

Title	科学技術予測にみるライフイノベーションの推進の方策
Author(s)	重茂, 浩美; 関根, 進
Citation	年次学術大会講演要旨集, 25: 960-964
Issue Date	2010-10-09
Type	Conference Paper
Text version	publisher
URL	http://hdl.handle.net/10119/9449
Rights	本著作物は研究・技術計画学会の許可のもとに掲載するものです。This material is posted here with permission of the Japan Society for Science Policy and Research Management.
Description	一般講演要旨

科学技術予測にみるライフイノベーションの推進の方策

○重茂 浩美、関根 進（文科省・科学技術政策研）

1. はじめに

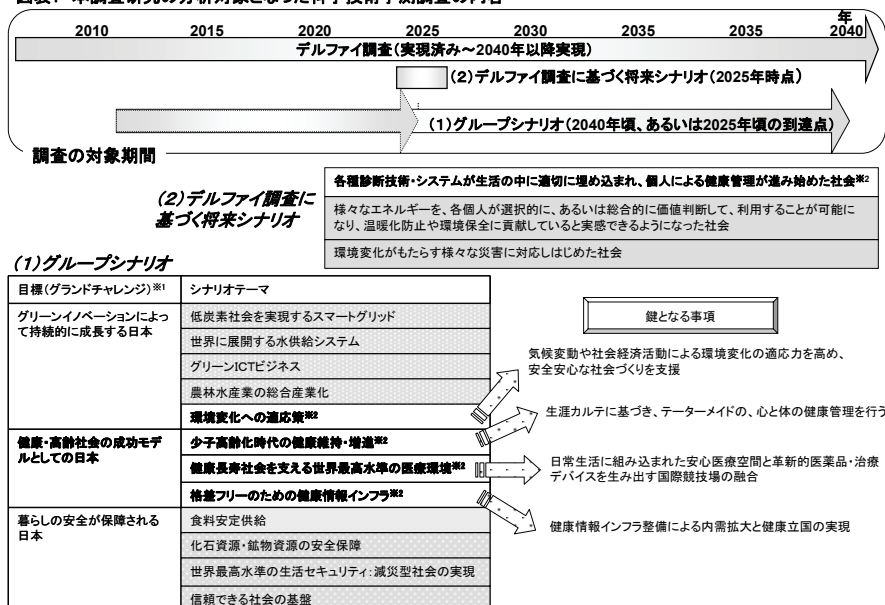
我が国では、2010年6月に閣議決定された「新成長戦略」において、地球規模の課題を解決する課題解決型国家を目指す方針が打ち出され、国家戦略の大きな柱としてグリーンイノベーションとライフイノベーションの推進が掲げられた。総合科学技術会議・基本政策専門調査会によって策定された「科学技術基本政策策定の基本方針」（2010年6月16日）の中では、科学技術が貢献できるライフイノベーションについての考え方を「医療・介護・健康分野における科学・技術による課題解決、イノベーションの実現により、国民生活の質の向上、産業・経済の長中期的な発展、成長を目指す」こととしている。

本調査研究では、科学技術政策研究所・科学技術動向研究センターが2008～2009年度に実施した「将来社会を支える科学技術予測調査」に基づいて、科学技術によるライフイノベーション推進の方策を検討した。「将来社会を支える科学技術予測調査」では、世界の動向及び日本の状況を考慮して、科学技術がチャレンジしていくべき4つの方向性（グランドチャレンジ）を設定し、そのグランドチャレンジに対して解をもたらし科学技術の抽出とその将来展望を行った。グランドチャレンジの1つである「健康・高齢社会の成功モデルとしての日本」に着目し、そのグランドチャレンジに向けて解を見出すための科学技術予測の結果を基に、ライフイノベーション推進の方策について提案する。

2. 調査研究の対象

「将来社会を支える科学技術予測調査」のうち、「第9回デルファイ調査」（NISTEP Report No.140）、及び「科学技術が貢献する将来へのシナリオ」（NISTEP Report No.141）を分析対象として選んだ。前者は、2011年から2040年までの30年間の将来展望を行ったものである。既存の分野概念を排除した学際的な12の分科会によって832の科学技術トピックを設定し専門家アンケートを実施、のべ2900名の専門家からの回答を分析した。後者は、上記のグランドチャレンジに対し、将来社会の変化と知の統合による枠組みや道筋について、(1)グループワークによるシナリオライティング（15～30年後の将来社会像、計12シナリオ、以下、グループシナリオ）、(2)デルファイ調査結果に基づく将来シナリオ（2025年の将来社会像、計3シナリオ）、(3)若い層による将来社会の検討、の3つのアプローチによる描出を試みたものである（調査の詳細はNISTEP Reportを参照のこと）。これらシナリオのうち、本調査研究では、専門家の意見に基づく(1)及び(2)を分析した。図表1に、本調査研究の対象となった(1)及び(2)のシナリオテーマ、及びそれらシナリオとデルファイ調査の対象期間を記す（太文字箇所）。

図表1 本調査研究の分析対象となった科学技術予測調査の内容



※1 グランドチャレンジとしては、このほか「科学技術力で注目される日本」を掲げたが、すべての科学技術に共通の目標であるため、個別のシナリオライティングは行わなかった。
 ※2 (1)及び(2)のシナリオのうち、本調査研究の対象となったもの。

3. 分析結果

3-1. ライフイノベーションにかかわる科学技術

第9回デルファイ調査より、ライフイノベーションに貢献する科学技術トピックを抽出し（以下、トピックと記す）、それらの傾向を分析した。トピック抽出のクライテリアは、1. で記したグランドチャレンジ「健康・高齢社会の成功モデルとしての日本」、及び「科学技術基本政策策定の基本方針」におけるライフイノベーションについての考え方を基に設定した。具体的には、健康寿命の延伸と QOL の向上という観点から、健康維持・管理と疾病予防、各種疾病に対する診断・治療、QOL の改善が特に望まれる高齢者や障がい者に対する生活支援等にかかわるトピックを抽出した。

上記のクライテリアにより、12 分科会で設定された 832 トピックのうち 184 トピックを抽出した（図表 1）。それらのトピックから導き出された、ライフイノベーションに貢献する科学技術としては、健康維持・管理に資する生体情報モニタリング技術や機能性食品の開発技術、がん・生活習慣病・脳神経疾患・免疫疾患・感染症の病態解明とそこから導き出される医療技術（予防・診断・治療法）、網羅的分子情報を活用した疾病の発症予知と重症化予測、遠隔医療技術、再生医療技術（材料工学技術による人工臓器開発、幹細胞を用いた治療技術）、生殖医療技術、高齢者や障がい者の QOL 改善に向けた BMI（Brain-Machine Interface）技術などが挙げられた。各種疾患の治療に資する医薬品開発については、具体的な技術として病態把握に基づくシステム創薬技術や *in silico* 創薬技術が挙げられた。それらの医療関連科学技術に付随するものとして、技術の社会的浸透のための法制度・システムの改善とともに、医学研究者・医療従事者や国民の倫理観の醸成といった社会科学的な事項が挙げられた。

医療関連科学技術に加えて、健康維持・管理と疾病予防の観点から、環境中の有害化学物質のリスク管理、発生予測技術などの感染症制御技術、及び食中毒予防に貢献する食品安全管理に関する技術についても、ライフイノベーションに関連する科学技術として挙げられた。それらの科学技術は、健康維持・管理と疾病予防のみならず、環境問題への対策や暮らしの安全確保にも資する。

図表2 第9回デルファイ調査におけるライフイノベーション関連科学技術トピック

分科会	視点	全トピック数	ライフイノベーション関連	
			トピック数	主なトピック※
No. 1	ユビキタス社会に、電子・通信・ナノテクノロジーを生かす	70	9	生体情報モニタリング技術、BMI技術（高齢者のQOL改善）
No. 2	情報処理技術をメディアやコンテンツまで拡大して議論	76	14	生体情報モニタリング技術、遠隔医療、BMI技術（高齢者や障がい者のQOL改善）、感染症制御技術
No. 3	バイオとナノテクノロジーを人類貢献へ繋げる	58	42	医薬品開発、がん・生活習慣病・脳神経疾患などに対する予防・診断・治療、機能性食品の開発
No. 4	ITなどを駆使して医療技術を国民の健康な生活へ繋げる	85	85	がん・生活習慣病・脳神経疾患、感染症などに対する予防・診断・治療、高齢者や障がい者の介護技術、医療制度・医療システム改善
No. 5	宇宙・地球のダイナミズムを理解し、人類の活動領域を拡大する科学技術	64	2	医薬品開発や生命現象解明のためのX線技術、ヒトの思考現象解明を目的としたニューロンの観測技術
No. 6	多彩なエネルギー技術変革を起こす	72	0	—
No. 7	水・食料・鉱物などあらゆる種類の必要資源を扱う	59	3	未利用の深海微生物を利用した医薬品・食品開発、水系感染症の制御技術
No. 8	環境を保全し持続可能な循環型社会を形成する技術	68	4	環境中の有害化学物質の管理、生物資源のもつ特性を利用した新たな療法、高齢者に対する生活環境整備
No. 9	物質・材料・ナノシステム・加工・計測などの基盤技術	84	18	医薬品・医療機器開発、院内感染症対策、食品安全管理、環境中の有害性環境化学物質の管理
No. 10	産業・社会の発展と科学技術全般を総合的に支える製造技術	76	4	薬品や化粧品生産のためのマイクロ化学プロセス、生物学を含めた多次元学際融合によるポストナノテクノロジー
No. 11	科学技術の進展によりマネジメント強化すべき対象全般	58	2	患者と医療機関の間での健康管理エージェンツ業、健康に対する、物質・システムの長期的影響評価
No. 12	生活基盤・産業基盤を支えるインフラ技術群	62	1	遠隔医療と健康管理

※デルファイ調査における科学技術トピック名そのものではなく、トピックの内容に基づいて発表者がまとめたものを示す。

分科会毎の優先度・重要度の回答比率に基づいて、ライフイノベーション関連 184 トピックの中で専門家が特に重要であると考えたトピックを抽出した。図表 2 は、ライフイノベーションに強く関連する No.3 及び No.4 分科会において、重要とみなされたトピックの例である。また、これらの分科会以外にも、重要なトピックが挙げられた。No.1 分科会では、専門家が特に日本にとって非常に重要であると考えているのが BMI 技術であり（回答比率 50.4%～37.8%、上位 3 課題、以下同様）、特に高齢者の QOL 改善に資するものとみなしている。No.2 分科会では、専門家が特に世界・日本双方にとって非常に重要であると考えているのが、情報通信技術を応用した感染

症の発生や伝播の迅速な予測技術である(96.6%、第1位)。No.8 分科会では、人などに対して長期的な有害性を持つ化学物質のリスク管理・低減技術が世界・日本双方にとって非常に重要であると考えられている(91.3%、第2位)。また我が国にとって非常に重要であると考えられたのが、高齢者が生活しやすい生活環境の整備である(82.0%、第1位)。No.9 分科会では、専門家が特に世界・日本双方にとって非常に重要であると考えているのが脈管系疾患治療のための医療機器開発であり、具体的には分解性足場材料を用いた組織再生型人工血管(89.9%、第2位)、抗凝固剤の不要な抗血栓性人工弁・血管(88.0%、第3位)が挙げられている。

図表3 専門家が重要と考えるライフイノベーション関連科学技術の例

	No3分科会	No4分科会
全体で重要な課題(下3つを足し合わせた合計割合の高いもの)	統合失調症やそううつ病の原因分子レベルでの解明に基づく治療法(100%、第1位)*1(2024/2033)*2	麻痺した運動機能を神経幹細胞の移植により、回復させる評価法・治療法(100%、第1位)(2023/2033)、医療の質と資源の至適マネジメントを可能にする医療社会制度(100%、第1位)(技術的実現予測時期なし/2019)
世界・日本双方にとり重要	がんの転移機構の解明(95.9%、第1位)(2019/社会的実現予測時期なし)	がんの転移機構の解明(98.7%、第1位)(2019/社会的実現予測時期なし)
特に日本にとり重要	高齢者に特有の、抗酸化機能・脳機能・咀嚼機能の低下を防ぎ、健康な高齢社会を食から支える食品と食事法(42.1%、4位)(2018/2025)	医療の質と資源の至適マネジメントを可能にする医療社会制度(88.2%、第1位)(技術的実現予測時期なし/2019)
特に世界にとり重要	比率30%以上の課題なし	比率30%以上の課題なし

※1 回答比率、順位、※2 技術的実現/社会的実現

3-2. ライフイノベーション推進の枠組みや道筋

図表1で示したように、4つのグループシナリオ及びデルファイ調査結果に基づく将来シナリオ1つを分析し、ライフイノベーション推進の枠組みや道筋を考察した。グループシナリオは、「健康・高齢社会の成功モデルとしての日本」のグランドチャレンジに向けた3つのシナリオを主たる分析対象とした。加えて、3-1で記したように、デルファイ調査から抽出されたライフイノベーション関連科学技術は、健康維持・管理と疾病予防のみならず環境問題への対策などにも資するものがあることから、「グリーンイノベーションによって持続的に成長する日本」のグランドチャレンジに向けたシナリオの1つについても分析対象とした。

「健康・高齢社会の成功モデルとしての日本」にかかる3つのグループシナリオ、及びデルファイ調査結果に基づく将来シナリオを分析した結果、それらシナリオに共通した方向性として、個人の生涯に亘る健康・医療情報を蓄積し、個別化した健康管理や予知・予防医療の確立に資することが示された。それらのシナリオでは、生涯にわたり一元的に管理されるカルテ(EHR)や、EHRの機能に住民基本台帳を発展させた保険証機能を併せ持つ健康情報総合管理カードの導入などの健康・医療情報インフラ整備が提案され、その道筋には健診データ・検診データ・医療データの標準規格化と統合データベース構築、及びデータ精度とセキュリティを向上していくことが必要であるとしている。また、これらの健康管理・医療システムは地方自治体単位で構築し、地方行政と医療機関が連携することによって全体最適となる医療が可能であると考えられている。

EHRによって蓄積された健康・医療情報は、個人に対する健康管理や予知・予防医療に役立つだけでなく、疫学的・分子生物学的研究に有効活用することにより、新たなバイオマーカーによる疾病診断法や革新的医薬品・医療機器・健康機器の研究開発にも貢献すると考えられている。上記のグループシナリオでは、高齢化先進国の我が国の強みとして、新たに開発された医薬品・医療機器・健康機器の世界市場への展開について述べている。さらに、我が国の健康・医療情報インフラが、アジア人全体の健康管理や医療格差是正のための中心的情報インフラへと発展する可能性が考えられている。

世界的課題への対処として、健康に深くかかわる環境問題への対策の道筋も示されている。「グリーンイノベーションによって持続的に成長する日本」にかかるグループシナリオでは、暑熱環境、大気汚染、環境中の有害化学物質、感染症(水系、蚊媒介性)に対するヒト健康影響の予測・リスク評価手法の高度化が必要であるとしている。また、「健康・高齢社会の成功モデルとしての日本」にかかるシナリオでは、次世代の健康リスクを抑えるべく有害化学物質の胎児・小児に与える影響の解明を目標とした、分子疫学・分子生物学的研究を重視している。これらの内容は、ライフイノベーションとグリーンイノベーション双方の推進にかかわると考えられる。

3-3. ライフイノベーションの推進主体

ライフイノベーションに関連する科学技術の発展には、総じて大学への期待が大きいことが、デルファイ調査の結果より明らかになった。ライフイノベーションに強く関連するNo3及びNo4分科会をみると、トピックの実現を牽引するセクターは、技術的実現において大学・公的研究機関が、社会的実現におい

ては大学・公的研究機関・民間企業の三者が牽引するという結果が出ている。

医薬品開発のための探索的早期ヒト臨床試験において、「健康・高齢社会の成功モデルとしての日本」にかかるグループシナリオでは、大学・公的研究機関・民間企業が一体となったコンソーシアムが有効であると述べている。また、個人の生涯に亘る健康・医療情報については、上記グループシナリオとデルファイ調査結果に基づく将来シナリオによると、地方自治体が主体となって整備し、地域医療を推進すべきとしている。

3-4. ライフイノベーションの推進に必要な人材とその育成

「健康・高齢社会の成功モデルとしての日本」にかかるグループシナリオでは、先鋭化し専門化する健康科学・医学の基盤研究に従事する研究者、特に医学部以外の理工薬学部出身の研究者が必要であり、人材確保のためには研究者が常勤職を得られやすいキャリアパスの構築が重要であるとしている。広い視野をもつ研究者の育成は重要であり、医学・薬学・化学工学・生体工学・情報工学などの専門領域を横断的にカバーする人材、及び国際マーケットや経済原理などに関心を持って出口のイメージを描ける研究者の育成が急務であると述べている。さらに、医薬品を含む治療アウトカムの評価技術を有する専門家が必要であると共に、その評価に関する情報を整理し、将来収益の蓋然性を判断する目利き能力を有するアントレプレナーのマインドを持つ人材を重層的に配置することが望ましいとしている。さらに、住まい・都市構造と健康とのかかわりを考える上で、建築学・都市工学の専門人材の重要性を説いている。

また3-6. に示すように、今後の日本では医療ビジネス上での国際展開が必須と考えられるため、上記のグループシナリオでは国際的に通用する人材の育成が必須であるとしている。特に、真の英語力を育成するために、我が国における現行の英語教育の過程を見直す必要があると示唆している。

3-5. ライフイノベーションの推進に必要な環境（制度・社会システム・マネジメント等）

医療や健康維持・管理にかかる法制度の整備が重要な課題と考えられている。「健康・高齢社会の成功モデルとしての日本」にかかるグループシナリオでは、医療法・薬事法・健康保険法等の整備が挙げられており、特に探索的早期ヒト臨床試験を可能とする IND 制度（Investigation New Drug Applications）の早急な導入を提案している。また、個人の健康情報の管理や公的利活用に関する制度の整備が必要としており、具体的には健康情報を EHR として管理していくうえでの倫理的指針の整備や、公共のための利活用を保証する制度の導入を提案している。デルファイ調査結果に基づく将来シナリオでも、医療制度の整備にかかわるものとして、我が国独自の医療標準化制度や安全・安心な医療への対価を保証する診療報酬制度が挙げられている。

再生医療については、iPS 細胞などの幹細胞を用いた先進技術を臨床応用するための倫理ガイドラインの整備とともに、生命倫理と生命科学研究との調和が重要であるとしている。デルファイ調査結果に基づく将来シナリオによると、再生医療に対する国民的討議についての科学技術トピックを基に、国民的合意形成の必要性を説いている。

地域医療体制の整備についても、上記グループシナリオとデルファイ調査結果に基づく将来シナリオで挙げられている。前者では、かかりつけ医が地域の健康管理や予防医学に積極的に参画できる環境を整備するべきと述べている。後者では、救急医療の地域格差是正や、遠隔診断システム・健康管理システムの整備を挙げている。

先進技術を健康維持・管理と医療の現場に生かしていくために、国民と医療従事者双方に対する教育の必要性が挙げられている。上記グループシナリオでは、国民が健康情報リテラシーを高め、個人の健康財産を自ら管理する意識を高める必要があるとしている。そのために、初等教育において、疾病予防から治療までをカバーする健康教育を計画的に導入することを提案している。デルファイ調査結果に基づく将来シナリオでは、医療従事者のための医哲学教育や医療安全教育に関するトピックを基に、医療従事者の再教育の重要性を説いている。

3-6. 産業化・ビジネス化・雇用創出の展望

医療の産業化に向けた新たなビジネスチャンスについて、「健康・高齢社会の成功モデルとしての日本」にかかるグループシナリオで述べられている。そのビジネス展開では、費用対効果の大きい新たな医療技術の開発とその意義の認識を高めることにより、社会負担に偏った医療産業の歯車を逆転させること、及び新規医療技術の導入を推進してドラッグデバイスやワクチンギャップを解消させることが重要であるとしている。具体的方策として、臨床研究、医薬品・医療機器開発、アカデミック複合体あるいは医療クラスターが1箇所に集積された新形態で実施する共同プロジェクトが提案されている。

健康維持・管理にかかわるビジネス展開の可能性についても、上記グループシナリオで取り上げら

れており、健康診断やカウンセリング、情報技術指導など幅広いサービス産業の展開が考えられている。また、健康情報管理のための在宅健康情報家電、健康のための安全な食品、バリアフリー住宅建築などにおいてビジネス展開の可能性を示唆している。

さらに、上記グループシナリオによれば、今後、国際的には巨大マーケットであるアジア諸国へのビジネス展開は必須であるとしている。その方策として、アジアのマーケットにおいて個別化医療や再生医療を展開することを視野に入れた、アジア人自身によるアジア人特有の遺伝子多型解析プロジェクトが提案されている。また、医薬品の承認審査基準を共有するための我が国における英語標準言語化など、国際展開を見据えた取り組みの必要性が示唆されている。加えて、将来有望なビジネスとして、我が国の高品質な医療サービスを国際的に提供するメディカルツーリズムが挙げられている。

4. まとめと考察 ―ライフイノベーション推進の方策―

本調査研究の結果、ライフイノベーション創出の鍵は、個別化した健康管理・医療、及び革新的な医薬品・医療機器・健康機器開発にあることが考えられた。科学技術予測調査では、それらの科学技術は個人の生涯健康・医療情報を基盤とすることが示唆されている。

健康維持・管理の観点では、幅広いサービス産業の展開が考えられる一方で、家電・食品・住宅などにおいてビジネス展開の可能性があると考えられる。また医療の観点から、がん・生活習慣病・脳神経疾患・免疫疾患・感染症を主な対象疾患として、再生医療等の先端医療技術や革新的医薬品・医療機器を開発し、世界市場、特にアジアにおいて展開することが医療産業の成長につながると考えられる。個別技術の観点でまとめると、健康・医療情報システム、予知・予防医療、革新的医薬品・医療機器、再生医療、個別化医療がライフイノベーション推進の柱になるといえる。

世界的課題としての異常気象・大気汚染・環境中の有害化学物質・感染症に対するヒト健康影響については、ライフイノベーションとグリーンイノベーション双方の創出の鍵になると考えられる。特に、昨今の暑熱環境や大規模感染症によって被る健康影響を減じることが、国民生活の質の向上に大きく貢献するといえる。

ライフイノベーションの創出には、総じて大学への期待が大きいですが、戦略的な医薬品・医療機器開発のためには大学・公的研究機関・民間企業が一体となったコンソーシアムが有効であると考えられる。また、開発された医療技術の実用化と産業化を進めるために、研究開発と臨床が密接に連携した健康・医療クラスターなどの環境整備を推進する必要があると考えられる。

ライフイノベーションを推進するための社会環境としては、医療にかかわる法制度・システムの改善とともに、医学研究者・医療従事者や国民の倫理観の醸成、再生医療等の先端医療技術に対する国民的合意形成、及び国民の健康情報リテラシーの向上が重要であると考えられる。特に再生医療を推進していく上では、倫理的・法的・社会的課題（ELSI）に対して、研究者、医療従事者、国民、政策担当者、企業やその他の利害関係者が主体的に取り組むことが必要だといえる。また、ライフイノベーションを生み出す人材として、医学のみならず情報工学などの専門領域を横断的にカバーする研究者・技術者、及び研究開発の出口として市場化を睨みながら研究開発を戦略的に進める研究者がより必要になるとみられる。そのような人材を安定して確保するためには、研究者・技術者が常勤職を得られやすいキャリアパスの構築が必須である。

生命維持に深くかかわるライフイノベーションでは、開発された技術の社会受容が特に重要になると考えられる。上述の再生医療は、その顕著な例といえる。したがって、ライフイノベーションを推進する上で、単なる個別技術の開発に陥ることなく、それら技術のシステム化や制度設計に力を注ぐ必要があるといえる。そのための課題の一つとして、技術の社会受容を体系的に評価・分析する手法の開発を進める必要があると考えられる。