のようになっている。

- 1) 公募対象を「胚性幹細胞研究、ヒト成体幹細胞研究（advancement of embryonic and/or human adult stem cell research）」と定めている。
- 2) 予算枠の総額は、「2006 年度～2015 年度の 10 年間で 1 億ドル以上」となっている。
- 3) プロジェクト期間は、「概ね 4 年以内」に設定されている。

採択プロジェクトが公表されており、研究題目及び研究概要の記載から、上記枠組みの中で 2009 年度に 4 件、2010 年度に 5 件、合計 9 件の iPS 細胞関連プロジェクトが採択されていることが分かる。これらに対し、380 万ドルの研究資金が投じられている。

機関別の投入資金額は、次のようになっている。

- コネチカット大学健康センター ; 2,892,498 ドル（累計プロジェクト数 ; 6 件）
- コネチカット大学 ; 699,956 ドル（累計プロジェクト数 ; 2 件）

図表 6 コネチカット州のiPS細胞関連プロジェクト

年度	プロジェクト名	ファンディング額 (ドル)	実施主体	
			研究機関	プリンシパル インベスティゲーター
2010	In Vivo Evaluation of Human ES, iPS and Adult Brain Derived Neural Progenitor Cell Transplantation and Migration using MRI	200,000	エール大学	Eric Shapiro
	Efficient Methodologies to generate Customized Anti-Tumor Effector T Cells from Human Embryonic Stem Cells and Induced pluripotent Stem Cells by T Cell Receptor Engineering	200,000	コネチカット大学健康センター	Arvind Chhabra
	Generation of A Novel Source of iPS Cells for The Treatment of Osteoarthritis	200,000	コネチカット大学健康センター	Rosa Guzzo
	Discovering Treatments to prevent Neurodegeneration in Huntington's Disease using hESC and Patient-Derived Ipsc	200,000	コネチカット大学	Carolyn Drazinic
	Modeling Parkinson's Disease using Human Embryonic Stem Cells and Patient-Derived Induced Pluripotent Stem Cells	992,500	コネチカット大学健康センター	James Yuanhao Li
2009	Williams Syndrome Associated TFII-I Factor and Epigenetic Marking-Out in hES and Induced Pluriopotent Stem Cells	500,000	コネチカット大学健康センター	Dashzeveg Bayarsaihan
	Therapeutic Differentiation of Regulatory T Cells from iPS and hES for Immune Tolerance	499,998	コネチカット大学健康センター	Zihai Li
	Prevention of Spontaneous Differentiation and Epigenetic Compromise of Human ES and iPS Cells	499,956	コネチカット大学	Theodore Rasmussen
	Development of iPS Cells to study Craniometaphyseal Dysplasia in Humans	500,000	コネチカット大学健康センター	Alex Lichtler

(出典) State of Connecticut, Department of Public Health 「Stem Cell Research Program, Grant」 の情報等に基づきJST・CRDSが作成

2.2.5 英国バイオテクノロジー生物科学研究会議

英国では、医学研究会議とバイオテクノロジー生物科学研究会議が 2008 年に実施した「iPS 細胞研究プラットフォーム (Research Platform for Induced Pluripotent Stem Cells)」の公募結果に基づき、複数のプラットフォームへの研究支援が展開されている。個々の研究会議との現地会合でもプラットフォームに関する言及があり、バイオテクノロジー生物科学研究会議はそこでの活動について、以下の見解を示した。

- 支援する複数のプラットフォームでは、再プログラム等の基礎研究に加え、iPS 細胞を用いた新薬候補物質のスクリーニングや毒性試験に関する研究が行われている。

iPS 細胞関連の研究支援状況を把握するため、バイオテクノロジー生物科学研究会議の公開検索システムである「Advanced Grants Search」を用い、研究投資が行われているプロジェクトを抽出した。検索条件は、次のように定めた。

- 第一に、システム上に設けられた「文章検索機能 (Text Search)」を用い、“iPS”又は“Stem Cells”をキーワードとして含むプロジェクトを抽出。
- 第二に、これらの中から「研究題目 (Title)」に iPS 細胞との関わりが明示されているものを特定。
- 第三に、研究題目では明確に判断できないプロジェクトについて、「研究概要 (Abstract, Summary)」の内容を分析。関わりが確認されたものを iPS 細胞関連プロジェクトとして追加。
- したがって、抽出されたプロジェクトは全体の一部であり、バイオテクノロジー生物科学研究会議がファンディングを行った全ての iPS 細胞関連プロジェクトを表すものではない。

検索の結果、2008 年度 (2008 年 4 月～2009 年 3 月) 以降、8 件の iPS 細胞関連プロジェクトが採択されていることが分かった。これらに対し、合わせて 390 万ポンドの研究資金が投じられている。

機関別の投入資金額は、次のようになっている。

- ケンブリッジ大学 ; 1,192,211 ポンド (累計プロジェクト数 ; 1 件)
- エジンバラ大学 ; 1,186,661 ポンド (累計プロジェクト数 ; 1 件)
- バブラハム研究所 ; 532,028 ポンド (累計プロジェクト数 ; 3 件)

図表 7 バイオテクノロジー生物科学研究会議のiPS細胞関連プロジェクト

プロジェクト名	ファンディング額 (ポンド)	実施期間	実施主体	
			研究機関	プリンシパル インベスティゲーター
The System Biology of Network Stress based on Data generated from In Vitro Differentiated Hepatocytes from Individual-Specific Human iPS Cells	264,916	2010年10月～2013年8月	マンチェスター大学	Hans Westerhoff
New Regulators of Pluripotency and Epigenetic Reprogramming in ES and iPS Cells	74,410	2010年4月～2014年4月	バブラハム研究所	Wolf Reik
New Epigenetic Reprogramming Factors: Functional Testing in ES and iPS Cells and Development of Small Molecule Modulators	433,265	2010年3月～2013年2月	バブラハム研究所	Wolf Reik
The Stat3 Pathway in Self-Renewal Pluripotency and The Germline	1,192,211	2009年6月～2013年5月	ケンブリッジ大学	Austin Smith
Developing Scalable and Standardized Manufacturing Methods for Human Pluripotent Stem Cells	372,907	2009年5月～2012年10月	ローボロー大学	Chris Hewitt
Developing Scalable and Standardized Manufacturing Methods for Human Pluripotent Stem Cells	363,001	2009年2月～2012年2月	ノッティンガム大学	Lorraine Young
An In Vitro Compartmentalisation Screen for Demethylases in Mammals	24,353	2009年1月～2011年12月	バブラハム研究所	Wolf Reik
Stem Cell Biology – Ageing, Developmental Biology, Genetically Modified Animals, Stem Cells, The 3Rs	1,186,661	2008年8月～2010年7月	エジンバラ大学	Christopher Whitelaw

(出典) バイオテクノロジー生物科学研究会議「Search Awarded Grants, Advanced Grants Search」の情報等に基づきJST・CRDSが作成

3. 調査結果の総括

第4期科学技術基本計画（2011年8月に閣議決定）の中で、成長をもたらす原動力として「ライフイノベーション」及び「グリーンイノベーション」という二つの柱が明確に位置付けられた。医療・介護・健康を対象とするライフイノベーション、エネルギー・環境を対象とするグリーンイノベーションの推進が、震災からの復興等と並んで、今後5年間（2011年～2015年）の重点目標となる。

科学技術によるイノベーションを重視する動きは、欧米先進国に共通して見られる。少子高齢化や地球温暖化などの高度で複雑な課題が顕在化し、その解決には従来の延長線上に無い新たな取り組みが必要となることが背景にある。社会課題の本質的解決に向け、未踏の科学原理や革新技术の創出が求められている。

こうした流れの代表として、ライフイノベーションにつながる「iPS細胞（Induced Pluripotent Stem Cells；人工多能性幹細胞）」の動きが注目される。

京都大学・山中伸弥教授のグループが、受精卵や胚性幹細胞を用いずに、体を構成する全ての組織や臓器に分化する可能性を持つ万能細胞を初めて作り出した。2006年にマウスの線維芽細胞（皮膚の成分を作る細胞）から、2007年にヒトの線維芽細胞から、iPS細胞を作成することに成功している。

その結果、iPS細胞を含む幹細胞を用いたライフイノベーションへの期待が大きく高まった。各国・地域でのメディア報道に象徴されるように、生命倫理上の障壁が低く、患者自身の体から作れるために拒絶反応を抑制できるiPS細胞は、再生医療の切り札として社会の注目を集めている。加えて、生命の仕組みの解明、疾患研究や創薬など、基礎研究から臨床研究、さらには産業応用につながる幅広い活用が期待されることから、科学技術によるイノベーションをもたらす有望な選択肢として、研究開発の促進・強化が求められる。

実際を上記事態を受けて、各国・地域においてiPS細胞を巡る研究活動が活発化している。日本では、文部科学省が2008年度本予算で約30億円を確保（前年度比約10倍）し、これに続く2008年度補正予算では約15億円、2009年度本予算では約45億円、さらに2009年度補正予算では約100億円を措置するなど、重点的財政投入が図られた。

こうした研究投資が展開される一方で、個々の研究現場に入ると、「iPS細胞が研究全体に及ぼすインパクト」への高い評価と共に、「実用化までの多様な研究課題の存在」を指摘する声が見つかる。これらは、iPS細胞がライフイノベーションをもたらす大きな可能性を持つことに加え、その活用には広範かつ長期に渡る研究が必要となることを示唆する。

したがって上記想定に立てば、日本発の画期的発明であるiPS細胞を社会において最大限活用するために、その前提として「実用化までの多様な課題を克服し、iPS細胞をイノベーションにつなげていく長期シナリオ」を構築しなければならない。

そこで、以上の背景に応えるため、「iPS細胞を巡る国際動向と今後の研究展開」をテーマとする「G-T e C（Global Technology Comparison）」を行った。G-T e Cは、重要な科学技術動向に焦点を当て、各国・地域の状況を分析することで日本のポジションを確認し、今後取るべき戦略の立案に貢献することをミッションとする。

調査には、公開情報に基づく基礎調査、米欧での海外現地会合などの手法を用いた。第一に、文献・特許データなどをもとに、各国・地域における注目機関を特定した。第二に、特定した機関との会合を持ち、iPS 細胞を巡る研究動向を追跡した。第三に、会合結果を踏まえ、「iPS 細胞をイノベーションにつなげるシナリオ」を構築するための要件を抽出した。その上で、第四に、現地会合後の各国・地域の状況をフォローすることで、抽出した要件の妥当性を分析した。

a) iPS 細胞を巡る産業界の動向

最初に、産業界へのインパクトを検証するため、京都大学・山中伸弥教授のグループが iPS 細胞の作成に成功した 2007 年を起点に、その後の動向を追跡した。

その結果、2008 年以降、企業が幹細胞研究に取り組む動きが拡がりを見せていることが分かった。2008 年から 2010 年にかけて、グラクソスミスクライン、ファイザー、ノバルティス、ロシュ、アストラゼネカの製薬企業 5 社が、相次いで幹細胞研究のための新体制を構築している。2007 年に iPS 細胞が出現したことで幹細胞への関心が高まり、企業の研究参画が拡大していった経緯が見て取れる。

関連する調査結果と合わせ、iPS 細胞を巡る産業界の動向を考察すると、次のポイントが導き出される。

- iPS 細胞の誕生により幹細胞への産業界の関心が高まり、企業の研究参画が拡大している。
- iPS 細胞が出現したことで、物質のスクリーニングや疾患モデルを研究するツールとして、幹細胞の有効性が高まったことが大きな背景としてある。
- 特に、患者由来の iPS 細胞を創薬に適用していくことが期待されている。

実際に、グラクソスミスクラインやアベンティスが連携相手に選んだハーバード幹細胞研究所との会合では、以下の見解が示された。

- iPS 細胞が出現したことで、幹細胞への産業界の関心が大きく高まっている。
- ES 細胞 (Embryonic Stem Cells ; 胚性幹細胞) と比較した場合、iPS 細胞は使用面での生命倫理上の障壁が低く、多様かつ多数の幹細胞を利用できる可能性を持つことが理由として挙げられる。
- 特に、製薬企業において、創薬のスクリーニングシステムとして患者由来の iPS 細胞を用いることへのニーズが高い。
- 患者由来の iPS 細胞を活用することで、研究初期段階のスクリーニングやスクリーニング精度の向上を実現し、創薬の成功確率を大幅に高めていくことが狙いとなっている。

中核機関であるハーバード幹細胞研究所の見解からも、iPS 細胞を創薬に適用する動きが裏付けられる。

ハーバード幹細胞研究所は、ハーバード大学の 9 部門、関連する 11 の病院・研究機関が協働する形で 2004 年に設立された。基礎研究から臨床応用までカバーした研究コミュニティを母体に、幹細胞科学に基づく再生医療や創薬の研究を展開している。独自のインフラとして療法スクリーニングセンター (Therapeutic Screening Center) が設置されており、幹細胞を評価ツールに用い、新たな療法につながる候補物質として、低分子化合物、複合材料、遺伝子生成物、タンパク質などをスクリーニングする機能を持つ。そのために、試料作成から分析評価までの全工程をカバーする一連の装置が整備されている。

b) iPS 細胞を巡るファンディング動向

次に、iPS 細胞を巡る研究支援状況を把握するため、米欧で注目されるファンディング動向の詳細を調べた。その結果、米国全体としての連邦政府のファンディングを担う国立衛生研究所が、2009 年度に 5,750 万ドル、2010 年度に 1 億 6,170 万ドルの研究投資を行っていることが分かった。

投資対象を明らかにするため、国立衛生研究所の公開検索システムを用い、実際にファンディングが行われたプロジェクトの抽出を試みた。その結果、2008 年度のファンディングからは 170 万ドル、2009 年度は 3,220 万ドル、2010 年度は 4,840 万ドル、合わせて 8,230 万ドルの iPS 細胞関連プロジェクトが特定できた。抽出したプロジェクトは全体の一部に止まるが、「心肺血液」「神経疾患・脳卒中」「精神衛生」「関節炎・骨格筋・皮膚疾患」などの多様な用途を対象に、iPS 関連の研究支援が拡大している状況が確認できる。

連邦政府に加え、州政府によるファンディングも広がっている。カリフォルニア州は 2004 年にカリフォルニア再生医療機構を設立し、30 億ドルの基金を用い、州内の大学や研究機関への研究投資を行っている。各種療法や診断に役立つ幹細胞研究及び再生医療を支援することを目的としており、この中で iPS 細胞関連プロジェクトへのファンディングが展開されている。ここでも公開検索システムを用いた分析から、2008 年には 2,410 万ドル、2009 年は 2,810 万ドル、2010 年は 1,590 万ドル、2011 年は 2,370 万ドル、合わせて 9,190 万ドルの iPS 細胞関連プロジェクトが特定された。

この他に、ニューヨーク州政府では少なくとも 1,480 万ドル、コネチカット州政府では少なくとも 380 万ドルの研究投資が行われている。

欧州においても iPS 細胞関連のファンディングが見つかった。例えば、英国では、医学研究会議とバイオテクノロジー生物科学研究会議が 2008 年に実施した公募結果に基づき、複数のプラットフォームへの研究支援を行っている。この中で、細胞の再プログラム等の基礎研究に加え、iPS 細胞を用いた新薬候補物質のスクリーニングや毒性試験に関する研究が展開されている。

c) iPS 細胞を活用したイノベーション

上記で把握した産業界やファンディング動向に加え、米欧での注目機関との現地会合、会合後の各国・地域の状況調査を総合することで、iPS 細胞をイノベーションにつなげるシナリオを検討した。検討結果をまとめると、次のようになる。

- 1) 京都大学・山中伸弥教授のグループが、体を構成する全ての組織や臓器に分化する可能性を持つ iPS 細胞を開発した。この発明が、各国・地域でのライフイノベーションを目指す動きに繋がっている。
- 2) iPS 細胞によるイノベーションは、2つの大きな流れで整理できる。第一が「創薬への展開」であり、薬の効果や疾患モデルを研究するツールとして用いる取り組みになる(第二の流れについては、7項で説明する)。
- 3) iPS 細胞は、多様かつ多数の幹細胞を作製することが可能で、ES 細胞と比較し、使用面での生命倫理上の障壁が低い。新薬候補物質のスクリーニングや疾患モデルを研究するツールとして優れた特徴を持つ。
- 4) iPS 細胞を用いることで研究初期段階でのスクリーニングやスクリーニング精度の向上を実現できれば、創薬の成功確率が大きく高まる。このため、企業が幹細胞に注目するようになった。
- 5) 特に、患者由来の iPS 細胞の可能性に期待しており、欧米企業の研究参画が広がっている。
 - グラクソスミスクラインは、2008年に、iPS 細胞などの幹細胞を創薬に適用するため、ハーバード幹細胞研究所との連携を構築。神経疾患、心臓病、癌、糖尿病、筋骨格疾患、肥満の6領域が対象。
 - ファイザーは、2008年に、iPS 細胞などの幹細胞を創薬に適用していく新部門を社内に設置。
 - ノバルティスは、2009年に、iPS 細胞などの幹細胞を創薬に適用するため、ハーバード幹細胞研究所との連携を構築。
 - ロシュは、2009年に、iPS 細胞などの幹細胞を創薬に適用することを目的に、マサチューセッツ総合病院及びハーバード大学との連携を構築。代謝性疾患や心臓血管疾患が最初のターゲット。
 - アストラゼネカは、2010年に、iPS 細胞などの幹細胞を疾患モデル研究に適用するため、ジョスリン糖尿病センターとの連携を構築。2型糖尿病が対象。

- 6) これらの動きから、iPS 細胞をライフィノベーションにつなげる第一の方策として、「iPS 細胞を活用することで創薬の成功確率を高め、イノベーションを促進していく」というシナリオが導き出されることになる。本シナリオに製薬企業が強い関心を示していることを、米欧の複数機関が指摘した。
- 7) 第二の流れが「医療への展開」になる。2009年5月に、本分野での中核を担う米国国立衛生研究所が「iPS 細胞を用いた新たな展開 (Promise of Induced Pluripotent Stem Cells)」をテーマとするワークショップを開催した。
- 8) 国立衛生研究所の各部門に加え、ハーバード大学、マサチューセッツ総合病院、マサチューセッツ大学、カリフォルニア大学サンフランシスコ校、スタンフォード大学、ソーク研究所などが参加している。
- 9) 本ワークショップでの議論を通じ、以下の方向が示された。
- iPS 細胞の研究は急速に進展していく。創薬、医療、そのための疾患モデルの研究において多様な展開が期待される。
 - iPS 細胞は、低分子の同定や分子経路などを発見するツールとして、薬の効果や疾患モデルの研究に活用されていく。
 - 一方、再生医療への展開においては、更なる検討が必要になる。iPS 細胞の生成過程について未解明な事項が存在しており、医療全般に展開していく前提として、iPS 細胞の品質評価・管理のための継続的な研究が求められる。
 - このため、今後数年間は、疾患モデルの研究や損傷組織の部分再生への適用を図りながら、本格展開に向けた基盤研究に取り組んでいくことが想定される。
- 10) 以上から、ライフィノベーションにつなげるもう一つの道筋として、「必要な基盤研究を継続しながら、“疾患モデルの研究や細胞の部分再生” から “再生医療の本格展開” へとつなげていく」というシナリオが導き出されることになる。
- 11) つまり、iPS 細胞によるライフィノベーションは、二つの大きな流れで整理できる。
- 第一の流れが「創薬への展開」であり、iPS 細胞を薬の効果や対象になる疾患モデルを研究するツールとして用いる取り組みになる。製薬企業と連携した新薬の探索が、代表的動きとして挙げられる。
 - 第二の流れが「医療への展開」であり、これらの取り組みには「テーラーメイド型の再生医療 (拒絶反応の抑制が可能な “患者自身の iPS 細胞を用いた再生医療”）」に対する期待が含まれる。

- 12) 上記二つの流れについて、先に創薬の動きが起こり、次に医療へと広がるという認識は、米欧で現地会合を持った複数の機関に共通していた。
- 13) すなわち、iPS 細胞は最初に創薬の分野で、次いで医療においてライフイノベーションを促す力を持つ。そのために、前提となる「“分化万能性”や“品質評価・管理”に関わる基盤研究」に継続して取り組んでいく必要がある。
- 14) 実際に、こうしたニーズに応えた iPS 細胞への研究支援が拡大している。米国全体としての連邦政府のファンディングを担う国立衛生研究所は、iPS 細胞関連に対し、2009 年度は 5,750 万ドル、2010 年度は 1 億 6,170 万ドルの研究資金を投じた。
- 15) 上記を反映し、国立衛生研究所の 15 部門が iPS 細胞に関与しており、「心肺血液」「神経疾患・脳卒中」「精神衛生」「関節炎・骨格筋・皮膚疾患」などを中心に、多様な用途での研究支援を行っている。
- 16) 連邦政府に加え、州政府の動きも広がっている。カリフォルニア州は、2004 年に設立したカリフォルニア再生医療機構の下で、iPS 細胞関連のファンディングを展開している。本調査の分析で、少なくとも 9,190 万ドルの研究投資が行われていることを確認した。
- 17) これらに加え、ニューヨーク州では少なくとも 1,480 万ドル、コネチカット州では少なくとも 380 万ドルの研究投資が行われている。
- 18) 欧州においても、iPS 細胞関連のファンディングが見つかる。例えば、英国の医学研究会議とバイオテクノロジー生物科学研究会議は複数の研究プラットフォームを支援しており、この中で、細胞の再プログラム等の基礎研究に加え、iPS 細胞を用いた新薬候補物質のスクリーニングや毒性試験に関する研究が展開されている。
- 19) 以上のように、iPS 細胞が出現したことで、産業界の幹細胞への関心が高まり、企業が研究に参画するようになった。こうした動きに呼応するように、ファンディングや研究支援対象も拡大している。
- 20) その結果、研究に産業ニーズを取り込む流れが強まり、適用対象が広がり、研究全体を活性化する好循環がもたらされる。
- 21) 幹細胞の研究全体を活性化するこれらの効果を活かし、iPS 細胞によるライフイノベーションの実現に向け、研究コミュニティの総力を結集した取り組みが期待される。

CRDS-FY2011-CR-01

G-TeC 報告書

iPS 細胞を巡る国際動向と今後の研究展開

G-TeC Report

Global Trends surrounding iPS Cells and Their Research Directions

平成 23 年 10 月 October 2011

独立行政法人科学技術振興機構 研究開発戦略センター 海外動向ユニット

Overseas Unit, Center for Research and Development Strategy

Japan Science and Technology Agency

〒 102-0084 東京都千代田区二番町 3 番地

電 話 03-5214-7487

ファックス 03-5214-7558

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

© 2011 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.

ATTAATC A AAGA CCTAACT CTCAGACC

CT CTCGCC AATTAATA

TAA TAATC

TTGCAATTGGA CCCC

AATTCC AAAA GGCCTTAA CCTAC

ATAAGA CTCTAACT CTCGCC

AA TAATC

AAT A TCTATAAGA CTCTAACT CTAAT A TCTAT

CTCGCC AATTAATA

ATTAATC A AAGA CCTAACT CTCAGACC

AAT A TCTATAAGA CTCTAACT

CTCGCC AATTAATA

TTAATC A AAGA CCTAACT CTCAGACC

AAT A TCTATAAGA CTCTAACT

ATTAATC A AAGA CCT

GA CCTAACT CTCAGACC

0011 1110 000

00 11 001010 1

0011 1110 000

0100 11100 11100 101010000111

001100 110010

0001 0011 11110 000101

