

国・機関が実施している科学技術による
将来予測に関する調査
〈報告書〉

令和2年2月



本報告書は、公益財団法人未来工学研究所が実施した、文部科学省の令和元年度科学技術調査資料作成委託事業「国・機関が実施している科学技術による将来予測に関する調査」の成果をまとめたものです。

目次

1. はじめに	1
1-1 調査の目的・背景	1
1-2 調査の構成	1
(1) 調査の内容	1
(2) 調査の構成	2
2. 既存の予測調査等の整理・分析〈文献調査〉	4
2-1 未来予測について	4
(1) “予測”とは	4
(2) 将来予測と長期ビジョン、長期計画	5
(3) 「予測」活動の目的	7
(4) 予測の対象及び方法・手法	10
2-2 既存の予測調査文献の概要	14
(1) 文献概要	14
(2) 将来社会の姿	24
2-3 既存の予測調査文献例	53
2-3-1 科学技術・学術政策研究所「科学技術予測調査」	53
2-3-2 総務省「未来をつかむ Tech 戦略」	57
2-3-3 経済産業省・厚生労働省「未来イノベーションワーキンググループ」	61
2-3-4 国土交通省「国土の長期展望」	64
2-3-5 科学技術振興機構「俯瞰報告書」	67
2-3-6 NEDO/TSC「社会課題起点の技術ツリー」	71
2-3-7 内閣府「ムーンショット型研究開発制度に係るビジョナリー会議」	77
2-3-8 経済産業省「2050 経済社会部会検討」	80
2-3-9 内閣官房「まち・ひと・しごと創生」	84
2-3-10 経済産業省「不安な個人、立ちすくむ国家」	86
2-3-10 国土交通省・政策ベンチャー2030「日本を進化させる生存戦略」	89
2-3-11 農林水産省「この国の食と私たちの仕事の未来地図」	93
2-3-12 欧州委員会「BOHEMIA」	97
2-3-13 欧州委員会「100 Radical Innovation Breakthroughs for the future」	116
2-3-14 欧州委員会・ESPAS「Global Trends to 2030」	121
2-4 未来予測活動	125
2-4-1 民間企業の取組み	125
2-4-2 民間企業の未来洞察活動	139
2-5 未来予測の検討アプローチおよび科学技術・学術政策で期待される取組	147
(1) 未来予測の検討アプローチについて	147
(2) 科学技術・学術政策に求められる未来予測	148

3. 将来社会の科学技術.....	150
3-1 将来の社会的課題の解決に資する科学技術.....	150
3-2 分野別未来技術・環境.....	150
3-2-1 環境分野.....	150
3-2-2 生物・食分野.....	153
3-2-3 材料分野.....	158
(1) 低炭素・脱炭素社会を支える電池技術.....	158
(2) メタマテリアル.....	159
3-2-4 防災分野.....	160
(1) 将来の技術を取り巻く環境.....	160
(2) 注目未来技術.....	163
3-2-5 宇宙利用分野.....	168
(1) 将来の技術を取り巻く環境.....	168
(2) 注目未来技術.....	170
3-2-6 モビリティ分野.....	174
(1) アバターによる仮想移動.....	174
(2) 空飛ぶクルマ.....	176
3-2-7 未来社会の基盤・支援分野.....	178
(1) 研究開発支援型クラウドファンディング (REDYFOR)	178
(2) 経営における未来世代の視点の反映.....	183
参考資料.....	185
参考 ヒアリングリスト.....	186

1. はじめに

1-1 調査の目的・背景

科学技術の振興にあたっては、多様な研究資金源の確保や研究人材の確保を可能とするためには、科学技術への国民の興味・関心を高め、理解を醸成していくとともに、科学技術により広がる将来社会への期待感を高め、閉塞感を打破し、科学技術に期待する人や、研究者を志す人を増やすことが重要である。

本調査は、令和の時代を迎えるに当たり、科学技術への国民理解の醸成と新しい時代への期待感を高めることを目的として、科学技術によって広がる将来の選択肢や可能性を調査・分析したものである。既存の将来予測で示される将来社会像に係る情報、予測の取り組み等は、令和3年度に始まる次期科学技術基本計画の策定前の時期に作成される令和2年版科学技術白書のテーマ案としても調査した。既存の将来予測を対象に調査を行った。

これらを踏まえ、本調査では、次期科学技術基本計画の策定及び次期科学技術基本計画の下で作成される令和3年版科学技術白書へと繋げる内容となるよう留意し検討を行った。

1-2 調査の構成

(1) 調査の内容

本調査は、①既存の予測調査を対象とする文献調査、②既存の予測調査の分析、③機関ヒアリング、④報告会の実施、⑤報告書の作成の5つの項目からなる。

表 1 調査の項目と内容

	調査項目	調査内容
①	既存の予測調査を対象とする文献調査	公的機関等(府省、国立研究開発法人、民間企業等)が実施する将来予測に関する資料を収集し、既存の予測調査で示される将来社会像に関する情報収集を行った。対象とする予測調査には、海外機関が実施している予測活動や過去に産官等で実施された予測等も対象とした。
②	既存の予測調査の分析	①で調査した既存の予測調査のうち、近年、公表されたものについて、調査結果を導出するための前提、対象領域、予測手法等を踏まえ、どのような将来社会の姿、シナリオ、課題が導出されたかの分析を行う。予測調査の分析にあたり、有識者ヒアリングを実施した。

	調査項目	調査内容
③	機関ヒアリング	国立研究開発法人等の各機関では、中長期目標・中長期計画の先を見通した将来予測や挑戦的課題等の検討を行っている。また、民間企業においても将来の社会的課題に資する挑戦的な取組等を展開している。本項目では、国立研究開発法人、民間企業等を対象にヒアリング調査を実施した。
④	報告会の実施	報告会では、予測調査の分析、機関ヒアリング結果を踏まえ、関係府省、民間機関等の参加者からなる報告会を開催し、過去の将来予測の精度や現在の将来予測で示される社会の選択肢を共有し、将来社会を踏まえた政策・施策の形成に向けた要件、課題等の整理を行った。
⑤	報告書の作成	中間報告書、最終報告書の作成

(2) 調査の構成

本調査は、科学技術によって広がる将来の選択肢や可能性を調査するため、まず「既存予測調査」の基礎調査を実施し、既存の予測調査で示された「将来社会像」、「将来技術」及びそれらを取りまとめたシナリオ等から、将来社会における科学技術・イノベーションの展開の姿を整理した。

次いで、2040年頃(2030年の中期的将来、2050年の長期的将来の中間地点)の社会を踏まえ、実現したい科学技術・イノベーションに関する情報収集として、国立研究開発法人、民間企業を対象に機関ヒアリングを実施した。機関ヒアリングでは、各機関の研究開発の将来動向だけでなく、各機関で推進が期待される挑戦的な科学技術に係る取組等に関する意見を収集した。また、未来予測の取組みについて、有識者を対象とした有識者ヒアリングを実施し、近年の官民で行われている未来予測の特徴、内容等に関する情報収集を図った。

報告会(「将来の科学技術と社会に係る未来予測の活用・展開に関する検討会」)では、国内外の未来予測の取組事例を踏まえ、今後の未来予測や未来洞察の方向性、今後取り組むべき事項等、文部科学省が科学技術政策の企画・立案にあたって未来予測を実施・活用する上での方向性(期待・要望、課題、必要な機能等)について検討した。報告会の検討メンバーは、未来予測等に従事した経験を有する識者で構成した(検討メンバーは表2の通り)。

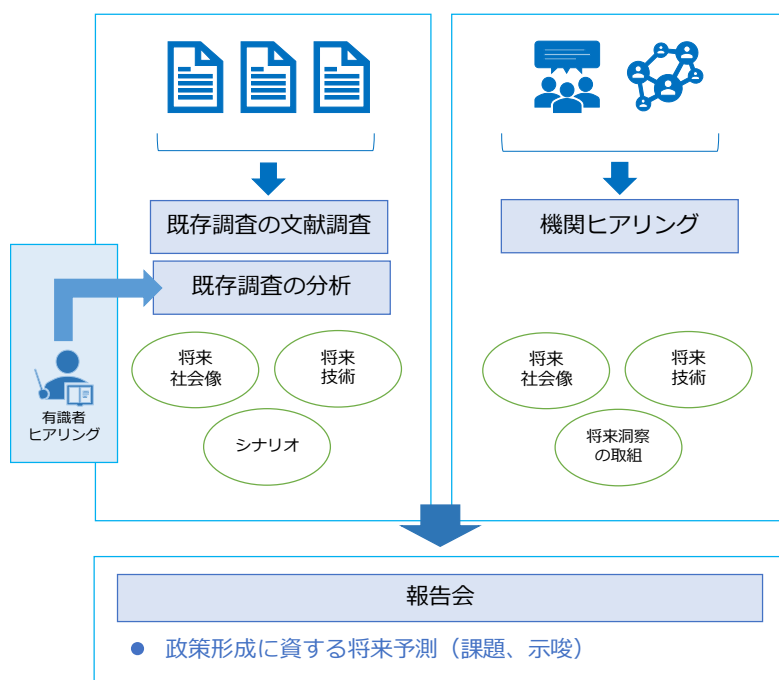


図 1 本調査の構成

表 2 報告会検討メンバー

氏名	所属
鷲田 祐一	一橋大学大学院 経営管理研究科 教授
佐久間一郎	東京大学 医療福祉工学開発評価研究センター 教授
横尾 淑子	科学技術・学術政策研究所 科学技術予測センター センター長
岡村 麻子	政策研究大学院大学 SciREX センター 専門職

2. 既存の予測調査等の整理・分析〈文献調査〉

2-1 未来予測について

(1) “予測”とは

「未来予測」の“予測”には、英語では“Prediction”、“Forecast”、“Foresight”といった言葉がある。“予想”(Anticipation)まで含めると、未来予測として取り扱う内容も広がる。

“Prediction”として行われる予測は、関心のある変数とそれに影響を与える変数との関係をモデル化し推計するもので、人口予測等も対象に含まれる。また、“Prediction”は、「豫言」とも訳することができる。1901年1月2日及び3日に報知新聞で掲載された「二十世紀の豫言」も“Prediction”の一部とみなされる(モデル構築を伴うものではない)。



図 2 報知新聞「二十世紀の豫言」(1901年1月3日付け)

“予測”とした場合、科学技術分野で馴染みが深いものは“Forecast”である。技術予測(Technology Forecasting)が代表的である。デルファイ法の語源となるギリシャ・デルフィも神のお告げ(神託)が行われた地名から名づけられた。OECD の定義によれば、「将来に関して、比較的高度な信頼水準に基づいた確率論的説明(Forecast)」と定義される¹。

近年の科学技術と社会に係る“予測”は、“Foresight”に変質した。“Forecast”から“Foresight”への変遷は後述するが、“Foresight”の明確な定義はないものの、“Forecast”は、数値や数量的な予測を意味し、“Foresight”は予測者が主体的に将来の形成に参画し、数量に限らない将来の社会姿や社会の構造を予測するものと位置づけることができる。

¹ OECD (1967), “TECHNOLOGICAL FORECASTING IN PERSPECTIVE”.
(<http://en.lapropective.fr/dyn/anglais/memoire/prevtechen.pdf>)

表 3 “予測”とは

予測のアプローチ	定義
予測 (Prediction)	関心のある変数(従属変数)と、それに影響を与える変数(独立変数)との関係についてモデルを構築し、従属変数がどのように変化するか推計するもの。 (例:人口予測)
予測 (Forecast)	予測対象からは離れた立場から客観的に予測対象の推移を観察することが可能。量的情報を重視している。 (例:天気予報、技術予測)
予測 (Foresight)	予測者が主体的に将来の形成に参画するもの。 ※Forecast の限界を超える、異なるアプローチを取ることを強調するために使われるようになった用語。 (例:科学技術予測調査(第8回調査以降))

(2) 将来予測と長期ビジョン、長期計画

未来予測²と未来ビジョン、長期計画はそれぞれどのような違いがあるか。本調査の予測調査文献の中には、長期ビジョンを策定するために検討されたものも含まれる。

長期ビジョンと将来予測の関係については、林雄二郎氏はが 1966 年にまとめた報告書「20 年後の日本:豊かな国民生活への一つのビジョン」³の中で、展望・ビジョンと、計画あるいはプログラムを明確に区別して考えている。計画は、「目的に到達するために最も効率的と考えられる手段、すなわち自身で選択しうる行動の組み合わせとその運用を選択する」ことであり、その作業は「望ましき将来(ゾルレン)というものの想定すなわち目的の設定と、今のままで推移したらどうなるだろうか(ザイン)という単純な予測とをつき合わせ、そのギャップを埋めるための手段をさがす」ものとしている。また、展望については、「行動の組み合わせとその運用を選択」するものではなく、「長期的な視野に立ちつつ最も効率的な五年とか一年のプログラムを作る場合の助けになるはず」のものであるとしている。つまり、計画策定にあたり、手段を探すための方策が将来予測活動であるといえる。また、展望・ビジョンは、中長期のプログラム策定の手助けとなるもので、ゾルレンとザインを組み合わせが必要となる⁴。

他方、長期ビジョン策定における将来予測の実態はどうか。将来予測手法にビジョニングがあるように、ビジョンはフォーサイトの結果となるが、フォーサイトの手法や経験を取り入れて実施

² 未来学の視点からは、未来予測とも言う。

³ 邦訳は、フランス経済企画庁 1985 年グループ(著)、日本経済調査協議会(翻訳)、1985 年—変わる人間・変わる社会、1965 年。

⁴ 財団法人未来工学研究所(2011)「日本の長期ビジョン策定の在り方に関する調査研究」、一般財団法人新技術振興渡辺記念会委託調査。(http://www.ifeng.or.jp/wordpress/wp-content/uploads/2012/07/1afcf40ca1438115aadf6d34966ea3de.pdf)

されるようになったのは、近年と言える⁵。

少子高齢化問題や地球温暖化問題に加え、近年の ICT の発展により加速化された新たな科学技術が、社会的な影響等の評価、熟慮のないまま、社会に浸透し実装化されている状況を鑑みると、我が国の社会的課題を解決していくためには、長期ビジョンに基づいた政策選択や政策立案がこれまで以上に求められ、将来を洞察する取組が期待されている。

代表的な将来予測の方法について、下記に示す。

表 4 主な予測手法一覧

手法	内容	例
ナレーション手法	未来について語り、記述することで主観的な将来像を提示することを主眼としたもの。	レイチェル・カーソン (1962) 『沈黙の春』
シナリオ法	シナリオ法(ヒストリー法)は、過去の歴史的トレンド又は事例に基づき、将来を予測する手法である。シナリオは、長期政策、戦略、計画の策定に活用でき、「望ましい」もしくは「ありそうな未来」の状況を示したものである。シナリオでは、代替的な仮定に基づいて進展したトレンドが未来にどのように影響するかを記述する(影響要因として、概ね自然環境、社会的及び政治的動向(ダイナミクス)、科学的発見、技術革新が挙げられる)。この手法を開発したランド研究所の Herman Kahn の The Next 200 Years(1976)においては、過去 200 年間の経済、人口、資源、環境トレンドに基づき 2176 年までの将来を予測している。	Royal Dutch Shell (1972～) “Energy Scenario”
デルファイ法	デルファイ法は、専門的知識を有する科学者、技術者等のパネルの意見のコンセンサスを形成するための手法である。回答者は、複数回アンケート調査等を通じて、各回の調査結果をフィードバックされることで、極端な意見が明白になり、専門家グループのコンセンサスの方向に進むか、異なるポジションをとるかの理由が明らかになる。本手法は、1950 年代にランド研究所で開発され、国防計画等に適用されてきており、日本においては科学技術予測のために長年使用されてきた。応用事例では、複数回アンケート調査結果を、専門家グループによるミーティングでコンセンサスの方向性を評価する場合もある。	文部科学省(1971 年～) 科学技術予測調査
ロードマップ法	ロードマップ法は、産業技術分野に関する計画策定等に活用される手法である。例えば、ロードマップは、技術シーズプッシュとニーズプルに分類することができ、技術シーズプッシュのロードマップは研究プログラムを設計している研究開発機関で用いられるケースが多い。他方、ニーズプルのロードマップは生産までの最短ルートを特定する際に用いられる。	経済産業省・NEDO 技術ロードマップ

⁵ 科学技術・学術政策研究所が実施した第 11 回科学技術予測調査では、多段階のワークショップを実施し、社会の未来像(ビジョニング)として、50 の未来像と 4 つの価値を導出した。

手法	内容	例
シミュレーション法	シミュレーションは、将来発生する可能性のある状況に対処するため、様々なオプションを検討するために行われる。シミュレーション法は、コンピューターモデルに基づくシミュレーションを実施するものである。ローマクラブの『成長の限界』では、マサチューセッツ工科大学の D. Meadows 氏らがシステムダイナミクス手法 ⁶ を用いて、資源の有限性に基づく成長の限界を示した。シミュレーションでは、他の手法を使用しない限り、発生確率等を提供したりするものではない(例:天気予報は雨の確率が割り当てられ、天気予測は時間の経過とともに起こり得る結果のどれが発生する可能性が高いかを予測する。シミュレーションでできることは可能な未来を説明するところまで)。	Meadows (1972 年) 『成長の限界』(ローマクラブ)
スキャニング	Environmental Scanning とも言われる。通常、選定された出版物(正規・非正規を含む)や、現在の発展状況と未来変化が起こりうるトレンドを詳細にチェックする。一般に計画は予測に基づいており、予測は将来に関する仮定に基づいているため、過去の仮定の検討や将来の脅威や機会に新たな視点を提供するためにスキャニングを行う。スキャニングでは、①専門家パネルによる計画実行又は達成のために重要となる“Horizon(地平線)”の変化を見渡す、②データベース・文献レビュー(政策・計画立案者にとり有用な情報を提供)、③インターネット(新たなトレンド情報の収集)、④文献レビュー(初期変化を抽出)、⑤専門家によるエッセイ(政策・戦略に関する勧告)、⑥主要人物の追跡・会議観察等からなる。	英国・科学局 Foresight プログラム (Horizon Scanning)

出典:財団法人未来工学研究所(2011)「日本の長期ビジョン策定の在り方に関する調査研究」、一般財団法人新技術振興渡辺記念会委託調査、国連大学 The Millennium Project, “Future Research Methodology-V2.0” Jerome C. Glenn “Introduction to The Future Research Method Series”を元に作成。

(3) 「予測」活動の目的

科学技術予測調査をはじめ、未来予測では、一般に予測精度(“予測が当たった”、“予測が外れた”)が強調されるものの、政策形成に向けた未来予測活動は、予測精度に重点が置かれるのではなく、予測活動を通じて将来社会に対するコンセンサスを形成することに主眼を置いている。例えば、第8回科学技術予測調査報告書では、予測調査委員会委員長の生駒氏は、予測調査結果の見方について、将来科学技術領域、科学技術課題の可能性や期待の大きさに着目したもので、デルファイ法⁷に基づくアンケートより得られた結果は、研究者・技術者等の専門家の意見の分布であり“真理”を示すものではない⁸と述べ、将来の科学技術動向

⁶ システムダイナミクスとは、1956年にマサチューセッツ工科大学の Forrester 教授らにより創案されたシミュレーションモデルで、企業の時間とともに変わる性質を研究に用いられた。(http://j-s-d.jp/web/sd/)

⁷ 将来予測手法の一つ。複数回同一のアンケートを繰り返し行い、各回のアンケート結果を示すことで意見の収斂を図る方法。米国の RAND 研究所が開発した。詳細は後述。

⁸ 科学技術政策研究所(2005)『第8回科学技術予測調査』の「刊行にあたり」より。

の専門家のコンセンサスを示したものとした。

科学技術に焦点を当てた未来予測は、1970年代以降、技術予測として展開された。前述の OECD の定義によれば、将来に関して比較的高度な信頼水準に基づいた確率論的説明 (Forecast) であるとし、将来の技術移転に関する比較的高度の信頼水準に基づいた確率論的評価とした。

技術予測には、探究的技術予測、規範的技術予測の大きく 2 つのアプローチがあり、前者は現在から将来を外挿的に示したもので、後者は「…すべき」未来として規範的に検討するアプローチである。別の言い方をすれば、それぞれフォーキャスティング、バックキャスティングに相当する。我が国では、科学技術庁 (現文部科学省) で 1971 年より「技術予測調査」を開始し、デルファイ法を用いた 30 年先までの技術の将来動向の予測を行っている (2019 年に第 11 回科学技術予測調査を実施され、国内外の技術予測の標準的な活動として定着している)。

1990 年代後半以降になると、未来予測活動の位置づけ (「技術予測」から「フォーサイト」へ) が変わり、定義自体も変わった⁹。「フォーサイト」における未来予測活動は、体系的な試みのプロセスに着眼し、望ましい将来をデザインするため、将来の技術の発展と、社会と環境の相互作用を同定するための取組として位置づけられた (Technology Future Analysis Method Working Group^{10, 11, 12})。また、国際連合工業開発機関 (United Nations Industrial Development Organization: UNIDO) では、“Technology Foresight Manual”において、予測対象期間は 5~30 年の範囲で、科学・技術の推進を予測にあたっては市場プルとバランスをとり、技術予測が科学技術だけに支配されないよう社会経済的要因にも留意する必要があるとした。併せて、フォーサイトの対象となる技術は、政府支援が正当化される新興技術に集中しており、将来の新興技術の評価にあたり、富の創造だけでなく社会的課題 (防犯、教育・スキル、高齢化社会) への適用に焦点を当てた実践も必要であるとした¹³。

⁹ “フォーサイト (Foresight)” については、「「先見の明」、「(将来に対する) 洞察力」、「予感」、「(将来の) 展望」、「(将来を見越した) 配慮」等の意味を持ち、「予測」に比べ、より広がりを持った語である」(科学技術振興機構「欧州における “Foresight” 活動に関する調査」、2012 年)

¹⁰ Technology Futures Analysis Method Working Group (2004), “Technology futures analysis: Toward integration of the field and new methods”, Technological Forecasting & Social Change, vol.21, pp.287-303.

¹¹ “Technology Future Analysis Method Working Group” は、フォーサイトの専門家からなるネットワークで、英国の Luke Georgehiou やドイツの Kerstin Cuhls らが参加している。

¹² 財団法人未来工学研究所「企業における将来技術予測活動に関する調査研究」, 平成 24 年 3 月, p.5.

¹³ UNIDO の 2005 年に公表された “Technology Foresight Manual” は、前述の欧州の中東欧 (CEE) 及び新独立国家 (NIS) の技術予測 (Technology foresight) の地域イニシアチブの一部で、第 1 巻の「組織と方法」(技術予測の紹介、演習、予測手法) と、第 2 巻の「技術予測の取組み」(国、超国家、地域、企業レベルの技術予測) からなる。同マニュアルの内容は、UNIDO が主催したイベントで発表された論文に基づいたものである。なお、第 1 巻は、フォーサイトの歴史的展開、フォーサイトの重要性、新興国における取組み、フォーサイト活動 (英国・フォーサイト、ドイツの FUTUR) の評価等で構成される。

表 5 将来予測活動（フォーサイト）の定義

Ben Martin (1995)	Luke Georghiou (1996)	Technology Future Analysis Method WG (2004)	UNIDO (2005)
<ul style="list-style-type: none"> 分野を特定することを目的とした科学、技術、経済、社会の長期的な未来を体系的に検討するプロセス 経済社会の便益等に関する予測 *戦略研究領域 *新興基盤技術 	<ul style="list-style-type: none"> 科学技術開発の体系的な評価 産業競争力、富の創出、QOL に大きな影響を与える可能性のある科学技術の発展を評価する体系的な手段 	<ul style="list-style-type: none"> 望ましい将来をデザインするための行動を導出 将来技術の発展と、社会と環境との相互作用を同定するための体系的プロセス 	<ul style="list-style-type: none"> 技術予測が科学技術だけに支配されないよう社会経済的要因にも留意する必要性 社会的課題（防犯、教育・スキル、高齢化社会）に対応した新興技術の評価が必要

【注】

- ・ Martin, B. (1995), Technology Foresight 6 : A Review of Recent Overseas Programmes, London: Office of Science and Technology.
- ・ Georghiou, L. (1996), 'The UK Technology Foresight Programme', Future, 28(4), pp.359-377.
- ・ Technology Futures Analysis Method Working Group (2004), "Technology futures analysis: Toward integration of the field and new methods", Technological Forecasting & Social Change, vol.21, pp.287-303.
- ・ UNIDO (2005), "UNIDO TECHNOLOGY FORESIGHT MANUAL Organization and Methods Volume 1", pp.8-9.

フォーサイト活動は 3 つの側面（アプローチ）で行われる¹⁴。1 つ目の側面は、研究開発の優先づけ等の政策立案のために用いられる場合であり、長期的な視点で不確実性や破壊的事象、イノベーション等に対処するための予測である。2 つ目の側面は、幅広い利害関係者や専門家の相互作用により、知識を結集し将来の機会を把握するためのアプローチで、参加型アプローチとも呼ばれる。このアプローチは、多様な利害関係者からもたらされる情報等により、科学技術の進歩や社会的分化の拡大等を認識するとともに、フォーサイト活動を通じて作成した将来像やリコメンデーションを将来予測の主催者や予測参加した利害関係者の組織等のプログラムに組み込むためのアプローチである。3 つ目の側面は、将来の動的な変化を探索するためのシステムティックなアプローチである。古典的な外挿的な方法（ありうる未来）や規範的な未来（ありたい／あるべき未来）と同様に複数のシナリオを作成し、望ましい将来ビジョンを示す方法である。後述するロイヤル・ダッチ・シェル（以下、Shell）は、1970 年代からエネルギーシナリオを策定してきたが、直近の Sky シナリオは、マサチューセッツ工科大学との共同研究でシナリオシミュレーション等を実施している。

¹⁴ Ian Miles (2008), "From Futures to Foresight", The Handbook of Technology Foresight, 2008.

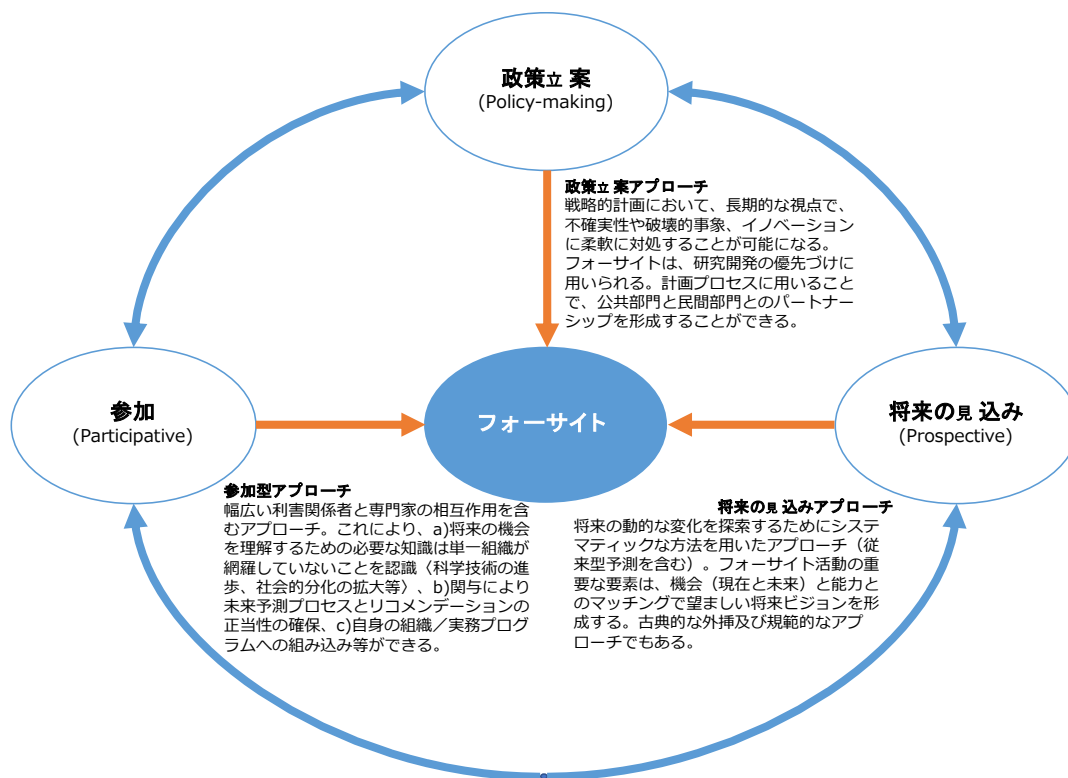


図 3 将来予測（フォーサイト）の 3 つの側面

出典: Ian Miles (2008), “From Futures to Foresight”, The Handbook of Technology Foresight, 2008 より未来工学研究所作成。

このように、1990 年代以降、未来予測活動（「フォーサイト」）は、長期的な要素を考慮した意思決定の一連のアプローチとして、欧州を中心に利害関係者との将来に関する分析や対話を通じて、体系化する取り組みに発展してきた。具体的には、これまでの「技術予測 (Technology forecasting)」の取り組みに加え、未来社会を対象に蓋然性の高い未来（メガトレンド）を把握するとともに、メガトレンドとは異なる社会の変化要因の洞察や、産業競争力、富の創出、QOL に対する科学技術のインパクトの検討等を多様な利害関係者が関与し検討する取り組みとなった¹⁵。

（４）予測の対象及び方法・手法

図 4 は、科学技術と社会に係る未来予測の取り組みの変化を示したものである。社会における科学技術に対する期待が「科学技術的实现＝社会変革」から「社会的課題解決のための科学技術」へ変化するに伴い、科学技術予測に求められる内容も、将来社会の状況や課題を踏まえ、そ

¹⁵ European Strategy and Policy Analysis System “Global Trends to 2030 – Challenges and Choices for Europe” (2019 年) では、メガトレンドとして温暖化、人口、都市居住、経済成長の持続、エネルギー需要、高度な接続性、多ノード（地政学）を取り上げるとともに、メガトレンドより急速な変化を促す「触媒」（貿易の増大、食糧、水の監視、戦争行為の変化、テロリズム、技術の超進展、人の移動、ポピュリストの行動等を設定した。

これらの課題解決に資する科学技術の把握がより重視されるようになった。未来の社会的課題の解決に資する科学技術の予測では、未来社会における社会的ニーズの把握とともに、これらニーズの多様な担い手(社会的課題に対する協働相手等)を把握することが求められる。予測方法・手法もそれに併せて柔軟に設計されるようになった。一方で、「技術予測」として行われてきた、未来の科学技術の外挿的、探索的な予測¹⁶は、フォーサイトの中の一部となったものの、未来の科学技術動向を把握することの重要性が低下したのではない。

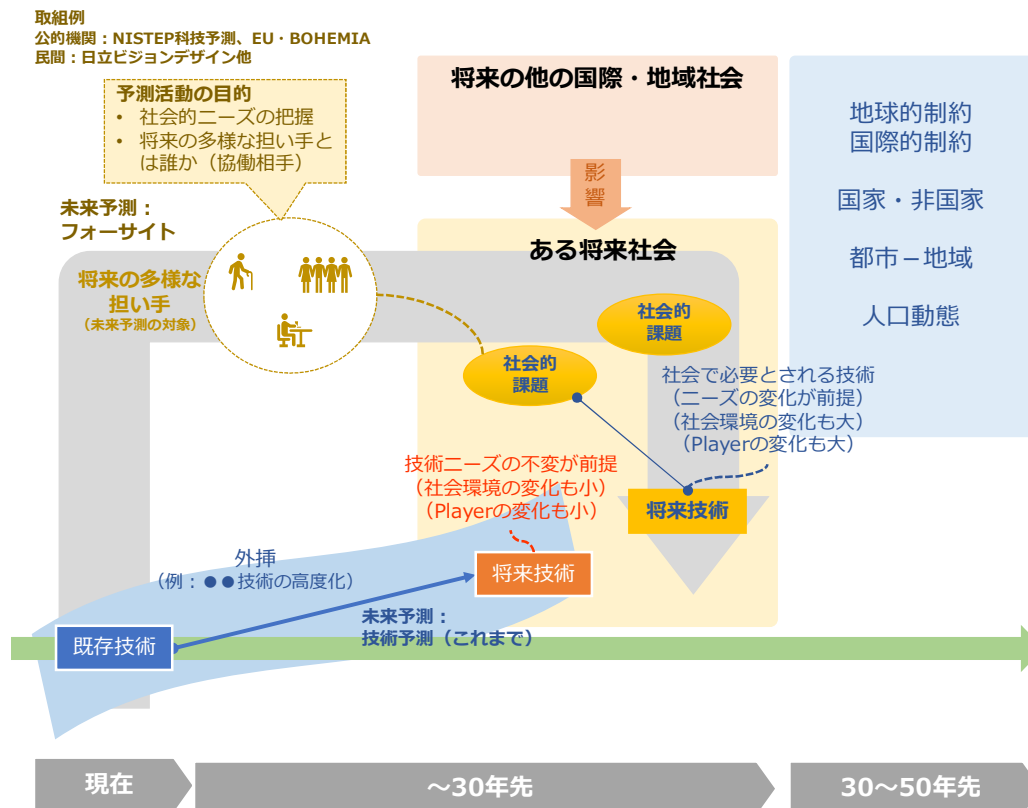


図 4 科学技術の将来検討の変化

出典：未来工学研究所作成。

未来予測の方法・手法は、我が国の「科学技術予測調査」で実施されているデルファイ法を始め、様々な方法論がある。予測手法の整理は、国連のミレニアム・プロジェクトや R. Popper

¹⁶ 文部科学省科学技術・学術政策研究所が実施する「科学技術予測調査」では、予測調査で設定する科学技術課題(以下、トピック)について、研究開発課題・プロジェクトの内容を簡潔に表現したものととして、主として研究開発から社会実装までを想定できるものを対象としている。例えば、研究開発から社会実装までを想定できるトピックの例として、例えば「ポリ乳酸などの分解性足場を用いた組織再生型人工血管」等である。それ以外では、研究開発場面に特化したものとして、「温室効果ガスの自然による発生・吸収・固定の現状とメカニズムの解明」、社会変化の想定した例として「自動車などのエネルギー多消費型の耐久消費財に対する所有の概念が変化し、大部分がリースまたはシェアに置き換わる」、技術目標を提示した例として「1Tbps 超の大容量通信技術」、「シリコンや GaAs を用いた太陽電池を凌駕するエネルギー変換効率の新材料技術」等がトピックのイメージとして挙げられる。

氏らが予測目的に照らしてとりまとめている(これらの手法の整理は必ずしも網羅的に行ったものではなく、相対的な整理に留まる)。

表 6 は、フォーサイト方法の分類は、定性的予測、定量的予測、準定量的予測の 3 つに分類することができる。

表 6 フォーサイト方法の分類

定性的予測	定量的予測	準定量的予測
事象と見識を意味づける方法。これらの解釈は、主観性または創造性に基づくため確認することが難しい傾向がある。	変数を測定し、統計分析を適用する方法。信頼できる有効なデータ(例えば、社会経済指標)を用いるまたは生成することで可能な方法。	数学的原則を適用し、主観性、合理的な判断、専門家等の視点を定量化する方法(意見や確率に重みをつける方法等)。
【方法・手法】 <ul style="list-style-type: none"> ・ バックキャストイング ・ ブレインストーミング ・ 市民パネル ・ 会議／ワークショップ ・ 小説／シナリオ作成 ・ 専門家パネル ・ 賢人による予測 ・ インタビュー ・ 文献レビュー ・ 関連樹形図／ロジックチャート ・ ロールプレイ ・ スキャニング ・ シナリオワークショップ ・ サイエンスフィクション(SF) ・ シミュレーション・ゲーミング ・ SWOT 分析 ・ Weak Signals/Wild cards …等 	【方法・手法】 <ul style="list-style-type: none"> ・ ベンチマーキング ・ 計量書誌学 ・ 指標／時系列分析 ・ モデリング ・ 特許分析 ・ トレンド外挿法／影響分析 	【方法・手法】 <ul style="list-style-type: none"> ・ クロスインパクト／構造分析 ・ デルファイ ・ キー／クリティカル技術¹⁷ ・ 多基準分析 (Multi-criteria analysis) ・ 投票 (Polling/Voting) ・ 定量的シナリオ ・ ロードマップ ・ 利害関係者分析 /MACTOR¹⁸

出典:Rafael Popper (2008), “Foresight Methodology”, The Handbook of Technology Foresight, 2008
より未来工学研究所作成。

定性的予測は、主観性、創造性に基づく方法で定量的に確認することが難しいものの、将来事象等を意味づけ、解釈することができる。近年、未来予測で取り入れている手法の多くは、定性的予測に分類されるものが多い(文献レビュー、専門家パネル、シナリオ、ブレインストーミ

¹⁷ キー／クリティカル技術は、富の創出や市民の QOL 向上に資する特定の産業部門や国・地域において鍵となる技術リストを作成するための方法である。具体的には、専門家パネル等で実施され、技術リストの優先づけは投票 (Voting) 等で行われる。

¹⁸ MACTOR は、1989～1990 年にかけて、フランソワ・ブルス、ミッシェル・ゴデにより開発され、航空輸送問題に用いられた方法。アクター間のパワーバランスを測定し、利害関係に直面した場合のアクターの収束と発散を研究することを目的としたもの。(http://en.lapropective.fr/methods-of-prospective/softwares/60-mactor.html)

ング、SWOT 分析、スキャニング等)^{19,20,21}。定量的予測は、統計分析を適用する方法でベンチマーキング、計量書誌学、指標、特許分析等が代表的な方法である。上記以外に、定性的予測と定量的予測の中間に位置するものとして、準定量的予測がある。準定量的予測は、数学的原則を適用し、主観性、合理的な判断、専門家の視点を定量化するための方法で、我が国の「科学技術予測調査」で用いられているデルファイ法もこの分類に相当する。「科学技術予測調査」では、科学技術トピックの技術的／社会的実現時期や実現のための政策手段等をデルファイ法に基づくアンケート調査で実施し、設問項目の回答結果について意見の収斂を図っている。

前述のように科学技術分野の予測は、未来の科学技術シーズの特定から、社会像(社会的課題)に資する科学技術を同定する方向に、予測活動の目的が大きく変化した。

具体的には、先端技術の動向把握だけでなく、未来社会のニーズを把握することが加わるため、予測活動に係る関与者もこれまでの研究者・技術者等の同質性の高い集団だけでなく、将来社会における多様な担い手、関与者に多様性の高い集団の関わりが必要となった。ドイツの教育研究省(BMBF)が以前実施したフォーサイト(“FUTUR”)では、将来世代の意見抽出のための検討パネル等が設置された。また、予測方法においても多様な関与者との検討プロセスが重視され、スキャニングに基づくワークショップ(参加型合意形成)等が積極的に行われている。

未来予測活動は、国や国際機関等の取り組みだけでなく、民間企業が実施するフォーサイト活動においても同様の変化が見られ、従来の研究開発部門の研究開発の長期計画に用いられるだけではなく、未来の事業を取り巻く社会的課題を把握するため、幅広い利害関係者を巻き込み、未来の事業環境におけるパートナーの探索をフォーサイト活動の中で併せて行っている。

¹⁹ Popper, R., Keenan, M. and Butter, M. (2005), “Mapping Foresight in Europe and Other Regions of the World: The EFMN Annual Mapping Report 2005”, PREST-TNO, EC.

²⁰ Keen, M. Butter, Sainz, G. and Popper, R. (2006), “Mapping Foresight in Europe and Other Regions of the World: The EFMN Annual Mapping Report 2006”, EC.

²¹ Popper, R., Keen, M. Butter, and Sainz, G. (2006), “Global Foresight Outlook 2007: Mapping Foresight in Europe and Other Regions of the World: The EFMN Annual Mapping Report 2007”, EC

2-2 既存の予測調査文献の概要

(1) 文献概要

本調査では、科学技術・政策研究所(NISTEP)、科学技術振興機構・研究開発戦略センター(CRDS)、新エネルギー・産業技術総合開発機構・技術戦略センター(NEDO/TSC)、その他民間機関等で実施している将来予測調査・分析を収集し、内容等の整理を行った。

調査対象文献は、①グランド・デザイン／ビジョン／戦略／計画等の検討に向けた将来社会の予測、②研究領域／研究開発プログラム等の探索に向けた予測、③政策・施策に係るバックデータの整理型の将来分析、④関係者間の将来事象に関する共有・学びの機会を含む意見交換・検討、⑤その他(将来課題の解決、事業環境の洞察)等に大きく分類・整理できる。

表 7 調査対象文献の特徴

分類	例	予測年	タイプ	主な予測手法
グランド・デザイン／ビジョン／戦略・計画等検討	NISTEP・科学技術予測 総務省・未来をつかむ Tech 戦略 経産省&厚労省・未来イノベーションWG 国交省・国土の長期展望	中長期	規範的	シナリオ
研究領域探索に係る調査	NISTEP・科学技術予測(デルファイ) CRDS・俯瞰報告書 NEDO/TSC・社会課題起点技術ツリー CSTI・ビジョナリー会議 EC・BOHEMIA(フォーサイト) EC・Radical Innovation Breakthrough	中長期	探索的 探索的 探索的 規範的 探索的 探索的	デルファイ スキャニング ロードマップ他 専門家パネル デルファイ 専門家パネル他
将来推計型政策・施策提言	経産省・2050 経済部会 内閣官房・まち・ひと・しごと	短中期	探索的	—
関係者間の将来課題共有型	経産省・不安な個人、立ちすくむ国家 国交省・政策ベンチャー2030(中間報告) 農水省・この国の食と私たちの仕事…	中長期	規範的	—
その他：将来課題の解決(事業環境の洞察)	Shell・シナリオ DHL・Trend Radar Economist・メガトレンド ESPAS・Global Trends to 2030 UK 科学局・Foresight	中長期	探索的	シナリオ シナリオ スキャニング スキャニング シナリオ
	日立製作所・ビジョンデザイン 三菱総合研究所『未来構想 2050』 みずほ FG『2050年のニッポン』	中長期	規範的	スキャニング

※下線…本調査で事例分析の対象。

【グランド・デザイン／ビジョン／戦略・計画等検討】

①NISTEP「科学技術予測調査」(シナリオ調査)

我が国の「科学技術予測調査」では、シナリオ調査を実施し、全国4地域(大都市、地方都市、中山間地、離島)で産官学民からなるワークショップを実施し、将来の地域社会のニーズの把握

し、“ありたい未来”を検討するとともに、それら将来社会の実現に向けた科学技術イノベーションの寄与を議論している。また、産学の有識者(100名程度)を対象に、将来社会に係るワークショップを実施し、科学技術が切り拓く社会等の議論を行っている。2040年に目指す社会の重視すべき価値として、Humanity(AIやロボット等と人間が共存し、人間らしさや人間同士のつながりを重視する社会)、Inclusion(多様な人間や機械が有機的につながり進化する社会)、Sustainability(様々な課題対応が進んだ持続可能な社会)、Curiosity(探究心・好奇心が発揮される社会)を設定した。

②経済産業省・厚生労働省「未来イノベーションワーキンググループ」

経済産業省と厚生労働省では、現在、医療福祉分野においてIoT、AI、ロボット技術等、第4次産業革命を踏まえた変革が進展しつつあることから、2040年頃における人と先端技術が共生する未来の医療福祉分野のあり方を検討するため「未来イノベーションワーキンググループ」(以下、未来イノベーションWG)を実施した²²。未来の医療福祉分野においては、足元において導入される技術が漸進的に改善していく姿を考えるのみならず、将来見込まれる社会・地域の変化や技術革新を見据え、バックキャスト型で中長期的な戦略を検討した。

検討にあたっては、次世代ヘルスケア産業協議会・次世代医療機器開発推進協議会・次世代医療ICT協議会の下に「未来イノベーションWG」を設置した。検討事項は、i)IoT、AI、ロボット等が国民の暮らしに溶け込んでいる社会システムの目標・将来像の作成、ii)変容していく医療介護サービスを想定し、必要になる技術・サービスの抽出、iii)実現するための施策の検討からなる。議論は、「医療・介護過疎化への対応」、「医療・介護需要集中への対応」、「予防」、「テクノロジーを活用したインクルージョン」のグループに分けて実施した。

③総務省「未来をつかむTECH戦略」

総務省では、情報通信審議会情報通信政策部会に「IoT時代の未来づくり検討委員会」を設置し、2030年から2040に向けた情報通信政策のビジョンとして「未来をつかむTECH戦略」(以下、TECH戦略)を策定した。検討委員会は全5回開催し、IoT・AI・ロボット等のイノベーションの進展に伴う未来社会ビジョン、持続可能な経済社会の実現方策、「当たり前」の時代に求められるICT利活用リテラシーのあり方・実現支援方策等を検討した。併せて、人づくりワーキンググループ、産業・地域づくりワーキンググループ、省内若手職員で構成する未来デザインチームを設置し、深堀の議論を行った。

具体的には、2030～2040年頃を展望し、i)IoT・AIなど次々と生み出されるイノベーションの成果を、「産業」や「地域」の隅々まで浸透させるとともに、ICT産業の競争力向上や経済の持続的な発展に結実させるための方策、ii)人口減少時代のリソースとして「人」の重要性が増す中で、年齢・性別・障害の有無等にかかわらず、誰もが自らの能力を発揮し、より豊かな生活を享

²² 「未来イノベーションWG」は、2019年1月から3回開催され、中間取りまとめを2019年3月19日に公表した。中間取りまとめを踏まえ、中長期での研究開発・実証プロジェクトの推進、技術インテリジェンス機能強化に関する議論等、具体策の実現に向けて取り組むとした。

受するための方策を検討した。セクター別の議論では、「生産」において人口減少・高齢化の同時進行し、成長基盤となる日本の生産力は持続的であるか、「需要」においては、個人消費や財政支出が期待できず、オリパラ反動減の中、先行きの需要を確保できるか、「産業」では IoT・BD・AI 等でグローバル企業の存在感が高まる中で、産業の競争力を確保していけるか、「地域」では過疎や高齢化が特に地方で深刻化する中で、医療や教育等の地域住民向けサービスは維持できるか、「ひと」に対しては次々と新しい技術やリスク等が出てくる中で、自分についていけるのか、安全や倫理は大丈夫か等、将来において社会が直面しうる課題、構造的な変化を示した。

④国土交通省「国土の長期ビジョン／国土の長期展望」

国土交通省は、2050 年までの国土の姿を描き、長期的な課題を整理するため、国土審議会計画推進部会に「国土の長期展望専門委員会」を設置し、検討しているところである（現在も検討進行中）。「国土の長期展望委員会」では、人口減少の進行、急速な高齢化、自然災害の激甚化・頻発化等、昨今の国土を取り巻く状況を踏まえ、国土の長期展望を行ったものである。検討結果は、国土審議会計画推進部会に報告する。

長期展望にあたっては、i)人口減少・少子高齢化、ii)世界の中の日本、iii)地球環境問題、iv)自然災害リスクの増大、v)新技術・ライフスタイル、vi)国土構造・国土のあり方を対象に、国土を取り巻く将来の状況変化（将来の国土の姿）を示した。これら将来の姿を踏まえ、2050 年における国土を取り巻く主な課題を抽出した。これまでの検討委員会での議論（第 3 回まで）では、人口減少・少子高齢化（人口減少、無居住化、大都市圏の高齢者の大幅増加）、世界の中の日本（国際競争力の維持、国土・資源の安全確保、外国人増加への対応）、地球環境問題（気候変動による国民生活への影響、脱炭素社会の実現）、自然災害リスクの増大（国土強靱化、災害発生でも持続可能な国・地域づくり、災害リスクの高い地域の世帯増加への対処）、新技術・ライフスタイル（AI・IoT・自動運転等の技術革新、ライフスタイルの変化）等における将来課題の整理を図っている。今後は、国土構造・国土のあり方（国土構造の再構築、スーパーメカリージョンの形成、国土管理・国土維持、国土計画）等の検討が行われる見込みである。

⑤JST「研究開発の俯瞰報告書」

科学技術振興機構が実施している「研究開発の俯瞰報告書（統合版）」では、俯瞰と潮流として、「グローバルトレンド」（2019～2030 年まで）と「科学と社会」に関する問題意識を示している。「グローバルトレンド」では、“価値観の変動”（グローバリズムの揺らぎ）、“G0 時代”（規範なき世界）、“中国の規範の世界流布”（自然科学、技術の強烈な推進と人文・社会科学の統制）、“「理念や標準」を作る地域（EU）」（EU の統合力の低下）、“民主主義の進歩・工夫の必要性”（世界的なポピュリズムの脅威：ミーイズム、排外主義への対応）、“市場原理の不安視”（市場原理は働いているか）、“本質的価値観の未共有の世界”（地域紛争の頻発化）等の要素を取り上げた。これらの大きな潮流を踏まえ、世界経済、社会の展望（経済生産規模、需要の伸び、資源価格の推移、消費・サービス構造の変化（「コト」へ）、情報化、健康医療分野と倫理的葛藤、軍事・安全保障問題、価値観の変動、包摂性等）を示した。「科学と社会」では、ポストモダンの科

学のように科学そのものを変革するというよりは諸科学間の連携・協同や場合によっては融合をはかろうとする動きがあること、科学というものが「人類の幸福のためにあるべき」であり「問題解決的であるべき」だとする現代の時代認識²³を挙げた。

⑥NEDO「技術課題起点ツリー」

新エネルギー・産業技術総合開発機構・技術戦略研究センター(NEDO/TSC)では、社会的要請や課題を踏まえた、技術の現状や技術シーズの将来を洞察するため、バックキャスト型で将来の社会的課題の検討を行い、社会的重点課題の抽出を試みている。社会的課題として、「人間の尊厳の揺るぎ」、「専門的な人材の不足」、「大規模な非自発的移民の発生」、「制御不能な感染症の拡大」、「都市インフラ利用の全体最適化」、「公共インフラの老朽化」、「社会保障費の増大」、「資本主義の限界」、「人為的な環境汚染・環境破壊」、「食糧不足」を挙げている。技術課題起点ツリーでは、上記の課題に対して、課題に対応する(例えば、「尊厳を守る」、「尊厳を高める」)を起点に技術に求められる要件(“AI・ロボットとの共存”→「同じ存在への融合」もしくは「別の存在としての共存」等に展開)をツリー図で示した。

⑦内閣府「ムーンショット型研究開発制度(ビジョナリー会議)」における将来社会

内閣府では「ムーンショット型研究開発制度」の展開にあたり、ビジョナリー会議を設置し、未来社会の姿と顕在化する課題を捉える取組を実施している。潮流として、a)人口の爆発的増加(インド、アフリカ)及び急速な高齢化(中国、先進国)、b)急速な都市化、c)地球温暖化の進展、環境汚染の深刻化、d)AI等による科学技術の飛躍的進歩等を挙げた。これらのメガトレンドに対して、研究開発の目標設定として、我が国の国益や将来の産業競争力の確保、海外との価値観の共有とともに、テクノロジーが切り拓く未来の可能性等の視点から目指すべき目標/未来像を設定している。具体的には、i)急進的イノベーションで少子高齢化時代を切り拓く²⁴、ii)地球環境を回復させながら都市文明を発展させる²⁵、iii)サイエンスとテクノロジーでフロンティアを開拓する²⁶等を掲げている。

²³ 俯瞰報告書(統合版)では、「科学と社会」の潮流として、科学者の責任/トランスサイエンス問題/科学と国家の問題/科学と産業界・民間企業の問題/科学とビジネスモデル、イノベーションエコシステムの問題/科学と政策/分野ごとの「科学と社会」に将来の変化要素を述べている。

²⁴ 「少子化時代を切り拓く」では、目指すべき未来像として、誰もが夢を追求できる社会の実現(インクルージョン)、100歳まで健康不安なく、人生を楽しめる社会の実現(Well Aging)、完全無人化による産業革新等が掲げている。

²⁵ 「都市文明を発展させる」では、目指すべき未来像として、資源要求の劇的削減(現在の1/10の資源要求で生活水準が維持・向上できる技術・体制の実現)、資源完全循環の達成(環境中立な産業・生活サイクルの地球規模での実現、環境中立な食料需給サイクルの地球規模での実現)、環境中立な都市の実現(前述の環境中立な食料需給サイクル等に加え、インフラ・フリー&環境中立で最高水準の生活を実現)、自然との共存(生物多様性の維持創出)を掲げている。

²⁶ 「サイエンス・テクノロジーでフロンティアを開拓する」では、サイエンスの自動化(AI)、基本的生命過程の制御(バイオ)、脳・神経メカニズムの全解明(脳・神経系)、未踏空間の可視化(量子から地球まで)、宇宙への定常的進出(宇宙)、ミレニアム・チャレンジ

⑧欧州委員会「BOHEMIA」

欧州委員会では、Horizon Europe の策定に向けた戦略的予測調査として「Beyond the Horizon: foresight in support of future EU research and innovation policy (BOHEMIA)」(以下、BOHEMIA)を実施した。BOHEMIA は、研究イノベーションの観点から、2017年6月にSDGsと欧州連合の役割に関するレポートを、2017年12月にデルファイ法に基づく科学技術、経済、社会イノベーションシステムの動向調査を、2018年の最終報告書として、「Transitions on the Horizon」を取りまとめた。同報告では、新興分野、リスクと機会、重要なトランジションを取りまとめた。

同報告では、i) EUの研究イノベーション政策の変革(Transformative change)、ii) 将来の欧州人が望む“共同で形成する経済・社会”の政策軸(a:イノベーション、b:ガバナンス、c:社会的ニーズ、d:生物圏)の設定²⁷、iii) 科学的好奇心に欠ける分野、iv) 政策実験の重要性(社会的課題の完全な理解してからでは手遅れの課題)、v) 政策連携の必要性、vi) イノベーションの需要と供給における相互作用に着目、vii) 研究への市民の関与をリコメンデーションした。

⑨欧州委員会「Radical Innovation Breakthroughs」

欧州委員会では、「Radical Innovation Breakthroughs」において、グローバルな価値の創造に影響を与え、社会的課題解決の可能性に資する100の新技术に関する洞察を実施した。本報告は、Horizon 2020 のプロジェクトで行われたもので、フィンランド・トゥルク大学、ドイツ・フラウンホーファー研究機構・社会イノベーション研究所、ルーマニア・未来研究所が実施した。

本報告は、今後15～20年にわたり、潜在的に重要で破壊的なイノベーションを特定するために、文献調査、ホライズンキャン、専門家による評価を実施し、100の革新的なイノベーションを抽出した。具体的には、i) 来るべきAIの波に対する欧州の戦略的位置づけ(16課題:次世代深層学習アルゴリズム、計算機創造、人工シナプス、脳機能マッピング、メモリ上計算処理等)、ii) 技術革新の加速(45課題:ニューロモーフィックチップ、4次元プリンティング、環境発電、生物由来生プラスチック、微小流体素子、生分解性センサー等)、iii) 極めて挑戦的な研究開発への支援体制の充実(生物電子工学)、iv) 成熟技術の実用化のための仕組みの見直し(研究開発や特許取得等で成熟していると見做されている分野)、v) 変化の波の理解とそれへの対応(ICT進展に伴う社会変革、SDGs等の政治的・社会的ニーズへの対応等)を取り上げた。

等を掲げた。

²⁷ 政策軸に沿って19テーマの未来シナリオを整理した。未来シナリオは、「生活支援」、「バイオエコノミー」、「安価な再生可能エネルギー」、「継続的なサイバー戦争」、「ユビキタスエキスパートシステム」、「伝染病の撃破」、「知性オンライン」、「臓器の置換」、「セキュリティ制御」、「低炭素エコノミー」、「材料資源の効率性」、「一体型製造」、「自然」、「精密医学」、「持続可能なモビリティ」、「多様な食料供給システム」、「知識システム」等

これら本報告にあたり、前年に有識者によるワークショップを開催し、23の将来像について、専門家インタビューを行い、EU戦略との整合、欧州の新興技術との関連を評価している²⁸。

⑩経済産業省「2050 経済部会」

経済産業省では、今後、2050年頃にかけて、我が国では①現役世代の急減、②人生100年時代の到来、③単身世帯の増加など家族構成の変化、④地方の人口減少・高齢化の加速、⑤社会保障支出の増大など、大きな構造変化に直面する。これらの構造変化の中で、次世代に持続可能な経済社会を残すには、人生100年時代に合わせて国民や企業の行動を変えることで、全ての世代がエイジフリーで活躍できる健康長寿・生涯現役社会を実現する必要がある。こうした問題意識の下、産業構造審議会に「2050 経済社会構造部会」を設置し、2050年頃までの構造変化を踏まえ、持続可能な経済社会を作るための将来像と政策課題を整理した。

本検討では、i) 2050年頃までの経済社会の構造変化、ii) 持続可能な経済社会に向けた政策課題(現役世代・子育て世代の安心確保、人生100年時代に対応した生涯現役社会の実現)等を議論した。

⑪内閣官房「まち・ひと・しごと」

我が国では、人口急減・超高齢化に直面し、政府一体となって取組、各地域がそれぞれの特徴を活かした自律的で持続的な社会を創生するため、「まち・ひと・しごと」に係る長期ビジョン、総合戦略、基本方針等を作成している。目指すべき将来として、i) 人口減少を和らげる(結婚・出産・子育ての希望をかなえる、魅力を育み・ひとが集う)、ii) 地域の外から稼ぐ力を高めるとともに地域内経済循環を実現する、iii) 人口減少に適応した地域をつくる、iv) 東京圏への一極集中の是正を掲げた。また、将来の基本目標として「稼ぐ地域をつくる」とともに、「安心して働けるようにする」、「地方とのつながりを築き、地方への新しいひとの流れをつくる」、「結婚・出産・子育ての希望をかなえる」、「ひとが集う、安心して暮らすことができる魅力的な地域をつくる」を設定し、横断的な目標として「多様な人材の活躍を推進する」、「新しい時代の流れを力にする」を掲げた。

上記を踏まえ、「まち・ひと・しごと創生総合戦略」では、地方創生の目指すべき将来として、『将来にわたって「活力ある地域社会」の実現』と、『「東京圏への一極集中」の是正』を掲げている。

⑫経済産業省「不安な個人、立ちすくむ国家」

国内外の社会構造の変化を把握するとともに、中長期的な政策の軸となる考え方を検討し、世の中に広く問いかけることを目的に将来社会の洞察を行った。検討メンバーは、2016年8月に経済産業省内で、「次官・若手プロジェクト」の参画者を公募し、20代から30代の

²⁸ EC “Radical Innovation Breakthrough Inquirer(RIBRI) Workshop of key future Global Value Networks (GVNs) Report “

若手職員(30名)で検討チームを構成した。検討にあたっては、国内外の有識者ヒアリング、文献調査に加え、東京大学との意見交換会(13名)と有識者との意見交換会(12名)を定期的に実施した。

「国家」の今後のあり方を議論するにあたり、グローバル・メガトレンドとして、国際政治面では新興国台頭、ナショナリズム、地政学変化、国家破綻を、経済面では先進国低成長、新興国鈍化、超国家企業、Sustainability を、民族・文化・宗教面では原理主義台頭、伝統的価値観vsリベラルを、技術面では第4次産業革命、シンギュラリティ、キラー技術独占等を世界の大きな潮流変化として捉えた。また、社会面では個人の価値観の変化・多様化、少子高齢化・人口構成の変化、格差の拡大・固定化、情報化社会を変化要因とし、これら社会面の変化に着目し、i)液状化する社会と不安な個人(秩序ある自由)、ii)政府は個人の人生の選択を支えられているか、iii)我々はどうすればよいかを示した。

⑩国土交通省政策ベンチャー2030「日本を進化させる生存戦略」

未来の兆しを掴み、社会と徹底的に対話する、2030年に中核を担う世代の政策立案プロジェクトとして、「国土交通省政策ベンチャー2030」を発足した。2030年頃のあるべき日本社会の姿を構想し、具体的な政策提言をとりまとめるプロジェクト(理想像から遡った具体策を提示)である。

検討メンバーは、2030年頃に国土交通省の中核を担うことになる世代(30代中堅・若手職員)が中心に、国土交通省本省職員(20~30名程度を公募により選定)、地方支分部局(100名程度を公募により選定)からなる。本省プロジェクトメンバーは、男性28名、女性6名の34名からなる。

「日本を進化させる生存戦略～都市も、地方も、個人も、組織も課題を直視し、挑戦を続け、失敗から学び進化・適用する社会へ～」(とりまとめ報告)では、第1章の未来シナリオとしてi)人口減少と正面から向き合う、ii)リスク社会を生き抜く、iii)技術革新を手段として社会構造を適応・進化させる、iv)多様な個人の生き方を支え、社会を活かす、v)行政を変える等を示し、第2章でアクションプランを提示した。

⑪農林水産省「この国の食と私たちの仕事の未来地図」

農林水産行政では、現在起きている事象への対処(農業就業人口の高齢化、食料自給率、農林水産物・食品の輸出額、耕作放棄地問題等)が中心となり、「食の未来像」を描いていない。このため、2017年10月に農林水産行政に漠然と閉塞感や危機感を感じる若手有志職員を中心にTeam414を結成し、約6か月間にわたり、100名を超える有識者に協力いただき、「食の未来」についての意見交換を実施した。

創りたい未来として、「食」(食料やエネルギーの確保、残る“おばあちゃん”の味、安心できる食卓の場)、「稼」(食産業で地域活性化、世界中で月に1度は日本食、世界の介護食・病院食・健康食品を席卷、日本の食関連企業の世界シェア上位10社に3社以上)、「誇」(宇宙で農業、日本食の価値の再評価、国際社会の食のルールメーカーの日本、持続可能な農業)等を掲げた。

未来の「食」を描くために今“持ちたい視点”について、情報を軸としたプラットフォームとして、i) 国境を越えたオンデマンド生産の予兆、ii) ブロックチェーン・トレサを契機に食品流通を握る主導権争いが勃発を、消費者“起点”のビジネス戦略として、iii) 3D フードプリンターにより食品加工の個人化、iv) 細胞培養肉による畜産業の変革(資源・倫理的制約を乗り越え)、v) スマート家電による個人ニーズの可視化・流通機能の一部代替を挙げた。また、情報を軸としたプラットフォームと消費者“起点”ビジネス戦略の両方にまたがるものとして、vi) 食料品分野のロボティクス導入による労働市場への大変革、vii) 「おいしい」や「健康」データにより多様な消費者ニーズに対応、viii) 大手 EC のリアル店舗への参入を挙げた。これらは、従来の自前主義ではなく、オープン・クローズで推進される姿を示した。

⑮ Shell シナリオ「Sky シナリオ」

Shell のエネルギーシナリオのうち、「Sky シナリオ」は、パリ協定の目標を達成するための挑戦的な道筋(Pathway)を示したものである。ターゲット年である 2070 年までには、これまでとは大きく異なるエネルギーシステムが出現している可能性があるとした。

「Sky シナリオ」は、これまでに策定された「Mountain」、「Ocean」のシナリオに追加する形で策定したもので、産業革命以前からの世界平均気温上昇を 2℃以下に制限するための技術、産業、経済的なルートを示した。

将来シナリオの推計等にあたっては、MIT との共同プログラム(Sky の気候影響評価のための地球変動科学・政策プログラム)と連携し、MIT の統合グローバルシステムモデル(IGSM)フレームワークを活用し影響評価を実施した。なお、Shell は、同共同プログラムに 10 万米ドルを寄付している。

⑯ DHL 「Trend Radar」

ドイツポストでは、「Logistics Trend Radar」において、今後 5～10 年で物流業界に影響を与え、未来を変革する 28 の重要な社会、ビジネス、技術的トレンドを分析している。Logistics Trend Radar としては、第 4 版。(2013 年から開始)である。

メガトレンドとマクロトレンドの分析、研究機関、ハイテク企業、新興企業、顧客等のパートナーからのインプットを通じて、DHL トレンドリサーチ(DHL イノベーションセンター)で Trend Radar を開発した²⁹。

現行の第 4 版では、新しいトレンドとして、都市物流を強化する「スマートコンテナ化」、物流サービスとスマートホーム環境の統合である「コネクテッドライフ」が含まれる。将来の Disruptive な要素として、「Digital work」(人口高齢化、肉体的・集約的労働の自動化)、「Green Energy Logistics」(ラストマイル配送に対する環境ソリューション)、「Logistics Marketplace」(情報、料金、サービスの可視化)、「Omni-channel logistics」(各チャンネルのニーズに合わせたロジスティクス)等が取り上げられている。

²⁹ Web ツール (<https://www.logistics.dhl/global-en/home/insights-and-innovation/insights/logistics-trend-radar.html>)

⑰ESPAS「Global Trends to 2030」

本報告は、次の 10 年間(2030 年)の欧州の未来と世界における欧州の役割をどのように位置付けるか。現状を取り巻く問題として、自由民主主義に対する圧力、グローバルガバナンスへの挑戦、経済モデルの転換、社会構造の転換、技術の新たな使われ方と誤用、人口動態、エコロジカルフットプリントの増大等、新たな地政学的、地経済的な秩序が表出しつつあることを取り上げた。これらの課題認識から、メガトレンドの分析は、将来において、欧州連合が米国と中国に挟まれた中流国とならないよう現在の政策選択に資することを掲げた。

本報告は、Florence Gaub 氏(欧州連合安全保障研究所 副所長)が中心となり、欧州戦略・政策分析システム(European Strategy and Policy Analysis System:以下、ESPAS)が作成した。ESPAS は、欧州が直面する政策選択を分析するための機関である。本報告は、欧州議会の研究サービス、欧州委員会、欧州連合理事会事務局と 1 年にわたり協議・レビューした結果である。

本報告では、メガトレンドとして、気候変動(温暖化)、人口動態、都市居住、経済成長、エネルギー需要、高度な接続性、多ノード化(地政学)を取り上げ、今後 10 年間で変えることが難しいトレンド(不可逆的な確実性の高い将来)を示すとともに、メガトレンドより変化の激しい要素(「触媒」)として、貿易の増大、食糧・水の監視、武力衝突、テロリズムの存続、技術の超進展、人の移動、ポピュリストの行動等、メガトレンドを加速または減速させる変化要因と位置づけた。メガトレンドと触媒は、大きな社会の潮流に影響を与えるものであるが、2030 年の人間の決断に左右される。人間の決断に係る将来の見積として、確度は低いものの、未来を決定する事象として「ゲームチェンジャー」を設定した(地球をどのように救うか、老化の改善、新技術の運営管理、欧州の地位、紛争の管理、民主主義の保護、平等の実現)。

⑱日立製作所「ビジョンデザイン」

日立製作所の「ビジョンデザイン」は、未来を描くためのデザイン活動の一つであり、社会イノベーション事業を推進する上での取組みの一つである。背景には、社会システムの運営に係る課題は、一つの企業のみで解決することが難しくなっており、あるべき姿の提示も一つの企業だけで描くことは難しくなっている。このため、日立製作所では、ビジョンデザインを通じて、社会の関与者を巻き込み、将来の社会システムのあるべき姿を提示し、議論を喚起する取組を展開するに至った。ビジョンデザインでは、新しい技術が意図せずにもたらしてしまうかもしれない問題や、新しい技術だけでは解決できない問題等にも着目し、人の生活への寄り添い方を議論している。

代表的な取組みとして、京都大学と共同で実施している日立京大ラボ(日立未来課題探索共同研究部門)がある。同ラボでは、人文・社会科学系の有識者と情報科学系の研究者が AI(人工知能)を用いて、日本の未来シナリオ(あるべき社会)を検討し、2017 年 9 月に共同で、持続可能な日本の未来に向けて政策提言を行った³⁰。これらの成果は、長野県の「し

³⁰ 未来社会のシミュレーションにあたり、大学の研究者が参画し、「少子化」「環境破壊」「国

あわせ信州創造プラン 2.0」でも応用されている。また、共同研究「2050年の大学と企業のあり方」では、大学と企業がおかれる社会の将来課題を見据えるため、霊長類研究、税制論、古代ローマ史、倫理、こころ、東南アジア、アフリカ研究者との議論を通じて社会課題を抽出した(「Crisis 5.0」)。それ以外では、上記以外に、日立製作所のビジョンデザインセンターを中心に、地域から未来をつくる「フューチャーリビング・ラボ」、「市民参加型未来ビジョン」を実施するとともに、「25のきざし」として社会システムの要件を生活者視点で捉え描出した。また、デザインファームである Method 社³¹と連携し実施した「Future Trust」がある。「Future Trust」では、2030年の“信頼”のシナリオとして、「分散化された透明性」(Decentralised & Transparent)、「集中管理」(Centralised & Curated)、「分散型及び自律型」(Distributed & Autonomous)の3つのシナリオを描いた。ビジョンデザインの対象分野は、街・ホーム、自動運転、エネルギー、ものづくり、トラスト、ペイメント等からなる。

⑩三菱総合研究所「未来構想 2050」における将来社会

三菱総合研究所では、「豊かで持続可能な世界」を2050年に目指すべき世界の姿と想定し、実現に向けて必要とされるコンセンサス(基本的人権の尊重、法の支配、プライバシーの尊重、持続可能性の重要性等の価値観、道徳・社会規範)の共有と、他方、世界経済の多極化の進展が想定されることから、目指すべき世界が実現できない場合は世界の分断が進展し、国際的な合意形成(国際ルール、気候変動の取組等)も困難になる。これらの認識に立ち、押さえておくべき世界の潮流等を描写した。6つの世界の潮流として、i)デジタル経済圏の台頭、ii)覇権国のいない国際秩序、iii)脱炭素を実現する循環型社会、iv)変容する政府の役割、v)多様なコミュニティが共存する社会、vi)技術によって変わる人材等からなる。

⑪みずほフィナンシャルグループ「2050年のニッポン」における将来社会

みずほフィナンシャルグループでは、現状認識として、これまでの30年間で「置き去りにされた日本」とし、次の30年間で次世代に向けて「長期かつ不可逆な変化に直面する日本」と位置づけ、将来を大きく左右する構造的課題にどのように向き合うかの分水嶺に立つ日本とした。特に次の30年間は、日本は本格的な人口動態の変化に直面し、既に深刻化しつつある財政問題を抱える。また、グローバル面では技術の進歩、新興国の勃興、資源・環境制約を抱える。

本報告は、構造的な課題を乗り越えることを主眼に、目指すべき姿を描き、そこからバックキャストし、対症療法ではない抜本的な変革に取り組むため、超長期ビジョン(「ありたき姿」)を検討した。検討にあたっては、対症療法を続けた「あつてはならぬ未来」と課題に向き合い、果敢の変革に取り組んだ「ありたき姿」を示した。これにより、個人、企業、政府等の各主体に求められる取組の方向性を浮き彫りにした。

内総生産(GDP)「失業率」などの定量化できる指標だけでなく、「幸福感」「豊かさ」などの定性的な指標も含めた、149個のキーワードを挙げ、各指標間の因果関係を検討した。

(https://social-innovation.hitachi/ja-jp/case_studies/hitachi_kyodai_lab/)

³¹ <https://www.method.com/>

(2) 将来社会の姿

① 既存の予測調査の特徴

図 5 は、本調査で対象とした予測調査文献の検討対象を整理したものである。科学技術イノベーション関連の予測においても、将来社会を同定する取組が見られる。

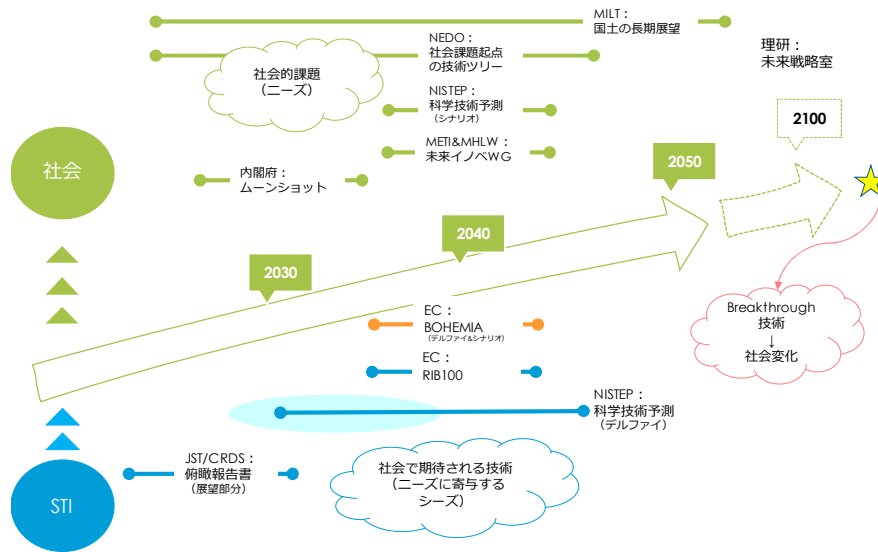


図 5 公的機関等が実施する将来予測の取組の対象年と検討対象

このうち、将来社会像を設定した検討を実施している文献は、下記の通りである。

- NISTEP: 科学技術・学術政策研究所 (2019) 「第 11 回科学技術予測調査」.
- 総務省 Tech: 総務省 (2018) 「未来をつかむ Tech 戦略」.
- 経産省未来イノベ WG: 経済産業省・厚生労働省 (2019) 「未来をつかむ TECH 戦略」.
- 内閣府ビジョナリ: 内閣府 (2019) 「ムーンショット型研究開発制度が目指す未来像及びその実現に向けた野心的な目標について(案)」, 第 4 回ムーンショット型研究開発制度に係るビジョナリー会議 資料.
- NEDO: 新エネルギー・産業技術総合開発機構 技術戦略研究センター「社会課題起点の技術ツリー図」
- CRDS: 科学技術振興機構 (2019) 「研究開発の俯瞰報告書・統合版 (2019 年) ~俯瞰と潮流~」
- EC Bohemia: 欧州委員会 (2018) 「Transitions on the Horizon: Perspectives for the European Union's future research and innovation policies」
- 国土交通省政策ベンチャー2030 (2018) 「日本を進化させる生存戦略」.
- みずほフィナンシャルグループ (2017) 「2050 年のニッポンー課題を乗り越え、輝き続

けるために一」。

②既存の予測調査における将来社会像

既存の予測調査の将来社会像は、将来社会像や社会的課題に対して「ありたい社会」（規範的な予測）に基づく社会像・社会的課題と、「避けたい社会」や「トレンドにある社会」（探索的な予測）に基づく社会像・社会的課題に整理した。

「ありたい社会」の社会像・社会的課題は、「つながり・連結」、「包摂・インクルージョン」、「持続性」、「産業の強み・競争力」、「国土・地域づくり」、「自分らしさ・能力開発」、「好奇心」、「社会保障・人生 100 年時代」等に分類することができる。

「避けたい社会」の社会像・社会的課題は、「公共サービスのアクセス確保」、「科学技術と社会（倫理的受容性、持続可能性等）」、「価値観の揺らぎ・不安定化」、「持続性」、「ガバナンス」、「人口減少と社会の多様性の担保」、「インフラの維持」、「インフラ・バランス」、「多様な生き方のための人材能力の向上」、「社会保障制度の限界」等に分類することができる。

表 8 既存予測調査の将来社会像、社会的課題（ありたい社会）

	キーワード	社会内容／背景	想定年	出典
つながり・連結	Humanity	AI やロボット等機械と人間が共存する中で人間らしさ や人間同士の多様なつながりを重視する社会	2040	NISTEP
	「地域づくり」 コネクティッド	地域資源を集約・活用したコンパクト化と遠隔利用が可能なネットワーク化により、人口減でも繋がったコミュニティを維持し、新たな絆を創る「連結」の社会	2040	総務省 Tech
	人と技術が共生し、その人なりの価値を届けることができる	最適な健康・医療・介護の提供：住む場所など個人のあらゆる選択が尊重されつつも社会と必要ときに繋がり、最適なサービスを楽しむことができる「いつでも、どこでも、だれでも、自分らしい生き方を追求できる社会システム」の実装を目指す。	2040	経産省 未来イ ノベ WG
	誰もが幸せの実現に向けて、自分に合った生き方を選択できる	予防：テクノロジーと人の双方から個人を支える環境づくりを行い、個人が自分に合った生活の実現のための選択肢を持つことができるようになること、その上で、個人がその選択肢を理解した上で、健康へ投資をできるようになることを実現していく。	2040	経産省 未来イ ノベ WG
包摂・インクルージョン	Inclusion	多様な人間や機械が、それぞれの特徴を生かして有機的につながるにより進化する社会	2040	NISTEP
	「人づくり」 インクルーシブ	年齢・性別・障害の有無・国籍・所得等に関わりなく、誰もが多様な価値観やライフスタイルを持ちつつ、豊かな人生を享受できる「包摂」の社会	2040	総務省 Tech
	誰もがどんな状態であっても、「これでいい」と自然に思える	テクノロジーを活用したインクルージョン：誰もが受け入れ合い、認め合う、コミュニティまで含めた「協働関係」を構築し、心身機能を維持・拡張し、個人やコミュニティをエンパワーする、共に支える新たな関係の形成を目指す	2040	経産省 未来イ ノベ WG
	「誰もが夢を追及できる社会」の実現（インクルージョン・イノベーション）	[急進的イノベーションで少子高齢化時代を切り拓く]高齢者、外国人、障がい者など多様な背景や価値観を持った人々が、自らのライフスタイルに応じ、年齢、文化、身体的な能力、時間・距離の制約を超えて世界とつながり、夢を追求する機会が最大化される社会の実現を目指す。	2040- 2050	内閣府 ビジョナ リ
持続性	Sustainability	エネルギー制約、食料需給、地球規模の環境など、様々な課題への対応が進んだ持続可能な社会	2040	NISTEP
	資源要求の劇的削減	[地球環境を回復させながら都市文明を発展させる]限りある資源を人類が公平かつ効率的に利用するため、ものづくり分野における資源要求量を、現行水準の 1/10 以下に削減することを目指す。	2040- 2050	内閣府 ビジョナ リ

	キーワード	社会内容／背景	想定年	出典
持続性	資源完全循環の達成	[地球環境を回復させながら都市文明を発展させる]資源の持続的な利用を図るため、廃棄物や汚染物質の徹底した再資源化に取り組み、「ゴミ」の概念が消滅した完全資源循環型の経済システムの確立を目指す。また、増大する計算資源ニーズに対して、維持可能なレベルでの電力消費で提供可能な技術の実現を目指す。	2040- 2050	内閣府 ビジョナ リ
	環境中立な都市の実現	[地球環境を回復させながら都市文明を発展させる]今後、大都市への人口集中が見込まれる新興国等を想定し、インフラ整備に頼りすぎることなく、自然環境に調和しながら快適に暮らすことのできるインフラソリューションを確立、完全に環境中立的な都市モデルの創出を目指す。	2040- 2050	内閣府 ビジョナ リ
	自然との共存	[地球環境を回復させながら都市文明を発展させる]地球温暖化に伴う海面上昇などにより、今後、生物多様性のさらなる損失や、生活圏が失われる地域の発生が予測される中、失われた自然環境の回復技術等を確立することによって新たな生活圏の開拓を目指す。	2040- 2050	内閣府 ビジョナ リ
	Sky シナリオ	パリ協定に積極的に対応する姿を示した。2023年に先立ち、中国による温室効果ガスの大幅な排出削減誓約により、2030年代に排出量が横ばいに。当該シナリオでは、エネルギー効率の向上、脱炭素型発電と電化の拡大、公共政策として低炭素技術の社会受容される社会である。2050年代には全ての自動車が電化される。	2030	Shell シナリオ
	環境・エネルギー	[ありたき姿:誰もが安心して安全に暮らせる社会]低炭素化への要請が強まる中で、①エネルギー自給化と大幅な温室効果ガス削減を実現、②エネルギーミックス(再エネの主力電源化)、③再生可能エネルギーのコスト低減、④再エネの利用拡大と水素活用による再エネの流通促進、⑤社会インフラの変化に即したエネルギー供給体制(分散型エネルギーの地産地消等)、⑥分散型エネルギーのプラットフォーム事業の台頭(P2P取引の普及)からなる。	2050	みずほ 2050
産業の強み・競争力	「豊かで持続可能な社会」に向けて、経済規模とは必ずしも比例しない世界への影響力(多国間の枠組みを重視し、国際的な問題を平和的に解決しようと努力してきた蓄積がある)、ソフトパワーの発揮が重要である。	2050	MRI 2050	

	キーワード	社会内容／背景	想定年	出典
産業の強み・競争力	産業・企業・国際競争力ーデジタル×フィジカルで新たな付加価値を創造ー	「豊かで持続可能な社会」に向けて、デジタル経済圏の拡大を背景に、商圏のボーダレス化が進み競争は激化、価値追及の拡大とモノ消費型産業の縮小(匠の技術等の強みをデジタル技術との掛け算で強化し、環境、防災等の世界の社会的課題解決に寄与)、人的投資や組織改革を通じて企業競争力の強化が重要である。	2050	MRI 2050
	「産業づくり」 トランスフォーム	設計の変更を前提とした柔軟・即応のアプローチにより、技術革新や市場環境の変化に順応して発展する「変容」の社会	2040	総務省 Tech
	完全無人化による産業革新	[急進的イノベーションで少子高齢化時代を切り拓く]AI・ロボット等の導入による産業の自動化・無人化を徹底的に追求し、長年の経験や人手作業を必要とする農林水産業や建設業等の世界に産業革新をもたらす、事故ゼロ、無騒音、超高難度建築の実現など自動化システムで初めてもたらされる価値の創出に挑戦する。	2040- 2050	内閣府 ビジョナリ
	産業構造	[ありたき姿:誰もが安心して安全に暮らせる社会]①事業環境の変化に対応、競争力ある産業構造へと転換、②国内市場創出とグローバル競争力強化の好循環の実現、③社会的ニーズへのソリューション提供、④インストールベースを活かす「モノとサービス」、⑤AIとロボットが担う物流、⑥「繋がり」がコト消費を喚起、⑦訪日外客数8,000万人時代へのインフラ整備と多様なコンテンツ、⑧ヘルスケア領域の拡がり、⑨世界に先んじる再生医療バリューチェーン、⑩データ集積を活かしたヘルスケア産業の人材誘致・国際拠点化、⑪地域特性・課題に応じた新たなユーティリティ事業、⑫地方を支える「産業としての農業」の確立等からなる。	2050	みずほ 2050
国土・地域づくり	地域・社会・コミュニティ(地域マネジメントを強化し持続可能な地域社会へ)	「豊かで持続可能な社会」に向けて、東京圏と地方の県庁所在市・中核市に集まる人口、圏域・地域ブロックレベルのマネジメントを強化し持続可能性を高める。	2050	MRI 2050
	社会インフラ	[ありたき姿:誰もが安心して安全に暮らせる社会]社会インフラでは、①世界を惹き付ける巨大都市圏、快適な暮らしを支える街、②日本の牽引役となるスーパーメガリージョン、③デジタル化によるレジリエンスとイノベーション創出力の向上、④衛星データの利活用の拡がりと高度化、⑤コンパクトシティの形成、⑥行政区分の見直し(地方分権・道州制)が期待される。	2050	みずほ 2050

	キーワード	社会内容／背景	想定年	出典
自分らしさ・能力開発	生活・家計・働き方ー多様な価値観に基づく「自分らしい」人生を実現ー	「豊かで持続可能な社会」に向けて、人間中心の技術活用を進展することで、仕事や家事は大幅に効率化され、価値追及型の「自分らしい」暮らし(価値追及消費)、前向きな挑戦と創造的思考力が「自分らしい」人生を可能にする。	2050	MRI 2050
	雇用・教育	[ありたき姿:誰もが安心して安全に暮らせる社会]①仕事と学びの好循環によりエイジレス・ジェンダーレス社会、②ヒトとテクノロジーの共生、③仕事と学びの制約を無くす、④学びの機会拡大と、求められるリカレント教育の必要性、⑤学び直しを支えるセーフティネット(教育訓練給付制度の大幅な拡充)、⑥エイジレス・ジェンダーレス社会構築に向けた制度・政策が不可欠。	2050	みずほ 2050
好奇心の追求	Curiosity	探求心・好奇心が十分に 発揮される社会	2040	NISTEP
	サイエンスの自動化(AI)	[サイエンスとテクノロジーでフロンティアを開拓する]仮説の生成・検証を繰り返しながら見いだされる科学的発見を完全自動化することにより、科学・技術分野におけるシンギュラリティの誘発を目指す。	2040- 2050	内閣府 ビジョナ リ
	未踏空間の可視化(量子から地球まで)	[サイエンスとテクノロジーでフロンティアを開拓する]海洋・地下など未踏空間におけるビッグデータを網羅的に獲得することにより、地震予測技術の高度化や海洋における未探索資源の開拓などを目指す。	2040- 2050	内閣府 ビジョナ リ
	宇宙への定常的進出(宇宙)	[サイエンスとテクノロジーでフロンティアを開拓する]太陽系空間の定常的な観測網の確立や、人工衛星を宇宙空間上で組み立て・補修等を行うプラットフォームづくりに取り組むことにより、宇宙空間の利用拡大を目指す。	2040- 2050	内閣府 ビジョナ リ
	ミレニアム・チャレンジ(ビジョン公募枠)	[サイエンスとテクノロジーでフロンティアを開拓する]科学・技術によって未来を切り拓く熱意(ビジョン)とそれをやり抜く志しを持った研究者集団を発掘・育成し、30年後の未来社会を創造する。	2040- 2050	内閣府 ビジョナ リ
社会保障	「100歳まで健康不安なく人生を楽しめる社会」の実現(Well Agingの実現)	[急進的イノベーションで少子高齢化時代を切り拓く]人生100年を前提として、いつまでも明るく健康であり続けることができる社会の実現を目指し、国民の多様な健康・医療ニーズに即した新たなソリューションを生み出し、世界の健康・医療にも貢献する。	2040- 2050	内閣府 ビジョナ リ

	キーワード	社会内容／背景	想定年	出典
社会保障・人生100年時代	政府・財政・社会保障－人生100年時代を支える財政・社会保障制度へ－	「豊かで持続可能な社会」に向けて、現状延長では持続可能でない財政が懸念され、新技術・地域社会・制度改革の三本柱で持続可能な社会保障を実現する。目指すべき改革の方向性は、①健康寿命延伸をもたらす新技術の導入、②シニア就労促進を中心とした地域社会での社会貢献の拡大、③社会保障の持続可能性の確保等である。	2050	MRI 2050
	基本的生命過程の制御(バイオ)	[サイエンスとテクノロジーでフロンティアを開拓する]生命の発生過程や老化メカニズム、恒常性維持機構等の基本的生命過程を正確に理解し、バイオテクノロジー分野に新たなブレークスルーを生み出すための基盤技術(人工冬眠技術等)の獲得に挑戦する。	2040- 2050	内閣府 ビジョナ リ
	脳・神経メカニズムの全解明(脳・神経系)	[サイエンスとテクノロジーでフロンティアを開拓する]脳や末梢神経系を含めた全身神経回路とその関連組織の完全デジタル化に挑戦し、認知症等の神経系疾患の発症メカニズムの解明等に貢献する。また、現状では測定困難な神経系やそれに連携する免疫系や腸管組織などの網羅的な測定を実現する。	2040- 2050	内閣府 ビジョナ リ
	医療・社会保障	[ありたき姿:誰もが安心して安全に暮らせる社会]ありたき姿に向けて、①医療・介護提供体制の適正化を進めながら、医療データ基盤を整備、②産・官・学・医連携による医療の高度化・産業化を実現、③医療費を抑え、財源を賢く再投資・分配する好循環を実現からなる。	2050	みずほ 2050

注) NISTEP: 科学技術・学術政策研究所(2019)「第11回科学技術予測調査」

総務省 Tech: 総務省(2018)「未来をつかむ Tech 戦略」

経産省未来イノベ WG: 経済産業省・厚生労働省(2019)「未来をつかむ TECH 戦略」

内閣府ビジョナリ: 内閣府(2019)「ムーンショット型研究開発制度が目指す未来像及びその実現に向けた野心的な目標について(案)」、第4回ムーンショット型研究開発制度に係るビジョナリ会議 資料。

みずほフィナンシャルグループ(2017)「2050年のニッポン－課題を乗り越え、輝き続けるために－」

表 9 既存予測調査の将来社会像、社会的課題（避けたい社会）

	キーワード	社会内容／背景	想定年	出典
公共サービスのアクセス確保	公共サービスに係る不平等を実質的に減らすための移行 (Transition)	[社会的ニーズ]人々の生活の質を改善し、基本的な公共サービスへのアクセスを提供し、様々な種類の不平等を実質的に減らすための移行 (Transition)である。移行領域は、公共サービスの役割である食料、宿泊施設、保健システム、給水、安全性・セキュリティ、社会保障、インフラストラクチャへのアクセスの保証等を含む。中でも健康分野(高齢化、移住)とセキュリティ分野。	2040	EC Bohemia
	大規模な非自発的移民の発生	紛争、自然災害、環境・経済的理由による大規模な非自発的移民の発生／政治的不安定を背景とした移民・難民の大量発生／気候変動等の影響による大量の移民発生	2040	NEDO
	制御不能な感染症の拡大	抗生物質や抗ウイルス剤等の使用により耐性病原体を引き起こす／従来型抗生物質に耐性を持つ細菌、ウイルスの登場による感染症被害の世界的増加	2040	NEDO
	社会保障費の増大	社会保障費の増大を背景に公的債務が膨張し続け、やがて制御不能に陥る／社会保障費が増加し公債が増え続ける／健康長寿化に伴う社会保障給付の増加に対応できなくなる	2040	NEDO
科学技術と社会（倫理的受容性、持続可能性等）	イノベーション:変化の力の活用	社会とイノベーションの関係の根本的な変化に関するものである。 個人、組織、社会全体に知識を用いた意図的な変化がもたらされ、科学、技術、イノベーションの加速により、社会的、経済的、政治的な矛盾(コントロールの喪失、危機、倫理的ジレンマ)を生み出す。例えば、労働と仕事に係るデジタル化・自動化の影響、合成生物学に関する新たなリスク等である。責任ある投資を組み合わせた Responsible Research and Innovation (RRI) ³² の実践を通じて、イノベーション革命を共有できる。 都市はイノベーションの様々な要素が集まって社会的、経済的なダイナミクスを解き放つハブであり、スマートシティは高性能コンピューティングとIoTによるセンサーと接続性に基づき構築される。	2040	EC Bohemia

³² 責任ある研究・イノベーションとは、Von Schomberg (2011)によると、科学技術の発展が社会に適切に埋め込まれるようにするために社会の諸アクターとイノベーターが、イノベーションのプロセスと市場化可能なその成果の(倫理的)受容可能性、持続可能性、社会的な望ましさに関する互いの見解に応えあう透明性のある相互作用的なプロセスとした。また、Jack Stilgoeaらは、現在の科学技術の責任ある

	キーワード	社会内容／背景	想定年	出典
科学技術と社会（倫理的受容性、持続可能性等）	人間の尊厳の揺るぎ	遺伝子工学の介入で作られたものと自然にうまれてきたものはっきり分かる／バイオテクノロジーの脅威とポストヒューマン段階／自律AI登場	2040	NEDO
	「デジタルな孤立」から「デジタルによる連帯」へ	[技術革新を手段として社会構造を適応・進化]先進技術を「人の意思のもと、使いこなす」ことで、もう一度「人間らしさ」「人と人の直接的なふれあい、にぎわい」を取り戻し、「外出したくなる社会」を目指す。	2030	国交省政策ベ
	「(不完全な)見えざる手から「技術による全体最適」へ	[技術革新を手段として社会構造を適応・進化]AI、スマートフォン、GPS等の科学技術の進展を踏まえ、精緻なプライシングや中央制御による財・サービスの配分計画を補完的に用いることによって、社会の全体最適の実現に近づくことのできる余地が急激に拡大している。このため、交通や不動産等、国土交通省が一定程度、市場のコントロールを担っている分野において、技術を生かすことにより、市場パフォーマンスを上げていく政策が求められる。	2030	国交省政策ベ
価値観の揺らぎ・不安定化	資本主義の限界	資本主義の短期主義的側面により、地球上の諸問題の解決が間に合わなくなる／資本主義に内在する部分最適と全体最適のパラドクスによる問題が表面化、資本主義経済システムが破綻／資本主義経済システムの下ではエントロピーが一方向的に増大。資本主義は崩壊。	2040	NEDO
	価値観の変動	情報発信者が一部の人に限られていた時代から、全ての人々が情報発信者に容易になれる時代／世界的或いは一国内の格差問題、人口増加、食糧危機等の地球規模課題／グローバルイズムの価値観(民主主義、市場原理、科学技術の規範)の揺らぎ	2040	CRDS
	G0時代	グローバルイズムの規範の動揺／規範なき世界の増幅／価値観が分裂したままのモザイク社会の様相の強まり	2040	CRDS
	民主主義の進歩・工夫の必要性	世界的なポピュリズムの脅威(先進国の中間所得層の分解によるミーイズムの進展、排外主義、右傾化状況への対応／社会主義も為政者が大衆の反応に敏感)	2040	CRDS

管理運営(Stewardship)を通じて未来を大事にすることとした。(出典:平川秀幸(2015)「責任ある研究・イノベーションの考え方と国内外の動向」、文部科学省科学技術・学術審議会 研究計画・評価分科会「安全・安心科学技術及び社会連携委員会」資料。

(https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu2/064/shiryo/_icsFiles/afiedfile/2015/07/10/1359391_04.pdf)

	キーワード	社会内容／背景	想定年	出典
価値観の揺らぎ・不安定化	市場原理の不安視	市場原理の課題、市場アクセス、不正の横行への対応(市場と政府の関係、FINTECH の進展等、市場原理は働いているか)	2040	CRDS
	本質的価値観の未共有の世界	グローバリズムの規範が弱まっている世界(世界は本質的な価値観を共有できないまま大国が共存せざるを得ず地域紛争が起こりやすく調整しにくい世界)	2040	CRDS
	中国の規範の世界流布	世界のスタンダードとは異なる民主主義や市場原理の考え方／文明史的覇権闘争／自然科学、技術の強烈な推進と人文・社会科学の統制	2040	CRDS
持続性	人為的な環境汚染・環境破壊	陸上では毎年 1,300 万 ha の森林が消失。海洋では全面積の 40%が汚染や漁業資源の枯渇、沿岸生息地の消失／生物多様性の喪失と生態系の崩壊が発生／人為的な環境破壊により、人の生活や経済活動等が害される／都市人口の 80%は WHO の環境基準を超えた大気汚染にさらされている。世界の死因の 3.1%は不衛生な水等の公衆衛生上の問題に起因する	2040	NEDO
	食糧不足	世界での人口増加や新興国の発展により食料需要が増加し、食糧を確保することが困難になる／気候変動による世界での農作物の収穫量が減少し、2040 年以降には世界の食糧事情は悪化の一途／主に中所得国や低所得国での人口増加により世界での食糧需要が増加し、食糧の確保が厳しくなる	2040	NEDO
	天然資源の過剰摂取等の自然環境に損害を与える経済モデル	[生物圏]天然資源の過剰摂取等、自然環境への深刻な損害を与える経済モデルへの環境持続可能性に関する議論に根差す。将来の快適な世界で居住することができるよう、惑星の生態学的境界を尊重するために必要な構造を作り出す。経済活動の外部コストの効果的な内在化への移行と、技術革新と組織革新の組合せを図る。	2040	EC Bohemia
ガバナンス	気候変動、経済的格差、紛争、世界的な病気等の調整を要する課題へ対処	[ガバナンス]国及び組織の利益の追求に基づいたガバナンスシステムから、協力と集団的なグローバルな価値が主要な政治的選択を効果的に支えるシステムに移行する。移行の狙いは、気候変動、経済的格差と開発不足、軍事と安全保障の紛争、世界的な病気等、調整を必要とする課題に取り組むことである。SDGs の 2030 年目標の達成には、グローバルレベルからローカルレベルまでの様々なスケールでのアクターの戦略の一貫性が必要となる。	2040	EC Bohemia

	キーワード	社会内容／背景	想定年	出典
ガバナンス	「理念や標準」を作る地域の低下	EU の統合力の低下／EU 本部、主要国の負担増／移民対策、EU 官僚への反発／欧州地域内の金融市場対立(英国・シティの影響力)	2040	CRDS
	「後追いの政策」から「アジャイル開発する政策」へ	[行政を変える]世の中が大きく、激しく変化している中、行政がそれを先取りできるようになるには、私たちの仕事をよりアジャイル(俊敏)にしていかなければならない。行政は失敗、不完全を恐れ、PDCA サイクルにおける Plan にこだわる余り、Do(実行)が進まず、PDCA が回り出していないという場面がある。PDCA サイクルをまず Do から始める、DCAP サイクルということを業務プロセスとして仕組み化することで、世の中の変化に対応できる行政にしていけないといけない。	2030	国交省政策ベ
人口減少と社会の多様性の担保	「消耗戦による衰退」から「戦略的撤退」	[人口減少と正面から向き合う]本格的に進む人口減少社会に対し、楽観主義的な立場にはたたず、何も手立てを講じなかった場合に想定される厳しい社会変容を正面から捉え、国土構造の転換やインフラ投資の選択と集中をより先鋭化させていくことが必要である。「撤退」という手段を用いて、戦略性を持って機能集約を進め、インフラ投資を今以上にメリハリを効かせていくことも考えなければならない。	2030	国交省政策ベ
	「国際観光による外国人との交流促進」から「定住外国人増加への備え」へ	[人口減少と正面から向き合う]2018 年現在、在留外国人数が 250 万人に達し、定住を希望している外国人も増え続けている。移民を受け入れる、受け入れないといった議論を超えて、定住外国人が増加し続けた時に、政府、日本社会としてどのような備えが必要であるか検討しなければならない。	2030	国交省政策ベ
インフラの維持	都市インフラ利用の全体最適化	急速な都市化による真水供給や下水、生活環境、公衆衛生等の公共インフラへの圧力／都市計画の失敗、都市の膨張、インフラ利用への圧力が社会、環境、健康に悪影響／東京一極集中による生活環境悪化	2040	NEDO
	公共インフラの老朽化	重要なインフラの維持管理に十分な投資ができず故障を招く／財源不足により公的サービスの維持管理が十分にできず衰退／社会インフラの老朽化が進展し維持管理を行うためには莫大なコストが必要	2040	NEDO

	キーワード	社会内容／背景	想定年	出典
	「“絶対安全”信仰」から「脱“絶対安全”」へ	[リスク社会を生き抜く] 今後は、事前にリスクを網羅的に把握することで絶対安全・ゼロリスクを目指すという考え方を脱し、想定しきれないリスクやゼロにすることはできない(ゼロにするにはコストがあまりに見合わない)リスクとどう付き合っていくか、ということを経済決定者から市民まで幅広い立場の人々がそれぞれに向き合い、考えていく時代になっていく。	2030	国交省政策ベ
インフラ・バランス	インフラ: 財政ひっ迫でインフラ老朽化が更に進行、地域間格差が拡大	[こうなってはならない日本の姿] 今後は老朽化したインフラ・設備が急速に増加していくことに加え、2050年には消滅可能性自治体(20～39歳の女性が2040年にかけて5割以上減少する自治体)が大幅に増加。生活水準は悪化。	2050	みずほ2050
	産業構造: 産業基盤の弱体化と日本企業の稼ぐ力の劣化がもたらす悪循環	[こうなってはならない日本の姿] 国内市場の縮小、最新テクノロジーの実装の遅れ等から、立地競争力の低下・産業基盤弱体化が進行。大手企業の海外シフトが加速、「空洞化」は深刻に。	2050	みずほ2050
	資源(エネルギー・食料): 安価での安定供給が困難となり、コスト負担は増大	[こうなってはならない日本の姿] インフラ老朽化や供給制約の高まりにより、エネルギーや食料に対する国民のコスト負担は増大へ。送配電網の老朽化が課題。食と農の国内供給基盤が脆弱化していく中、海外依存度の高まる日本は高い調達コストを余儀なくされる。	2050	みずほ2050
多様な生き方のための人材能力の向上	「組織における肩書き」から「個人としての信用」へ	[多様な個人の生き方を支え、社会に活かす] シェアリングサービスの利用者増加をはじめとして、個人の信用がプラットフォーム上で可視化される機会がますます増えていく中で、今後は個人の資源を組織を経由せずとも他者に直接提供できる社会に変わっていく。個人同士の資源のやりとりに、国も一体として参加し、例えば、個人の遊休資産や余剰時間を活用する仕組みが考えられる。	2030	国交省政策ベ
	専門的な人材の不足	新興国市場の拡大に伴う人材スキル向上(人材教育に対する投資)／先端技術の進歩や人材スキルの陳腐化／技術変化に対応可能な職業訓練機会の不足	2040	NEDO
	雇用(自動化技術の進展で雇用ミスマッチ。賃金格差の拡大)	[こうなってはならない日本の姿] AIをはじめとした自動化技術進展等により雇用のミスマッチが拡大、賃金格差も拡大する方向(データサイエンス、AI技術等のスキルを有する専門・技術職の需要増加・労働力不足)となる。	2050	みずほ2050

	キーワード	社会内容／背景	想定年	出典
社会保障制度の限界	問題先送りの日本(マイナス成長の常態化、財政逼迫の深刻化、雇用・医療・インフラ・資源・産業等における致命的な問題)	[こうなってはならない日本の姿]2020年代半ばから、マイナス成長が常態化(労働投入のマイナス幅が拡大し、資本投入がマイナス圏となり、生産性の伸びも鈍化)、2050年の債務残高GDP比は約500%まで拡大し、皆保険制度、年金制度の維持は困難に。人口減・高齢化に合わせた変革、テクノロジーを利活用する環境整備が遅れ、雇用(ミスマッチ拡大、格差固定)、医療・社会保障(皆保険崩壊、社会保障の大幅な減)、インフラ(インフラ老朽化、過疎化進展)、資源(コスト負担増大)、産業(産業基盤の弱体化・空洞化加速)等からなる。	2050	みずほ 2050
社会保障制度の限界	医療・社会保障:医療・介護費増加を支えきれず、皆保険制度は維持困難	[こうなってはならない日本の姿]国は制度維持に向けた様々な施策を実施中であるが、それらのみでは社会保障費の拡大に対応できず、国民皆保険制度は実質的に破綻(自己負担の大幅拡大、医療アクセス制限等のサービス質・量の大幅な低下)	2050	みずほ 2050

注) NEDO:新エネルギー・産業技術総合開発機構 技術戦略研究センター「社会課題起点の技術ツリー図」
 CRDS:科学技術振興機構(2019)「研究開発の俯瞰報告書・統合版(2019年)～俯瞰と潮流～」
 EC Bohemia:欧州委員会(2018)「Transitions on the Horizon: Perspectives for the European Union's future research and innovation policies」
 国土交通省政策ベンチャー2030(2018)「日本を進化させる生存戦略」.
 みずほフィナンシャルグループ(2017)「2050年のニッポンー課題を乗り越え、輝き続けるためにー」

国内外の予測文献には、将来社会像を構成する要素として、将来の社会的事象を示している。表 10 は、社会的事象に相当するキーワード項目(114件)を内容別に分類・整理した。

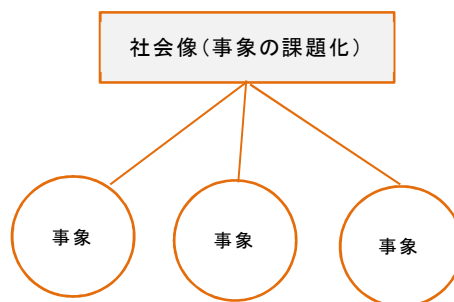


図 6 社会像と社会的事象の関係

将来の社会的事象を大別すると、①ヘルスケアによる健康期間の延長、②人間機能の拡張、③複数の経済・社会活動をこなすことができるスキルの担保、④バーチャル生活空間での活動拡大、⑤都市の暮らし、⑥暮らし方の多様化(マルチトラック社会)、⑦個人の価値観の追求と社会全体としての調和、⑧自らの意思で人生を全うする社会、⑨全ての人が活躍できる社会(仕事、生活が適切に評価される)、⑩異なる特徴を持つ人々と交流・連携(Inclusive)、⑪ロボットに助けられる社会、⑫持続可能な社会の構築/多種多様な環境問題を認識した行動変容、⑬サーキュラーエコノミー(循環社会)/シェア、⑭スマートモビリティ社会(需要地までの移動の確保)、⑮災害・犯罪・混乱への備え、⑯市民主導型の社会課題の解決社会、⑰開発互助による新たな国家関係(国際協調)、⑱新産業基盤の発展(データ、新産業)、⑲モノ・サービスづくりの一体化、⑳社会の質・価値観の変化(成熟社会)および大別することができない個別事象(「その他」)に分けることができる。

各項目の特徴については、下記の通りである。

【主な内容】

● ヘルスケアによる健康期間の延長

- ・ 個人に対応した医療やウェアラブル健康センサーの進展により予防的な医療が進展し、健康状態は身体に埋め込まれたインプラント端末・センサー等によりモニタリングされ、常時健康診断が行われる。「自分らしい」健康的な暮らしを手に入れることができている。一人暮らしの高齢者の方には、地域のケアセンター等から健康データを踏まえ、食事のレシピが提案され、適切な料理が提供される。

● 人間機能の拡張

- ・ 技術により身体機能の拡張・代替ができるようになり、ハンディキャップを克服するとともに、寿命にも挑戦する。拡張される機能は、人間生来の機能を維持するとともに、運動や生活習慣の改善にも資する。人生 100 年時代を迎えても心身の健康の維持・向上につながる活動を支える。

● 複数の経済・社会活動をこなすことができるスキルの担保

- ・ 経済・社会活動において、仕事場面では AI を活用する場面が進展し、複数の仕事をこなすスタイルが浸透している。人間に求められるスキルは、学校教育の延長から、抽出力や思考力が問われるようになり、年代を問わず、スキルアップや多様なスキルを取得するためのリカレント教育が進展する。自身のスキルから得られる対価も、単純な労働対価として得るものから、異なる対価の形まで多様になっていく。

● バーチャル生活空間での活動拡大

- ・ バーチャル空間において、複数の人格と持てるようになり、同空間での生活時間が拡大する。バーチャル空間内においても社会が形成され、物理的制約がないことから、複数の社会に所属し、空間的、時間的な自由度が高まる。リアル環境では、バーチャル空間での滞在が快適になる環境が併せて整備される。

● 都市の暮らし

- ・ 都市生活は、快適性と利便性が融合した環境であるが、居住している都市が他の都市と比較してどのような環境にあるか把握できるようになるため、評価の高い都市は都市意識が向上し、インフラ整備等もコスト以外の「信頼性」等の要素が重要となる。
- **暮らし方の多様化(マルチトラック社会)**
 - ・ 働き方は、ICT、AI、ロボット等の導入により、在宅勤務が主流となり、仕事のための移動が減少する。距離的な制約がなくなり、社会の仕組みや人の行動様式が変化する。同時に職業と居住地も多様化し、都市と田舎を行き来する人が増加する等、社会のマルチトラック化が進展する。地域の自立、地域資源、地域コミュニティが見直され、新たな互助社会が形成される。これらを支える技術として、多様な働き方を支援する技術や遠隔地域へのロジスティクス技術(ドローン、自動運転他)がある。
- **個人の価値観の追求と社会全体としての調和**
 - ・ 自分の価値観に合う生き方の追求が進展し、多様な住まい方、暮らし方が実現している。地域においては、個人の価値観を尊重しつつ、学び合い、助け合い等の世代や立場を超えた交流が活発化し、個人が追求する以外の価値観も認識・理解できる場が形成される。
- **自らの意思で人生を全うする社会**
 - ・ 健康医療技術の進展により、人が自らの意思で寿命を選択し生涯を全うできるようになる。背景には、健康維持・増進サービスが進展し、死のマネジメントが社会的な課題となっている。他方、個人の価値観に合う生き方を追求できる社会であるため、自由に生きて逝くというライフスタイルや先端的な科学技術を享受しない考えも享受されるようになる。
- **全ての人が活躍できる社会(仕事、生活が適切に評価される)**
 - ・ 高齢化を逆手にとったイノベーションが進展し、ICT、AI、ロボット技術等により、創造的な仕事がより重視される社会となる。従来の働き方では、一定の職業人が経済活動の責任を担っていたが、誰もが活躍できる社会であるため、「働かない」という新しい働き方も登場する。
- **異なる特徴を持つ人々と交流・連携(Inclusive)**
 - ・ ICTにより言葉の壁、国境の壁がなくなり、リアル／バーチャルの両方の環境で従来、外国人として制限されていた人々との協働が英率する。自動翻訳が進展し、文化的背景も含めた理解が深まる。同時に従来からの家族観も変化し、緩くて心地よい「縁」が注目を集める等、コミュニティについての質的な変化も生じる。
- **ロボットに助けられる社会**
 - ・ ロボット技術が進展し、人間とロボット間の新たな関係が構築する。ロボット技術は、重労働から解放し、人間は省力化により新たな活動時間を得る。一方で、ロボットに対する権利も議論されるようになる。世界的に高齢化社会が進展することから、生活支援ロボットを中心に生活を助けてくれる存在が「家族」に加わる。
- **持続可能な社会の構築／多種多様な環境問題を認識した行動変容**
 - ・ 脱炭素化、循環社会が進展し、環境負荷が極限まで低減している。再生可能エネルギー

ーが中心的に利用されるようになり、電力の半分以上が生成される。低炭素エコミーが到来している。

- **サーキュラーエコノミー(循環社会)/シェア**
 - ・ サークュラーエコノミーが進展し、物質循環とインフラ管理をベースに社会が再編成される。農業生産はロボット化の導入により食料自給率が向上する等、効率化技術が資源に係る社会的課題の一助となる。
- **スマートモビリティ社会(需要地までの移動の確保)**
 - ・ モビリティサービスは多様化し、遠隔技術が普及した生活スタイルも影響し、所有から共有、コト消費へとシフトする。また、自動運転技術の普及により、モビリティサービスは人、モノを届けるための効率的な手段を模索し、一部で「空飛ぶクルマ」等も進展する。
- **災害・犯罪・混乱への備え**
 - ・ インターネットに接続するデバイスが多数埋め込まれた社会となるため、サイバーセキュリティが主要な政策分野となる。また、抗生物質耐性との戦いが世界的な使命となる。同時に、情報化社会が進展する中で、氾濫する情報や複雑な関係を受け止める感性が市民には求められる。
- **市民主導型の社会課題の解決社会**
 - ・ 市民自らが社会課題を解決する主体者へ変貌する。背景には、住民の公共への関与が都市・地域の評価につながり、都市・地域の資産を管理するニーズが高まる(ハンドメイドの街づくり)。これらの活動を支援するものとして、オープンデータやコンピューティングの利用が進展する。
- **開発互助による新たな国家関係(国際協調)**
 - ・ 新興国との新たな開発互助関係が構築され、地理的文脈(海洋の活用等)での新たな関係構築が進展する。
- **新産業基盤の発展(データ、新産業)**
 - ・ データを活用した社会、バイオを活用した経済社会、知識を活用した経済社会が開けていく。
- **モノ・サービスづくりの一体化**
 - ・ 3D プリンターをはじめ、ものづくり技術の進展により、材料からの一体型製造が第 1 次産業、2 次産業で展開され、サービス(コト消費)として社会に展開されていく。
- **社会の質・価値観の変化(成熟社会)**
 - ・ 科学技術の進展により、社会や人の行動様式が大きく変わり、単純労働からの解放や健康寿命の延伸、自由時間の拡大が生じる。自由時間の質を上げることが社会的議論となり、幸福の定義等が盛んに議論される。
- **その他**
 - ・ 社会的事象として大別できないものとして、日本の魅力(“日本”に帰属できる)をサービス化したプラットフォーム(Japan as platform)、不滅の好奇心による新世界の探索、名づけによる価値変化(無形サービスのブランド化)、サービスの限界(おもてなし)等がある。

表 10 将来の社会的象

項目	キーワード	主な内容	想定年	出典
ヘルスケアによる健康期間の延長	びんぴんころり社会	個人に対応した医療やウェアラブル健康センサーにより、予防的な医療が進展する。それにより健康寿命が延伸し、入院や病死の概念がなくなる。〈Humanity〉	2040年	NISTEP
ヘルスケアによる健康期間の延長	安心・満足・健康社会	健康でいられる時間を少しでも長くするよう、予防医学の視点からのアプローチが必要となる。脳機能の解明、健康状態のモニタリング技術、早期診断、治療技術の発達で自立して暮らせる人が増える。社会保障制度やデータ等の情報を取り扱う法制度が整備されていく。〈Humanity〉	2040年	NISTEP
ヘルスケアによる健康期間の延長	アナログ健康長寿社会	長い人生の時間の使い方として対人ゲームが流行り、世代を越えた小さいコミュニティが受け皿となる。健康管理は自宅健康診断で行われ、健康な人にはインセンティブが与えられる。〈Humanity〉	2040年	NISTEP
ヘルスケアによる健康期間の延長	医療サービスのボーダーレス化 (Borderless Medical)	いつでも、どこでも、私だけのヘルスケア:「自分らしい」健康な暮らしを手に入れる	—	日立・きざし
ヘルスケアによる健康期間の延長	臓器の置換	2040年現在。人工臓器は、医療で広く使用されるオプションになった。多くの人間の臓器は、人工的なバージョン、チップ上、またはオルガノイドとして存在し、少なくとも一度は複製して交換することができる。すべての臓器がまだ交換可能であるわけではなく、一部は非常に複雑である。オルガノイドと in-silico モデルを使用して、既存の臓器に対する効果的な治療法を迅速に開発できる。他のソリューションは、遺伝子工学に基づいているか、治療型クローニングと育種(すなわち、異種移植)を必要とする。有機組織のバイオプリンティングは、人間の組織置換の第3の手段を提供する。	2040年	BOHEMIA
ヘルスケアによる健康期間の延長	精密医学	2040年現在。精密医療が始まった。個々の遺伝子や環境、ライフスタイルの個人差を考慮することにより、どの治療および予防戦略が最も効果的であるかを正確に予測できる。精密医療は新しいアイデアではないが、その広範な使用と大量のデータの可用性は、コスト/メリットを考慮して防止されていた。生物学的プロセスの理解が向上し、データ処理能力が向上し、以前は不可能だった介入を可能にする新しい手法が開発されたため、これらの考慮事項は変わった。ますます強力なビッグデータ分析は、病気の遺伝的原因の特定に役立ち、遺伝子工学は集中治療法を開発する。	2040年	BOHEMIA
ヘルスケアによる健康期間の延長	健康医療「いつでもドクター」	医師が足りない地域を中心に、個人の身体に埋め込むインプラント端末やセンサーで健康状態を常時モニタリングし、バイタルデータに異常があれば、AI の診断サポートでかかりつけ医が診てくれる。〈地域づくり〉	2030-2040年	MIC 未来 Tech

項目	キーワード	主な内容	想定年	出典
ヘルスケアによる健康期間の延長	サービス業「三ツ星マシン」	1 人暮らし高齢者宅や地域のケアセンターでも個人の健康データと連携し、糖分、塩分等をコントロールしつつ、各地の素材を使った家庭的なレシピを考案し、料理してくれる。〈産業づくり〉	2030-2040年	MIC 未来Tech
人間機能の拡張	人間・機械融合社会	膨大な情報を瞬時にインプットするため、脳神経と外部データを直接接続する I/F やデータそのものを脳にチップで埋め込むなど、人間の能力を飛躍的に向上させる。また、知的活動や感情面において機械が人間の役割をスムーズに行うようになる。〈Humanity〉	2040年	NISTEP
人間機能の拡張	人間性拡張した社会	技術により身体機能の拡張・代替ができるようになり、データを集めて知識化できる人や組織に富や資源が集中する。一方、「リアル」、「静けさ」、「切り離されていること」に価値が出ている。VR・AR・AIをベースとした新しい生きがい社会が生まれ、自由を獲得することを最上位の目的とする。〈Humanity〉	2040年	NISTEP
人間機能の拡張	超運命社会	身体拡張によりハンディキャップを克服するとともに、寿命という定めにも挑戦する。〈Humanity〉	2040年	NISTEP
人間機能の拡張	超人間社会:身体を制御し拡張する社会	人間生来の機能を良好に維持すると共に、生来の機能を超越する技術融合が図られる。自分の状態を把握でき、苦痛を伴う運動や生活習慣改善が不要になっている。〈Humanity〉	2040年	NISTEP
人間機能の拡張	高齢者「健康100年ボディ」	100歳になってもハイキングを楽しむことができる。高齢者等の心身の健康が維持・向上につながる。〈人づくり〉	2030-2040年	MIC 未来Tech
複数の経済・社会活動をこなすことができるスキルの担保	誰でもクリエイター	複数の仕事をこなし、限界削減費用ゼロのサービスと最低限の生活を営む。データ等のやりとりで個人が欲しいものをリーズナブルに製造する。〈Humanity〉	2040年	NISTEP
複数の経済・社会活動をこなすことができるスキルの担保	ヒトの育て方	自由な勉強が出来る。AIと共存するための教育や様々な変化に対応できる教育もなされている。地域の大学がより身近な存在となり、知識の再分配が図られている。〈Humanity〉	2040年	NISTEP
複数の経済・社会活動をこなすことができるスキルの担保	AND 人間の育つ社会	生き方を描ける力の養成が重視される。学校教育では単純記憶から抽出力や思考力が問われる。リカレント教育が一般化する。〈Humanity〉	2040年	NISTEP
複数の経済・社会活動をこなすことができるスキルの担保	高齢者のモチベーションを創出・保障する社会	“未病”の概念が一般化する。健康で長い人生と急速な社会変化を受けて、学び直しの重要性が高まり、高齢者の働く意欲と能力が生かされる。〈Inclusion〉	2040年	NISTEP
複数の経済・社会活動をこなすことができるスキルの担保	リフレーム・ワーク	2040年、伝統的な仕事はほとんどなくなった。多くの高度なタスクが自動化され、関連するジョブは人工知能に失われた。常勤ではなく、フルタイムの仕事は例外である。新しいタイプの仕事と職業が出現している。今日のほとんどの仕事	2040年	BOHEMIA

項目	キーワード	主な内容	想定年	出典
		事は、明らかに創造的な能力と共感を求めている。ジョブの定義とスキル要件は急速に変化する。トレーニングとスキルの認定は継続的に挑戦される一方で、特定の仕事に特化したトレーニングを受けた人を見つけるのは難しい。		
複数の経済・社会活動をこなすことができるスキルの担保	知識システム	2040年には、オープンサイエンス、オープンイノベーション、オープン教育は、欧州全体と世界の大部分で普及している。欧州の新しいナレッジシステムの中核は、地域、地域、国、ヨーロッパのさまざまなレベルの関係者と緊密に連携した、資金が豊富で国際的に有名な(高等)教育機関と公的研究機関のクラスターである。高レベルの公共投資により、さまざまなオープンデジタルインフラストラクチャが作成され、情報、データ、知識、専門知識が国全体で共有されている。	2040年	BOHEMIA
複数の経済・社会活動をこなすことができるスキルの担保	対価の多様化 (Post Price)	換えたいものは価値:労働対価では説明がつかない気持ちや働きを形にする	—	日立・きざし
複数の経済・社会活動をこなすことができるスキルの担保	国際的人的リソースの必要性 (Global Empowerment)	スキルが私のパスポート:世界のどこかで私は求められている	—	日立・きざし
バーチャル生活空間での活動拡大	多重人格社会	バーチャル空間の拡張を通じて人格が複数存在するようになり、それらを使い分ける社会となる。また、所属する国や組織も複数になる。〈Humanity〉	2040年	NISTEP
バーチャル生活空間での活動拡大	超生物社会	“AI格”が付与されるが、人間>AIの関係性は確保される。VR/AR空間での生活時間が拡大する。〈Humanity〉	2040年	NISTEP
バーチャル生活空間での活動拡大	多次元社会	バーチャル国家が多数生まれ、人は複数の帰属先やペルソナ、アイデンティティを持つようになる。リアルな成長余地がなくなり、仮想成長を体験するVRサービスが盛んになる。〈Inclusion〉	2040年	NISTEP
バーチャル生活空間での活動拡大	時空を超え繋がる社会	高速ネットワーク、仮想現実、触覚や臭覚など五感を伝えることで、遠く離れた人同士がリアリティをもってつながる。個人のパーソナルデータログを活用し、物理的なハンディキャップを超えて仮想的な存在を再現する。〈Inclusion〉	2040年	NISTEP
バーチャル生活空間での活動拡大	多重人格社会	バーチャル空間の拡張を通じて人格が複数存在するようになり、それらを使い分ける社会となる。また、所属する国や組織も複数になる。〈Inclusion〉	2040年	NISTEP
バーチャル生活空間での活動拡大	脱空間社会	職場や地域のしがらみから解放され、空間的・時間的な自由度が高まっている。物理的ボーダレスとなり、公共機能を民間組織が担っている。また、宇宙空間にも活動域が広がる。〈Inclusion〉〈Curiosity〉	2040年	NISTEP

項目	キーワード	主な内容	想定年	出典
バーチャル生活空間での活動拡大	子ども「パノラマ教室」	壁面ディスプレイ、VR・AR 環境を整ったパノラマ教室が全国の学校に整備され、プログラミングコンテストの評価等をリアルタイムで表示できたり、海中・宇宙空間、人体内部、過去の様々な体験等五感を使い、効果的に体験学習ができる〈人づくり〉	2030-2040年	MIC 未来Tech
都市の暮らし	都市の余剰スペース(Mottainai Space)	世代を超えて都市を 100%使いたおす:都市生活者にとって、快適性と利便性が融合した都合のよい都市となる。	—	日立・きざし
都市の暮らし	都市の商品化(Civic Price)	価格が見えるから、いつか本当に似合う街に出会える:定量的に比較評価できると、今の暮らしが急に色褪せて見えてくる	—	日立・きざし
都市の暮らし	老朽化したインフラの見直し(Reshaped Infrastructure)	この大事なものを、誰に預けよう:毎日付き合うインフラだから、信頼できる相手に託したい	—	日立・きざし
暮らし方の多様化(マルチトラック社会)	労働の多様化社会	AI、ロボット、ICT 等により、在宅勤務が主流になる。テレビ電話やネット会議・VR会議などの普及で、仕事のために人が移動しなくて良くなる。〈Humanity〉	2040年	NISTEP
暮らし方の多様化(マルチトラック社会)	時空を超え繋がる社会	高速ネットワーク、仮想現実、触覚や臭覚など五感を伝えることで、遠く離れた人同士がリアリティをもってつながる。個人のパーソナルデータログを活用し、物理的なハンディキャップを超えて仮想的な存在を再現する。〈Humanity〉	2040年	NISTEP
暮らし方の多様化(マルチトラック社会)	“超”成熟社会	技術が生活や産業のあり方を革新し、社会の姿・仕組みと人の行動様式が大きく変わる。利便性や生産性の向上と環境保全との両立が容易になる。単純重労働からの解放、健康寿命の延伸、自由時間の拡大も起こる。〈Humanity〉	2040年	NISTEP
暮らし方の多様化(マルチトラック社会)	暮らし方多様化社会	職業も居住地も多様化する。暮らし方によって都市に住む人と地方に住む人が分かれる。また、都市と田舎を行き来する人も増加する。人生二毛作時代となり、マルチトラック社会となる。〈Humanity〉	2040年	NISTEP
暮らし方の多様化(マルチトラック社会)	生物への回帰	AIの進展の中でリアルな価値が高まるとともに、地域の自立、地域資源の見直し、自然回帰が改めて注目される。〈Humanity〉	2040年	NISTEP
暮らし方の多様化(マルチトラック社会)	ユビキタス生活社会	地方に居ても都市で仕事、日本に居ても海外で学ぶなど、ボーダレスに活動できる。個人は分散しているがその距離は縮まっている。〈Inclusion〉	2040年	NISTEP
暮らし方の多様化(マルチトラック社会)	江戸銭湯社会	「匿名性」と「地域(現地)性」が両立する稀有な空間としての銭湯と、「顔の見える関係」「広い意味での家族としてのコミュニティ」が互助社会として成立し、シェアリングエコノミーが実現している。〈Humanity〉	2040年	NISTEP
暮らし方の多様化(マルチトラック社会)	移動と物流の高度化	パーソナル物流システムが完備される。都市と地方の区別など様々なデバイドが消滅し、不公平や格差を感じない社会になっている。〈Inclusion〉	2040年	NISTEP

項目	キーワード	主な内容	想定年	出典
暮らし方の多様化(マルチトラック社会)	自然的価値	2040年、欧州は生活の質の高い場所であり、住民は繁栄と健康的な環境を楽しんでいる。田舎の多様性、森林のレクリエーション価値、生物資源の可能性は広く評価されている。気候変動や生物多様性への脅威などの多くの課題が続いているが、欧州は現在、より回復力がある。欧州は、環境と公平性を評価する独自のブランドを成功裏に果たしてきた。インテリジェントな規制は、欧州企業の成長と持続可能なソリューションの開発を支援してきた。持続可能性の最前線としてのヨーロッパの役割を維持することは、世界の他の地域がその足跡をたどり、近づいているため、恒久的な取り組みであり続ける。	2040年	BOHEMIA
暮らし方の多様化(マルチトラック社会)	働く人「職場スイッチ」	テレワークという言葉は使われない。多様な働き方のサポートツールが普及(人づくり)	2030-2040年	MIC 未来 Tech
暮らし方の多様化(マルチトラック社会)	自治体「どこでも手続き」	24時間受付のネット窓口が一般化し、個人向けにカスタマイズされたAI執事に「やりたいこと」を伝えれば、必要な手続きに誘導してくれる。(地域づくり)	2030-2040年	MIC 未来 Tech
暮らし方の多様化(マルチトラック社会)	ツーリズム「時空メガネ」	国内外観光客にAR搭載眼鏡型端末『時空メガネ』を渡し、訪れた場所で好きな時代の風景を再現することができる。(地域づくり)	2030-2040年	MIC 未来 Tech
暮らし方の多様化(マルチトラック社会)	流通・運輸「えらべる配達」	買物難民の解消とともに、人手不足を解消するため、ドローンや自動運転等の遠隔・自動化サービスが「えらべる配達」として全国で普及している。(産業づくり)	2030-2040年	MIC 未来 Tech
暮らし方の多様化(マルチトラック社会)	単身者セーフティネット (Singleship)	「ひとり家族」というスタイル:ひとりでも、安心・安全に幸せに暮らす技術を知った	—	日立・きざし
個人の価値観の追求と社会全体としての調和	まとまらないことでまとまっている社会	自分の価値観に合う生き方を追求するものの、社会全体としては調和がとれた社会が成立する。この新しい価値観を日本から世界に発信する。(Humanity)	2040年	NISTEP
個人の価値観の追求と社会全体としての調和	都市と自然の双方のニーズ(The Slower, The Smarter)	理想の暮らし方はひとつじゃない:都市生活も田舎暮らしも味わいたいからこの街を選ぶ	—	日立・きざし
個人の価値観の追求と社会全体としての調和	地域力向上の為の教育の促進 (Community Education)	学びあい、助け合える心強さこそが、この街の強さ:世代、立場を超えの交流の場が地域に欲しくなる	—	日立・きざし
個人の価値観の追求と社会全体としての調和	コミュニケーションにおける意識境界の曖昧化 (Missing Reality)	私の意識は今、何処にいるか。Cogito, ergo sum?:自分の考えか、他人の考えか?が識別不能な経験をする	—	日立・きざし
自らの意思で人生を全うする社会	寿命選択社会	生体計測技術の進歩や遺伝子への工学的操作により、人が自らの自由意思で自らの寿命を事前に選択し、それに従い生涯を全う出来るようになる。(Humanity)	2040年	NISTEP

項目	キーワード	主な内容	想定年	出典
自らの意思で人生を全うする社会	多様性を担保した上で科学技術を最大限に活用する社会	自動走行車、誰もが健康を維持増進するサービスなどにより、女性や高齢者も無理せず働くことが出来るが、死のマネジメントが必要な社会にもなっている。また、AIより人間が優れた部分が残る、AIと共生する。〈Inclusion〉	2040年	NISTEP
自らの意思で人生を全うする社会	遺志の多様化 (Wishloops)	自由に生きて逝くという自我:アイデンティティやライフスタイルを貫く生き方をする	—	日立・きざし
自らの意思で人生を全うする社会	野性味社会	人の野生を生かす、自然と調和する社会となる。自分で歩いたり考えたりすることが高い価値を持つ。〈Humanity〉	2040年	NISTEP
全ての人々が活躍できる社会 (仕事、生活が適切に評価される)	超高齢化でイノベーションを起こす社会	高齢化を逆手に取り、イノベーションの起爆剤とする。例えば、個別化医療の完成、エビジェネティクス工学の進歩による癌の克服、人工子宮、高齢者が起業等を通じて経済を牽引、などが想定される。〈Inclusion〉	2040年	NISTEP
全ての人々が活躍できる社会 (仕事、生活が適切に評価される)	総活躍社会	モノからコトへのシフト、サービスデザイン、地域の価値が見直され、創造的な仕事に従事する人材が増加する。また、仕事の成果や貢献度が正しく評価される。〈Inclusion〉	2040年	NISTEP
全ての人々が活躍できる社会 (仕事、生活が適切に評価される)	就業者への総合的ケアの必要性 (Over diligent)	必要とされることが苦しい:認められるほど高める責任から逃避したくなる	—	日立・きざし
全ての人々が活躍できる社会 (仕事、生活が適切に評価される)	ニート人口の増加 (NEET to go)	働かないという、新しい働き方:増える未就業者とも協力して社会を支えよう	—	日立・きざし
異なる特徴を持つ人々と交流・連携 (Inclusive)	インクルーシブ社会	出生から現在までのデータが集積され、データへが履歴書に代わる。また外国人が国内で大量に働くようになるが、自動翻訳で会話ができる。卵子の凍結保存や出生前診断の倫理的課題解決が図られている。〈Inclusion〉	2040年	NISTEP
異なる特徴を持つ人々と交流・連携 (Inclusive)	ボーダレス社会	言葉の壁がなくなり、国境が曖昧になる。その一方で、文化の壁はより明確になる。移民やロボットの普及が人口減に本格的に寄与する。〈Inclusion〉	2040年	NISTEP
異なる特徴を持つ人々と交流・連携 (Inclusive)	個人の価値観と多様性に寛容な社会	国・地域・コミュニティ・宗教等間の相互理解が進み、その結果多様性をもった寛容な社会が実現する。〈Inclusion〉	2040年	NISTEP
異なる特徴を持つ人々と交流・連携 (Inclusive)	障害者「あらゆる翻訳」	ダイバシティという言葉が聞かれなくなる。あらゆる翻訳は、労働力不足を補うために政府や企業が積極的に導入し、会議や面接等で利用され、ユニバーサルコミュニケーションが実現している。〈人づくり〉	2030-2040年	MIC 未来 Tech

項目	キーワード	主な内容	想定年	出典
異なる特徴を持つ人々と交流・連携 (Inclusive)	結婚観・家族観の多様化 (Model of Family)	まるでコミュニティのような、私の家族観:もっと私に相応しい、緩くて心地よい「縁」がある	—	日立・きざし
ロボットに助けられる社会	新しい技術と社会・人間との新しい関係が構築される社会	技術と人間との新たな関係が構築される。新技術の利便性とリスクをが浸透し、意識することなく機械と共存している。〈Humanity〉	2040年	NISTEP
ロボットに助けられる社会	超ロボット社会	ロボット技術が高度に進展し、もはやロボットと人間を外形的にも内面的にも区別することが不可能となり、ロボットに人権が認められる。〈Humanity〉	2040年	NISTEP
ロボットに助けられる社会	“楽”社会	重労働の多くがロボットにより省力化される。バーチャル空間では1人の人間が複数エージェントとして活動して省力化される。人間の内面や主観に配慮した、人間に寄り添った製品が生み出される。〈Humanity〉	2040年	NISTEP
ロボットに助けられる社会	生活支援	2040年までに、高齢者、特に認知症(認知症、アルツハイマー病)に苦しむ人々の自律的な生活を促進する医療サービスの市場は、2016年から3倍以上に拡大している。デジタルヘルパーは一般化し、小型ロボットコンパニオン(ソーシャルロボットと緊急ヘルパー)は、手頃な価格で利用できる。デイ管理アバター、掃除ロボット、自動調理機は、国内の日常生活活動をサポートし、生活空間の構造およびインテリアデザインに適合している。	2040年	BOHEMIA
ロボットに助けられる社会	ロボット「お節介ロボット」	さまざまな家電がネットにつながり、そのデータにアクセスして必要な情報を提供する「スマートホーム」のハブとして、ヒューマノイド型のロボットが普及。家庭内のデータだけではなく、行動履歴や体調データ、時刻や天気など外部環境の情報なども分析し、その場その場で最適な行動を推奨。高齢者生活もサポート。〈人づくり〉	2030-2040年	MIC 未来Tech
持続可能な社会の構築／多種多様な環境問題を認識した行動変容)	ネオサステイナビリティを実現した社会	温暖化ガスを排出しないエネルギー生産が出来る。また、すべての海産物が養殖可能になるとともに、合成食により栄養と環境負荷のバランスが取れる。社会インフラは個人がどこでも作り移動させることが出来る。これらにより、江戸のような究極のリサイクル社会が誕生する。〈Sustainability〉	2040年	NISTEP
持続可能な社会の構築／多種多様な環境問題を認識した行動変容)	不確実性の下で持続可能なエネルギー・環境	全体を俯瞰し、全体最適化を図る。脱炭素化や資源効率性を高める循環型社会のため、セクター間連携や異業種連携などが行われる。資源効率性を高める循環型社会の実現を目指す。〈Sustainability〉	2040年	NISTEP
持続可能な社会の構築／多種多様な環境問題を認識した行動変容)	次世代IoTによる超低炭素社会	高度に発展したIoTにより、モノの耐久性が著しく向上し、環境負荷が極限まで低減。モノの使用は部品の補修や交換を行う、または使用頻度自体を減少させるといった長寿命化の手段を講じる。〈Sustainability〉	2040年	NISTEP

項目	キーワード	主な内容	想定年	出典
持続可能な社会の構築／多種多様な環境問題を認識した行動変容)	分散型発電が最適化されている社会	再生可能エネルギーの大量導入など、個人宅で環境に配慮した発電が行われ、個別発電の最適化が図られている。(Sustainability)	2040年	NISTEP
持続可能な社会の構築／多種多様な環境問題を認識した行動変容)	安価な再生可能エネルギー	2040年までに、再生可能エネルギー源が広く利用可能になり、EUの電力の半分以上が生成される。太陽光発電は、ヨーロッパの送電網に大きな変化をもたらす。新しい建物では、価格が下落し、効率が向上し、塗装セルが一般的になった。風と波のエネルギーも貢献する。スマートグリッドは、ネットワークオペレーターとデバイスの高度な相互運用性を可能にする広範なICTレイヤーによって支えられており、システム内のすべてのアクター間のリアルタイムの相互作用を可能にする。	2040年	BOHEMIA
持続可能な社会の構築／多種多様な環境問題を認識した行動変容)	防災「あちこち電力」	ワイヤレス給電により、「あちこち電力」サービスを利用することにより、決して途切えない通信環境が整っている。(地域づくり)	2030-2040年	MIC 未来Tech
持続可能な社会の構築／多種多様な環境問題を認識した行動変容)	低炭素エコノミー	2040年、EU経済はカーボンニュートラルである。大気中の温室効果ガスの放出を削減する「脱炭素化」、および炭素吸収のための大規模な努力、人工および天然の炭素吸収源の拡大により、大気中のCO2換算濃度の傾向を逆転させることができる。EUの都市には、高速で安価な電気公共交通機関を備えた低炭素モビリティシステムがある。コンパクトの都市デザインは歩行に有利であり、緑のエリアと小道でのサイクリング、および通勤者間での共有輸送を好む。ほとんどのEU都市には、燃料燃焼車両が禁止されている大きなゾーンがある。	2040年	BOHEMIA
持続可能な社会の構築／多種多様な環境問題を認識した行動変容)	多様な食料供給システム	2040年、持続可能な農業は、食料供給システムの主要な基盤を提供している。人口の増加、気候変動との戦い、進行性であるが著しい土壌侵食、そして健康的な食事をすべての人が利用できるようにするという主張は、大きな変化を引き起こした。肉の消費量が大幅に削減されました。集約度の低い農業、再生農業、および生態系の支援に重点を置き、投資、政策の調整、廃棄物削減のための継続的な努力を必要とした。さまざまな代替食料生産とサプライチェーンが出現した。これらは、都心の専門市場向けのニッチアプリケーションとして始まった。食料価格が上昇し、技術が成熟するにつれて、食料サプライチェーンの目に見える部分になりつつあり、より多様な食料供給システムが出現している。	2040年	BOHEMIA
持続可能な社会の構築／多種多様な環境問題を認識した行動変容)	センサーの電気圏	2040年には、環境発電技術が向上し、センサーが継続的に小型化されるにつれて、自給自足型のマイクロセンサーが都市や田舎に殺到し、膨大な量の情報が蓄積されている。環境発電技術、ワイヤレス充電、自己修復材料の組	2040年	BOHEMIA

項目	キーワード	主な内容	想定年	出典
		み合わせにより、あらゆる種類の課題に対応する自律型センサーが実現した。また、環境内に散在するセンサーの数が拡大するにつれて、貴重なデータが生成された。環境条件はリアルタイムで検知およびデコードされ、セキュリティネットワークにリンクされたセンサーは、隠された爆発物やその他の規制物質を求めて、公共空間の物の分子組成をスキャンする。人々は、身元確認の目的だけでなく、健康、安全、セキュリティ、自分自身、および公衆の理由のために継続的にスキャンされる。		
持続可能な社会の構築／多種多様な環境問題を認識した行動変容)	環境に対する価値観の多様化 (Beyond Green)	環境対策に正義なんてないこと、もう気づいている: 低炭素一辺倒だった環境負荷低減の考え方に、ほころびを感じる	—	日立・きざし
持続可能な社会の構築／多種多様な環境問題を認識した行動変容)	エコ分解能の向上 (Micro Eco)	「社会の Eco 活動」から「私が納得、実感できる Eco 生活」へ: 倫理的価値観の押しつけに飽きて、人は直接の動機をほしくなる	—	日立・きざし
サーキュラーエコノミー (循環社会) / シェア	“換”社会	資源をどれだけ高い変換効率で生産に結び付けるかを競い合う社会となる。また、地上での様々な活動が海中や空中など他の空間にも拡大する。〈Sustainability〉	2040年	NISTEP
サーキュラーエコノミー (循環社会) / シェア	資源永久循環社会	人口増と経済発展により、資源環境制約が厳しくなり、それらを克服し永久に循環できる技術が求められる。意識や価値観の変化も生じ、社会に浸透する。〈Sustainability〉	2040年	NISTEP
サーキュラーエコノミー (循環社会) / シェア	資源不足に不安のない社会	物質循環＋インフラ管理をベースとした再編成が行われる。また、水、エネルギー、都市の一体的再構築などが輸出ビジネスになっている。リサイクル産業のデジタル化が進み、ものづくり産業と一体化する。農作業のロボット化、工業化により、農業人口の減少を補って食料自給率が上がる。〈Sustainability〉	2040年	NISTEP
サーキュラーエコノミー (循環社会) / シェア	材料資源の効率性	2040年、欧州の経済は、世紀の初め以来、天然資源への依存度が低く、自給自足である。マテリアル集約度の低い消費パターン、再利用とリサイクルによるマテリアルループのクローズ、有害性の低い、多くの場合再生可能なリソースによるマテリアルリソースの代替、および環境に優しいリソース抽出方法への移行が行われている。循環経済の原則は、農産物から電子製品まで、生産と消費のすべてのシステムに適用される。	2040年	BOHEMIA
サーキュラーエコノミー (循環社会) / シェア	都市型資源の再発見と活用技術 (Civic Mining)	私は何も捨てない「換えるだけ」なのだから: リサイクルが進み、全てを資源化できるような感覚になる。	—	日立・きざし
サーキュラーエコノミー (循環社会) / シェア	所有から使用へ (Ownership)	独占する喜びだけが、満足とは思わない: 他者評価、自己満足を商品購入で得るより、物語を所有することに満足する	—	日立・きざし

項目	キーワード	主な内容	想定年	出典
ア				
スマートモビリティ社会（需要地までの移動の確保）	スマート持続可能なモビリティ	2040年、ほとんどの人にとって、モビリティサービスへのアクセスは自動車の所有よりも重要となっている新しいビジネスモデルにより、信頼性の高いシームレスなインターモーダルモビリティサービスが幅広く提供される。多様で持続可能なモビリティソリューションへのアクセスを提供することは、魅力的で競争力のある都市と地域にとって重要なポリシーである。拡張された公共交通網、遠隔作業の普及、新しいライフスタイルとモビリティのパターンにより、実際に車を所有または所有したい人の数が半減する。公共交通機関の安全性、効率性、信頼性も、自動化された車両の使用のおかげで増加している。乗客輸送の半分は完全に自動化されており、無人運転車専用の車線を備えた都市が増え、その中心部は小型で共有され、完全に自動化された電動モビリティセル専用である。EU道路では2台に1台の車は電気自動車（燃料電池、ソーラーカー）である。	2040年	BOHEMIA
スマートモビリティ社会（需要地までの移動の確保）	公共交通「クルマヒコーク」	過疎地等における担い手不足を解消するため、自動化やシェアサービスが進展している。周辺の地方公共団体と連携し、需要減少した道路の維持・管理に要するコストを自動運転の空陸両用タクシー（クルマヒコーク）の導入・運用	2030-2040年	MIC 未来 Tech
スマートモビリティ社会（需要地までの移動の確保）	安心・便利な新モビリティ(The Right to Mobility)	乗り物は「個人に合わせる、社会に合わせる」：個人の事情、目的、時には社会の事情、目的に合わせて役割を担える移動手段が求められている	—	日立・きざし
災害・犯罪・混乱への備え	IoTにより災害に対する備えが十分な社会	高度化するICTを防災面に応用して効果的な対策をとることにより、災害に対する備え・安全性が向上する。〈Sustainability〉	2040年	NISTEP
災害・犯罪・混乱への備え	継続的なサイバー戦争	2040年には、インターネットに接続されたテクノロジーデバイスはEU経済の中心であり、市民の日常生活に浸透している。エネルギー施設（送電網、原子力施設）、輸送ネットワーク、銀行、行政、病院、生産施設、セキュリティおよび防衛システムは、デジタル技術に依存している。EU市民と政府が依存している膨大な量の相互接続を考えると、サイバーセキュリティは主要な政策的関心分野である。	2040年	BOHEMIA
災害・犯罪・混乱への備え	伝染病の撃破	2040年現在。栄養、農業における抗生物質の大量適用、感染のサイクル、および人間の免疫反応の関係はよく理解されている。抗生物質耐性との戦いは世界的な使命となっている。潜在的な医薬品物質を特定するための生物多様性の体系的なスキャンは、2030年代に主要なグローバルな共同プロジェクトとして開始された。発見された物質から新しい抗生物質が派生し、新しい治療法が開発された。	2040年	BOHEMIA
災害・犯罪・混乱への備え	セキュリティ制御	2040年には、治安部隊は協力を強化し、知性と技術的解決策を共有している。テロリズム、大	2040年	BOHEMIA

項目	キーワード	主な内容	想定年	出典
		量破壊兵器、国家の失敗、組織犯罪などの「非対称」リスクが安全保障の議論を支配している。仮想世界は、紛争の遊び場として物理的に加わった。攻撃者と犯罪者-国家と民間の俳優の両方-は、領土を簡単に移動し、技術を使用して利益を害し、蓄積する。この新しい状況では、通信データ、人工知能、ロボット工学へのアクセスがEUを保護するために重要である。		
災害・犯罪・混乱への備え	体感治安・認知治安に対する意識過敏	気づいてしまった不安はどうすれば消せるのか:自らの安全を信じられるだけの、知識と感覚が高められる	—	日立・きざし
災害・犯罪・混乱への備え	社会リテラシー技術の必要性 (Civic Literacy)	真実は知識で変わる、行動は理解で変わる: 氾濫する情報や複雑な関係を受け止める感性が求められる	—	日立・きざし
市民主導型の社会課題の解決社会	市民自らが社会課題を解決する社会	科学技術がどの方向に向かうのかなど、市民自らが考える社会となる。一方、科学技術の専門家は技術が市民に対して果たして有用なのかどうか、ニーズにどれだけ応えているのかの評価を行う。マルチステークホルダーのガバナンスを確立する。〈Sustainability〉	2040年	NISTEP
市民主導型の社会課題の解決社会	想定外を吸収できる社会	シミュレーション技術などにより意思決定の支援を受けながら、想定外は起こり得る前提で予め長期的視点で対策を考え講じていく。〈Sustainability〉	2040年	NISTEP
市民主導型の社会課題の解決社会	ユビキタスエキスパートシステム	2040年現在。コンピューティングは文字通りいたるところにあり、新しい強力なコンピュータ(量子およびDNAベース)が利用可能。分散型(「グリッド」や「opportunistic」を含む)システムは劇的に拡大した。計算能力の飛躍的な進歩により、複雑なシステム(環境、社会、地政学など)の予測と管理に洗練されたシミュレーションとデータ分析が広く使用されるようになった。ビッグデータ分析と人工知能を組み込んだエキスパートシステムは、今やあらゆるレベルの複雑さにおける意思決定を助けている。	2040年	BOHEMIA
市民主導型の社会課題の解決社会	社会のDIY化 (DIY Society)	公共なんて探しても見つからない、私たちこそが公共:特区のようなオーダーメイドの次はハンドメイドの街が欲しくなる	—	日立・きざし
開発互助による新たな国家関係(国際協調)	サステイナビリティ(海洋活用)	太平洋に面する日本が、平和的な手段で海洋資源及び海洋空間の利活用に積極的かつ国際協調的に取り組む。〈Sustainability〉〈Curiosity〉	2040年	NISTEP
開発互助による新たな国家関係(国際協調)	新興国との新しい関わり (Emerging Community)	支援を通して、初めて自国の未来が見えてくる:開発互助によって新しい国家関係の構築が図られる	—	日立・きざし
新産業基盤の発展(データ、新産業)	超データエコノミー社会	ローコストなソフトウェアとそれによるローコストのデータ流通サービスを実現することを通じて、ヒト・モノ・コト・エネルギーのインテグレーションを実現する。データを流通させるためのレギュラトリーサイエンスを整備した上で、グローバルな経済関係をつくる。〈Sustainability〉	2040年	NISTEP

項目	キーワード	主な内容	想定年	出典
新産業基盤の発展(データ、新産業)	バイオエコノミー	バイオエコノミーは、すべてのセクターに影響を与える欧州の経済成長と再発明への主要な貢献者になる。技術的進歩は、有限のリソースと従来の産業プロセスを、生物学的に派生したプロセスとコンポーネントに置き換えるために設定されている。長期的には、バイオエコノミーは気候緩和と循環経済への移行に大きく貢献する。バイオエコノミーは、農業と食料生産、エネルギー、産業用途、化学産業、ヘルスケア産業を含むすべての分野に浸透する技術革新を促進する。	2040年	BOHEMIA
新産業基盤の発展(データ、新産業)	知性オンライン	2040年には、インターネットへの個人の接続性は、非常に多様なソース(センサー、スキャナー、ピアなど)からの豊富な情報を非常にきめ細かくしている(情報の流れは個人、時間、空間に関連しています)。そして親密な関係(脳スキャンやその他の手法によるバイOMETRICSと思考が広く利用可能である)。データの可用性と処理能力の進歩により、感情の理解が質的に飛躍した。洗練された感情マーカーとそれらを解釈する手段は広く利用可能である。	2040年	BOHEMIA
新産業基盤の発展(データ、新産業)	金融・決済「らくらくマネー」	完全キャッシュレス化。購買履歴データや信用データの形成も自動化され、家計管理、税申告が簡単にできるようになり、金融サービスの利便性が格段に向上する。(産業づくり)	2030-2040年	MIC 未来 Tech
モノ・サービスづくりの一体化	ナノからマクロへの一体型製造	2040年、成熟した3D印刷は、完成品の主要な生産モードの1つになった。アディティブマニュファクチャリングテクノロジーは、多様性と効率性が向上しただけでなく、ナノマテリアルの根本的な進歩により、これまでに征服されていない産業分野にも拡大している。後者は、はるかに弾力性のあるオブジェクト、安価な金属、合金、透明ガラスの「印刷」を可能にした。	2040年	BOHEMIA
モノ・サービスづくりの一体化	一次産業「全自動農村」	農場や牧場で人間が直接管理することはなく、プログラミング等のスキルを身に付けた人間がドローンやロボット等を遠隔で管理する農村が普及し、成長産業になっている。(産業づくり)	2030-2040年	MIC 未来 Tech
モノ・サービスづくりの一体化	ものづくり「手元にマイ工場」	データを製造・販売する動きが広がり、製造業のビジネスモデルも変わっている。「誰でもマイ工場の実現」。(産業づくり)	2030-2040年	MIC 未来 Tech
社会の質・価値観の変化(成熟社会)	“超”成熟社会	技術が生活や産業のあり方を革新し、社会の姿・仕組みと人の行動様式が大きく変わる。利便性や生産性の向上と環境保全との両立が容易になる。単純重労働からの解放、健康寿命の延伸、自由時間の拡大も起こる。(Sustainability)	2040年	NISTEP
社会の質・価値観の変化(成熟社会)	脱GDP社会	GDPを豊かさの指標とする考え方の転換が図られる。例えば幸福度指数など個人の内面にまで踏み込んだ指標が市民権を得る。大量消費のサイクルから抜け出し、CO2排出量の削減を達成する。多様な幸福感の形成を支援するデジタル経由の価値の流通システムが登場する。(Sustainability)	2040年	NISTEP

項目	キーワード	主な内容	想定年	出典
その他	Japan as platform	帰属意識やユーザーメリットをコンテンツとして提供する形で日本の魅力をサービス化する。そしてグローバルなファンから少額投資(拡張された納税)を受け入れるプラットフォーム制度が成立する。〈Inclusion〉	2040年	NISTEP
その他	不滅の好奇心によって新世界を目指す社会	漫画で見たような世界が実現している。月で資源開発・エネルギー産生、太平洋外洋牧場など、宇宙・深海・バーチャルに関する大航海時代が到来。〈Humanity〉〈Curiosity〉	2040年	NISTEP
その他	名づけによる価値変化(Power of a Name)	魅かれてやまない、意識から消えない、名前は引力:無形サービスの意味や効果は名前の雰囲気判断される	—	日立・きざし
その他	サービスの限界(Hospitality Crisis)	もてなしでも、もてなしでも、すぐに限界:自己犠牲や奉仕の気持ちを知り、感謝できる	—	日立・きざし

注) NISTEP(科学技術・学術政策研究所(2018)「第11回科学技術予測調査 2040年に目指す社会の検討(ワークショップ報告書)」)、BOHEMIA(EC Bohemia:欧州委員会(2018)「Transitions on the Horizon: Perspectives for the European Union's future research and innovation policies」の付属レポート(シナリオレポート))、日立・きざし(日立製作所 ビジョンデザイン「25のきざし」)を元に、未来工学研究所作成。

2-3 既存の予測調査文献例

2-3-1 科学技術・学術政策研究所「科学技術予測調査」

(1) 予測の概要

NISTEP 「科学技術予測調査」	
概要	第6期科学技術基本計画を始めとする科学技術イノベーション政策・戦略の検討の基礎的情報の提供
対象年	2021～2050年までの30年間(対象:2040年頃)
手法	スキャニング/シナリオ、デルファイ、AI分析、専門家パネル
体制	<p>▼シナリオ〈願望的未来〉</p> <ul style="list-style-type: none"> ・地域ワークショップ(全国4地域):地域社会のありたい姿 ・有識者ワークショップ(100名):国等の社会のありたい姿 <p>▼デルファイ〈外挿的未来〉</p> <p>分野構成:健康・医療・生命科学、農林水産・食品・バイオテクノロジー、環境・資源・エネルギー分野、ICT・アナリティクス・サービス、マテリアル・デバイス・プロセス、都市・建築・土木・交通、宇宙・海洋・地球・科学基盤</p> <ul style="list-style-type: none"> ・科学技術細目・トピック検討のための専門家パネル(各分野・全4回開催) <ol style="list-style-type: none"> 1)分野別細目の設定に関する検討 2)前回科学技術トピックの評価 3)新規科学技術トピックの検討、科学技術トピックの設定 4)デルファイ調査結果の考察 ・702の科学技術トピックの将来動向の予測(Web回答者:約5400名) <p>▼テキストAI分析</p> <ul style="list-style-type: none"> ・形態素解析等を用いた注目領域の探索 <p>▼専門家パネル〈規範的未来〉</p> <ul style="list-style-type: none"> ・総合分析(科学技術発展による社会の未来像)

(2) 予測の特徴

第6期科学技術基本計画を始めとする科学技術イノベーション政策・戦略の検討に資する基礎的な情報を提供することを目的に実施した。予測対象年は、2050年までの30年間である。中でもターゲットイヤーは、2040年と設定し、将来の科学技術トピック(例:“…に資する△△技術”)も当該年に実現するものとして検討した。

科学技術予測調査は、1971年からおよそ5年毎に実施され、今回が第11回調査に相当する。2000年頃(第8回調査)を境に科学技術発展(「技術予測」)に基づく社会を検討する方向から、目指す社会の姿から必要な科学技術を見出す方向性に転換した。

第11回科学技術予測調査においては、「社会の未来像(望ましい社会の未来像)」と、「科学技術の未来像(科学技術発展の中長期展望)」の2つをそれぞれ検討し、検討結果を統合し「科学技術発展による社会の未来像」を検討とした。併せて、「科学技術の未来像」の一環で、AI技術を用い、分野横断的な領域候補を抽出し、専門家パネルによる検討により、分野横断・融合領域の抽出を行った。以下、予測の全体概要(各検討段階の手法、アウトプット)を示す。

「社会の未来像」 (望ましい社会の未来像)	「科学技術の未来像」 (科学技術発展の中長期展望)
<ul style="list-style-type: none"> ・手法:ビジョニング <ul style="list-style-type: none"> * スキャニング (将来見通し、変化の兆し等) * シナリオワークショップ ・アウトプット: <ul style="list-style-type: none"> * 50 の日本社会の未来像 * 4 つの価値 	<ul style="list-style-type: none"> ・手法:デルファイ法 ・アウトプット: <ul style="list-style-type: none"> * 702 の科学技術トピックの設定 * 702 の科学技術トピック将来動向
↓	
「科学技術発展による社会の未来像」	
<ul style="list-style-type: none"> ・手法: <ul style="list-style-type: none"> * 専門家パネル ・アウトプット: <ul style="list-style-type: none"> * 2 つの軸(無形⇔有形、個人⇔社会)の設定 <ul style="list-style-type: none"> ・「無形⇔有形」軸:超スマート社会(Society 5.0)の進展 ・「個人⇔社会」軸:個人のあり方(Humanity、Curiosity)、社会のあり方(Inclusion、Sustainability)の変化 * 基本シナリオ:Society 5.0 の先のシナリオ <ul style="list-style-type: none"> ・「人間性の再興・再考による柔軟な社会」 	
その他の取組み『未来につなぐクローズアップ科学技術領域』	
<ul style="list-style-type: none"> ・手法: <ul style="list-style-type: none"> * AI 関連技術(機械学習と自然言語処理)の活用 * 専門家パネル ・アウトプット: <ul style="list-style-type: none"> * 702 の科学技術トピックをベースに AI 関連技術により 32 のクラスター設定 * 32 のクラスターを題材に分野横断・融合のポテンシャルの高い領域を設定 <ul style="list-style-type: none"> ・分野融合領域(8 領域) ・特定分野領域(8 領域) 	

図 7 「第 11 回科学技術予測調査」の検討プロセス

(3) 予測結果

① 将来社会等の想定

「第 11 回科学技術予測調査」では、2040 年の日本社会の未来像として、「無形⇔有形」軸、「個人⇔社会」軸で超スマート社会(Society 5.0)の進展を示した。

各象限の検討内容は、無形に係る社会として、「個人/無形」象限では人間らしさを再考し、多様性を認め共生する社会を、「社会/無形」象限ではリアルとバーチャルの調和が進んだ柔軟な社会」を設定した。また、有形に係る社会として、「個人/有形」象限では人間機能の維持回復とデジタルアシスタントの融合による「個性」が拡張した社会を、「社会/有形」象限ではカスタマイズと全体最適化が共存し、自分らしく生き続けられる社会を設定した。

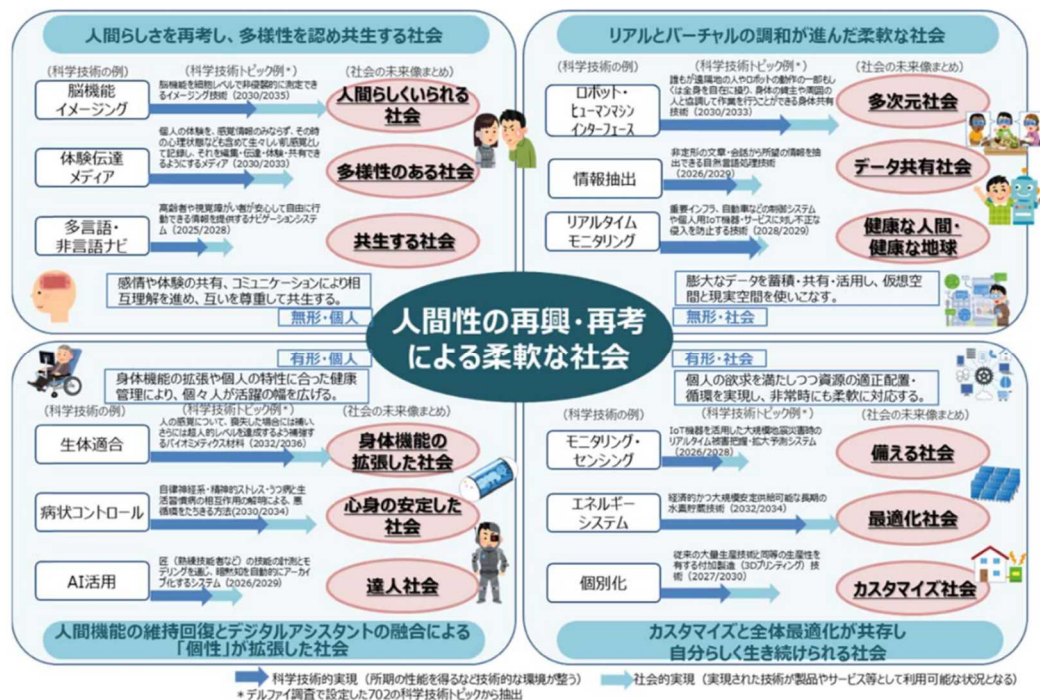


図 8 将来社会像の概要

出典: 科学技術・学術政策研究所 (2019)「第 11 回科学技術予測調査 S&T Foresight 2019 総合報告書」、NISTEP REPORT No.183.

② 主要な科学技術・イノベーション等

「科学技術の未来像」は、1971 年の第 1 回調査以来、用いているデルファイ法による予測を実施した。対象分野は、健康・医療・生命科学、農林水産・食品・バイオテクノロジー、環境・資源・エネルギー分野、ICT・アナリティクス・サービス、マテリアル・デバイス・プロセス、都市・建築・土木・交通、宇宙・海洋・地球・科学基盤の 7 つの分野からなる。

アンケートは、Web アンケート形式で実施し、専門家パネルで検討した 702 の科学技術トピックについて、重要度、競争力、実現時期、政策手段を質問した。実現時期、政策手段については、技術的実現、社会的実現のそれぞれに係る項目を質問した。

以下、各分野の重要度の高い科学技術トピックを示す。

科学技術予測結果(各分野・重要度の高いトピック) 一部抜粋

- 老化に伴う運動機能低下の予防・治療法
- 人間を代替する農業ロボット
- 電気自動車のための交換不要な長寿命かつ低コスト二次電池
- 農業の生産性、人手不足・担い手不足の解消を抜本的に改善する AI、IoT、ロボット
- エネルギー密度 1kWh/kg 以上、出力密度 1kW/kg 以上(自動車なら現行の大きさ・重量で航続距離 500km に相当)の性能をもつ高容量高出力電池
- インフラの点検・診断の信頼性向上や負担軽減を図るために、現場で利用可能な非破壊検査技術
- 日本国内の全活火山に対し、次に噴火しそうな、もしくはしそうにない火山を見い出すための切迫度評価

③その他（政策への展開、参照情報先）

「未来をつなぐクローズアップ科学技術領域」として、分野横断・融合ポテンシャルの高い 8 領域、特定分野に軸足を置く 8 領域を抽出した。

【分野横断・融合領域】

- ① 社会・経済の成長と変化に適応する社会課題解決技術
- ② プレシジョン医療をめざした次世代バイオモニタリングとバイオエンジニアリング
- ③ 先端計測技術と情報科学ツールを活用した原子・分子レベルの解析技術
- ④ 新規構造・機能の材料と製造システムの創成
- ⑤ ICT を革新する電子・量子デバイス
- ⑥ 宇宙利用による地球環境と資源のモニタリング・評価・予測技術
- ⑦ サークュラー・エコノミー推進に向けた科学技術
- ⑧ 自然災害に関する先進的観測・予測技術

【特定分野に軸足を置く領域】

- ① 新たなデータ流通・利活用システム
- ② 人間社会に溶け込みあらゆる人間活動を支援・拡張するロボット技術
- ③ 次世代通信・暗号技術
- ④ 交通に関するヒューマンエラー防止技術
- ⑤ ライフコース・ヘルスケアに向けた疾病予防・治療法
- ⑥ 生態系と調和した持続的な農林水産業システム
- ⑦ 持続可能な社会の推進に向けたエネルギー技術
- ⑧ 宇宙と人類の起源を解く基礎科学

2-3-2 総務省「未来をつかむ Tech 戦略」

(1) 予測の概要

総務省「未来をつかむ Tech 戦略」	
概要	IoT・AI・ロボット等のイノベーションの社会実装や、年齢・障害の程度等を超えて誰もがその能力を発揮し豊かな生活を享受できる社会の実現に向けて取り組むべき情報通信政策の在り方を検討したもの
対象年	2030～2040 年頃
手法	専門家パネル
体制	▼専門家パネル〈バックキャストिंग:規範的未来〉 <ul style="list-style-type: none"> ・検討委員会(5 回開催) ・ワーキンググループ <ul style="list-style-type: none"> * 人づくり WG (7 回開催:高齢者サブ WG、障害者サブ WG を設置) * 産業・地域づくり WG (6 回開催:データ主導時代の産業政策サブ WG を設置) * 未来デザインチーム (省内若手職員で構成:ワークショップ、小説執筆)

(2) 予測の特徴

総務省では、情報通信審議会情報通信政策部会に「IoT 時代の未来づくり検討委員会」を設置し、2030 年から 2040 に向けた情報通信政策のビジョンとして「未来をつかむ TECH 戦略」(以下、TECH 戦略)を策定した。検討委員会は全 5 回開催し、IoT・AI・ロボット等のイノベーションの進展に伴う未来社会ビジョン、持続可能な経済社会の実現方策、「当たり前」の時代に求められる ICT 利活用リテラシーのあり方・実現支援方策等を検討した。併せて、人づくりワーキンググループ、産業・地域づくりワーキンググループ、省内若手職員で構成する未来デザインチームを設置し、深堀の議論を行った。

TECH 戦略は、テクノロジーによる「破壊」(これまで「できなかった人」が「できる人」に転換)、人口減少による「破壊」(若年層の減少-高齢者の割合の増加、人口減少は地域から始まり都市に転移)を目の前に大きな変革の岐路に立たされていると認識し、明るい未来を獲得するための検討である。

具体的には、2030～2040 年頃を展望し、i)IoT・AI など次々と生み出されるイノベーションの成果を、「産業」や「地域」の隅々まで浸透させるとともに、ICT 産業の競争力向上や経済の持続的な発展に結実させるための方策、ii)人口減少時代のリソースとして「人」の重要性が増す中で、年齢・性別・障害の有無等にかかわらず、誰もが自らの能力を発揮し、より豊かな生活を享受するための方策を検討した。セクター別の議論では、「生産」において人口減少・高齢化の同時進行し、成長基盤となる日本の生産力は持続的であるか、「需要」においては、個人消費や財政支出が期待できず、オリパラ反動減の中、先行きの需要を確保できるか、「産業」では IoT・BD・AI 等でグローバル企業の存在感が高まる中で、産業の競争力を確保していけるか、「地域」では過疎や高齢化が特に地方で深刻化する中で、医療や教育等の地域住民向け

サービスは維持できるか、「ひと」に対しては次々と新しい技術やリスク等が出てくる中で、自分についていけるのか、安全や倫理は大丈夫か等、将来において社会が直面しうる課題、構造的な変化を示した。

構造変化(静かなる有事)		
人	地域	産業
生産年齢人口の急減	地方の人口減・高齢化が加速	グローバル・ボーダレス化加速
人生100年時代が到来	医療・介護の需要が急増	時価総額は米中企業が上位独占
独居高齢者世帯の急増	インフラ・公共施設が老朽化	GDPシェアや国際競争力が低調
障害者の社会参画の浸透	地域の企業数減少が深刻化	個人金融資産が1800兆円超へ
IoT・AI時代就業構造が急務	あらゆる資源のシェアリング	データ量やサイバー攻撃が激増

〈専門家パネルによる検討〉 ↓ 〈総務省若手職員検討「デザインチーム」〉

実現したい未来の姿		
人	地域	産業
インクルーシブ(包摂)	コネクティッド(連結)	トランスフォーム(変容)

図9 未来Tech戦略の全体概要

(3) 予測結果

① 将来社会等の想定

本検討では、実現したい未来の姿(世界最高水準の「幸福度」、「活力ある地域」、「競争力ある産業」を実現)からの逆算による戦略を策定している。実現したい未来の詳細は、下記の通りである。

【2030年代に実現したい未来の姿】

- 人づくり: 年齢・性別・障害・国籍・所得等に関わりなく、誰もが多様な価値観やライフスタイルを持ちつつ、豊かな人生を享受できる「インクルーシブ(包摂)」の社会
- 地域づくり: 地域資源を集約・活用したコンパクト化と遠隔利用が可能なネットワーク化により、人口減でも繋がったコミュニティを維持し、新たな絆を創る「コネクティッド(連結)」の社会
- 産業づくり: 設計変更を前提とした柔軟・即応アプローチにより、技術革新や市場環境の変化に順応し発展する「トランスフォーム(変容)」の社会

なお、未来イメージ「15の生活シーン」と実現に向けた工程表は、科学技術・学術政策研究所の『科学技術予測調査 分野別科学技術予測 各分野の将来展望』等に基づき作成している。

②主要な科学技術・イノベーション等

人づくり(インクルーシブ(包摂)社会)、地域づくり(コネクティッド)、産業づくり(トランスフォーム)の将来社会における技術の展開の姿は、下記の通りである。

表 11 科学技術の展開

分野	技術の展開の姿	内容
人づくり	働く人「職場スイッチ」	テレワークという言葉は使われない。多様な働き方のサポートツールが普及
	子ども「パノラマ教室」	壁面ディスプレイ、VR・AR 環境を整ったパノラマ教室が全国の学校に整備され、プログラミングコンテストの評価等をリアルタイムで表示できたり、海中・宇宙空間、人体内部、過去の様々な体験等五感を使い、効果的に体験学習ができる
	ロボット「お節介ロボット」	さまざまな家電がネットにつながり、そのデータにアクセスして必要な情報を提供する「スマートホーム」のハブとして、ヒューマノイド型のロボットが普及。家庭内のデータだけではなく、行動履歴や体調データ、時刻や天気など外部環境の情報なども分析し、その場その場で最適な行動を推奨。高齢者生活もサポート。
	障害者「あらゆる翻訳」	ダイバシティという言葉が聞かれなくなる。あらゆる翻訳は、労働力不足を補うために政府や企業が積極的に導入し、会議や面接等で利用され、ユニバーサルコミュニケーションが実現している。
	高齢者「健康 100 年ボディ」	100 歳になってもハイキングを楽しむことができる。高齢者等の心身の健康が維持・向上につながる。
地域づくり	自治体「どこでも手続き」	24 時間受付のネット窓口が一般化し、個人向けにカスタマイズされた AI 執事に「やりたいこと」を伝えれば、必要な手続きに誘導してくれる。
	健康医療「いつでもドクター」	医師が足りない地域を中心に、個人の身体に埋め込むインプラント端末やセンサーで健康状態を常時モニタリングし、バイタルデータに異変があれば、AI の診断サポートでかかりつけ医が診てくれる。
	公共交通「クルマヒコキー」	過疎地等における担い手不足を解消するため、自動化やシェアサービスが進展している。周辺の地方公共団体と連携し、需要減少した道路の維持・管理に要するコストを自動運転の空陸両用タクシー(クルマヒコキー)の導入・運用
	防災「あちこち電力」	ワイヤレス給電により、「あちこち電力」サービスを利用することにより、決して途絶えない通信環境が整っている。
地域づくり	ツーリズム「時空メガネ」	国内外観光客に AR 搭載眼鏡型端末『時空メガネ』を渡し、訪れた場所で好きな時代の風景を再現することができる。
産業づくり	サービス業「三ツ星マシン」	1 人暮らし高齢者宅や地域のケアセンターでも個人の健康データと連携し、糖分、塩分等をコントロールしつつ、各地の素材を使った家庭的なレシピを考案し、料理してくれる。
	流通・運輸「えらべる配達」	買物難民の解消とともに、人手不足を解消するため、ドローンや自動運転等の遠隔・自動化サービスが「えらべ

分野	技術の展開の姿	内容
		る配達」として全国で普及している。
	一次産業「全自動農村」	農場や牧場で人間が直接管理することはなく、プログラミング等のスキルを身に付けた人間がドローンやロボット等を遠隔で管理する農村が普及し、成長産業になっている。
	ものづくり「手元にマイ工場」	データを製造・販売する動きが広がり、製造業のビジネスモデルも変わっている。「誰でもマイ工場の実現
	金融・決済「らくらくマネー」	完全キャッシュレス化。購買履歴データや信用データの形成も自動化され、家計管理、税申告が簡単にできるようになり、金融サービスの利便性が格段に向上する。

③その他（政策への展開、参照情報先）

「実現したい未来像」から情報通信政策のあり方を考えるにあたり、将来像から逆算し、必要な取組みを抽出している。

表 12 実現したい未来像からの政策形成の検討

2030 年代に実現したい未来の姿	将来像の設定
2040 年までに実現したいムーンショットの設定	到達目標
変えるべき社会の「根っこ」	国民・社会間で共有すべき考え方・方向性の検討 ▽人づくり <ul style="list-style-type: none"> ■ 革新的サービスを創出するデジタル人材の育成 ■ デジタル格差ゼロ社会 ■ 誰でも IoT 等の利便を享受する基盤構築 ■ 世代を超えた新たな絆の構築 ■ AI・ロボット等の共生社会の構築
政策パッケージ	分野横断的取組み(インフラ横断プロジェクト)
注目すべき日本の社会構造の変化	—



2-3-3 経済産業省・厚生労働省「未来イノベーションワーキンググループ」

(1) 予測の概要

経済産業省・厚生労働省「未来イノベーション WG」	
概要	2040年頃の未来の医療福祉分野のあり方を考えるには、技術が漸進的に改善していく姿を考えるのみならず、将来見込まれる社会・地域の変化や技術革新を見据え、バックキャストして中長期的な戦略を構築する
対象年	2040年頃
手法	専門家パネル
体制	<p>▼専門家パネル〈規範的未来〉</p> <ul style="list-style-type: none"> ・検討委員会(3回開催) <ol style="list-style-type: none"> 1) 社会構造の変化、技術進展、健康医療分野の目指す姿 2) 第1回検討委員会での意見に基づき、4グループで討議 <ul style="list-style-type: none"> * 医療・介護過疎化への対応 * 医療・介護需要集中への対応 * 予防 * テクノロジーを活用したインクルージョン ※グラフィックレコーディングの導入 <ul style="list-style-type: none"> WGの各回の議事の意見間の関連性等をグラフィックに表現し議論を可視化 ※事前の意見収集・分析 <ul style="list-style-type: none"> 有識者の意見をオンラインで抽出・相互評価を実施。

(2) 予測の特徴

経済産業省と厚生労働省では、現在、医療福祉分野において IoT、AI、ロボット技術等、第4次産業革命を踏まえた変革が進展しつつあることから、2040年頃における人と先端技術が共生する未来の医療福祉分野のあり方を検討するため「未来イノベーションワーキンググループ」(以下、未来イノベーション WG)を実施した³³。未来の医療福祉分野においては、足元において導入される技術が漸進的に改善していく姿を考えるのみならず、将来見込まれる社会・地域の変化や技術革新を見据え、バックキャスト型で中長期的な戦略を検討した。

検討にあたっては、次世代ヘルスケア産業協議会・次世代医療機器開発推進協議会・次世代医療 ICT 協議会の下に「未来イノベーション WG」を設置した【専門家パネル】。

検討事項は、i) IoT、AI、ロボット等が国民の暮らしに溶け込んでいる社会システムの目標・将来像の作成、ii) 変容していく医療介護サービスを想定し、必要になる技術・サービスの抽出、iii) 実現するための施策の検討からなる。議論は、「医療・介護過疎化への対応」、「医療・介護需要集中への対応」、「予防」、「テクノロジーを活用したインクルージョン」のグループに分けて実施した。

³³ 「未来イノベーション WG」は、2019年1月から3回開催され、中間取りまとめを2019年3月19日に公表した。中間取りまとめを踏まえ、中長期での研究開発・実証プロジェクトの推進、技術インテリジェンス機能強化に関する議論等、具体策の実現に向けて取り組むとした。

第 1 回ワーキンググループ			
2040 年にかけて見込まれる社会構造の変化と技術の進展、健康・医療・介護分野が 目指す姿、その実現に向けたアプローチ			
第 2 回ワーキンググループ			
医療・介護 過疎化対応	医療・介護需要集中 への対応	予防	テクノロジーを活用 したインクルージョン
第 3 回ワーキンググループ			
中間取りまとめ案の提示			

図 10 未来イノベーション WG の全体概要

(3) 予測結果

①将来社会等の想定

将来社会について、i) 人と技術が共生し、その人なりの価値を届けることができる、ii) 誰もが幸せの実現に向けて自分に合った生き方を選択できる、iii) 誰もがどんな状態であっても、「これでいい」と自然に思える、iv) 今後は、誰もが支え手になり、共に助け合う「ネットワーク型」等とした。

人と技術が共生し、その人なりの価値を届けることができる

- 以下を実現：専門職がコア業務に集中できる(例：間接介助ゼロ)／現状の供給力でも、現場を楽に回せる(より柔軟なリソース配分)／ネットワークで個を補完することで、質の高い医療・介護をどこでも提供できる

誰もが幸せの実現に向けて、自分に合った生き方を選択できる

- 以下を実現：国民全員が自分の健康状態を把握できている・自分が自分の主治医になる／住む場所やライフスタイルにかかわらず不安のない暮らしを送ることができる／無意識のうちに健康になれている

誰もがどんな状態であっても、「これでいい」と自然に思える

- 以下を実現：誰もが社会参画できる／各種障害による活動障害ゼロ／テクノロジーによるインクルージョン・ダイバーシティ

今後は、誰もが支え手になり、共に助け合う「ネットワーク型」へ

- 以下を実現：供給側はテクノロジーや生活インフラ等の支え手が増えるとともに、これらの技術・インフラや多様な専門職が互いにつながりあって価値を提供／需要側は、コミュニティの形成等により互助が進み、互いに支え合う構図に／全体は強固なネットワークを形成。

意欲や知識、環境等に関わらず、より多くの国民を受容できるインフラに

②主要な科学技術・イノベーション等

(関連記載はなし)

③その他（政策への展開、参照情報先）

中間取りまとめを踏まえ、検討結果は下記への展開を想定している。

- 健康医療戦略等の各種閣議決定文書の改訂や AMED 次期中期計画へ反映。
- 必要に応じてテーマ毎に研究班を立ち上げた上で、AMED 等で研究開発を推進。
CSTI・内閣府におけるムーンショット型研究開発の検討との連携も視野に。
- 地域に拠点を置いた技術開発や、社会実装を進めるための実証について、政府内の他プロジェクトとの連携も視野に入れつつ、今後必要な検討を行う。
- 技術インテリジェンス機能について、必要な体制強化も含めて、健康・医療戦略推進本部の下、議論を開始する。

2-3-4 国土交通省「国土の長期展望」

(1) 予測の概要

国交省「国土の長期展望」	
概要	<p>平成23年2月の「国土の長期展望(中間とりまとめ)」以降の状況変化を踏まえ、2050年までの国土の姿を描き、長期的な課題を整理。</p> <p>令和元年(2019年)5月より、国土審議会の下に設置された「国土の長期展望専門委員会」において、「国土の長期展望」の検討を開始した。</p> <p>人口や経済の動向など国土を取り巻く現状や変化を分析し、広く情報提供を行うとともに、中長期の視点に立って、今後の国土づくりの方向性を考える。</p>
対象年	2050年頃
手法	専門家パネル
体制	<p>▼専門委員会</p> <ul style="list-style-type: none"> ・検討委員会【現在検討中】【国土審議会計画推進部会に設置】 <ul style="list-style-type: none"> *2019年度:全8回開催。長期的な課題を整理。 (長期的な課題のとりまとめ:2020年6月頃) *2020年度:課題の解決方策の検討

(2) 予測の特徴

国土交通省は、2050年までの国土の姿を描き、長期的な課題を整理するため、国土審議会計画推進部会に「国土の長期展望専門委員会」を設置し、検討しているところである(現在も検討進行中)。「国土の長期展望委員会」では、人口減少の進行、急速な高齢化、自然災害の激甚化・頻発化等、昨今の国土を取り巻く状況を踏まえ、国土の長期展望を行ったものである。検討結果は、国土審議会計画推進部会に報告する。

長期展望にあたっては、i)人口減少・少子高齢化、ii)世界の中の日本、iii)地球環境問題、iv)自然災害リスクの増大、v)新技術・ライフスタイル、vi)国土構造・国土のあり方を対象に、国土を取り巻く将来の状況変化(将来の国土の姿)を示した。これら将来の姿を踏まえ、2050年における国土を取り巻く主な課題を抽出した。これまでの検討委員会での議論(第3回まで)では、人口減少・少子高齢化(人口減少、無居住化、大都市圏の高齢者の大幅増加)、世界の中の日本(国際競争力の維持、国土・資源の安全確保、外国人増加への対応)、地球環境問題(気候変動による国民生活への影響、脱炭素社会の実現)、自然災害リスクの増大(国土強靱化、災害発生でも持続可能な国・地域づくり、災害リスクの高い地域の世帯増加への対処)、新技術・ライフスタイル(AI・IoT・自動運転等の技術革新、ライフスタイルの変化)等における将来課題の整理を図っている。今後は、国土構造・国土のあり方(国土構造の再構築、スーパーメガリージョンの形成、国土管理・国土維持、国土計画)等の検討が行われる見込みである。

(3) 予測結果

①将来社会等の想定

将来の国土の姿として、人口減少・少子高齢化では、生産年齢人口・若年人口の減少(人口の地域偏在)、単身世帯(高齢者単身世帯)の増加、小規模市町村の人口減、大都市圏の高齢者の大幅増を取り上げた。世界の中の日本では、我が国の相対的位置づけの変化(GDP、技術等)、資源獲得競争の激化(食料、水、エネルギー等)、デジタル・プラットフォーマーの成長、訪日外国人・在留外国人等の大幅な増加がある。地球規模問題では、気候の変化(気温上昇、海面上昇等)による自然環境や農林水産業等社会経済・国民生活への影響、脱炭素社会の実現である。自然災害リスクの増大では、大規模地震等の切迫性、水害・土砂災害の激甚化・頻発化、災害リスクの増加とリスクの高い地域での世帯数の増加と、災害リスクが懸念される。新技術・ライフスタイルの側面では、AI/IoT、自動運転、ドローン、5G 等技術革新の進展、Society 5.0 による社会の変化、組織や場所にとらわれない多様な働き方・暮らし方(テレワーク、フリーランス、兼業・副業等)、価値観の多様化、健康寿命の延伸を挙げた。

国土構造や国土のあり方においては、災害に対する脆弱性と東京一極集中のリスク、リニア中央新幹線の開業とスーパー・メガリージョンの形成、国・地方の財政力の低下、地方公共団体の人員減が将来的な懸念として挙げている。

将来の国土の姿を踏まえた 2050 年における国土を取り巻く主な課題については、下記を挙げている。

- 人口減少・少子高齢化:地域の活力低下への対処(地域経済の維持、地域の産業や文化の継承)、空き家増加・都市のスポンジ化への対処、地域コミュニティの維持、個性ある地域間の交流の深化・進展、子どもを産み育てやすい国土・地域づくり、無居住化地域の維持管理、高齢者大幅増への対処(医療、介護、福祉の充実等)、高齢者大幅増をプラスに変えていく取組(まちづくり等)
- 世界の中の日本:リーディング産業の育成・最先端の技術力強化、アジアダイナミズムとの向き合い方、訪日観光・農作物等の国の強みの維持・強化、国土・食料・水・エネルギー・資源の安全確保、外国人にとり働きやすい/住みやすい国・地域づくり(教育・医療等)
- 地球環境問題:温暖化による自然環境・農林水産業の変化等の社会経済・国民生活への影響への対処、省エネルギー・再生可能エネルギー活用
- 自然災害リスクの増大:総合的な国土強靱化、災害発生した場合でも持続可能な国・地域づくり、災害リスクが高い地域の世帯増を想定した対処(コンパクトシティの形成、保険制度)
- 新技術・ライフスタイル:就業・居住構造の変化への対応、自動運転・ドローン・遠隔医療等の導入による条件不利地域の活性化、関係人口等が地域を支える多拠点居住者の活躍による地域活性化、人生 100 年時代の高齢者の闊達な環境づくり、女性・若者・障害者等の活躍できるイノベーション環境の整備
- 国土構造、国土のあり方:東京一極集中の是正、国際競争力の強化(維持)の観点からの東京の機能分担、郊外における職住近接による大都市圏全体の生産性・暮らしやすさの向上、

地方中枢・中核都市の機能強化、小規模都市の機能維持、スーパーメガリージョン、耕作放棄地・空き家増加への対応、気候変動・社会変化においても美しい国土の維持、国土計画

②主要な科学技術・イノベーション等

(現時点での関連記載はなし)

③その他（政策への展開、参照情報先）

(現時点での関連記載はなし)

2-3-5 科学技術振興機構「俯瞰報告書」

(1) 予測の概要

JST/CRDS 「俯瞰報告書」	
概要	国内外の社会や科学技術イノベーションの動向及びそれらに関する政策動向を把握・俯瞰・分析し、今後のあるべき方向性を展望するもの。研究開発領域ごとの国内外動向、主要国間の国際比較。
対象年	2030年頃
手法	スキャニング
体制	<p>▼ステークホルダーとの対話等〈探索的未来〉</p> <p>※その他の取組み: 俯瞰ワークショップ 『俯瞰ワークショップ報告書 未来のエネルギー社会のビジョン』 (スキャニング手法を用い、分野の枠を超えた議論)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ワークショップ(2017年8-9月) <ul style="list-style-type: none"> * 学術セクターの有識者(30~40代)が35名参加 * 将来イシュー、社会変化シナリオ等を踏まえ、エネルギー社会シナリオ(36件)を作成

(2) 予測の特徴

科学技術振興機構が実施している「研究開発の俯瞰報告書(統合版)」では、俯瞰と潮流として、「グローバルトレンド」(2019~2030年まで)と「科学と社会」に関する問題意識を示している。「グローバルトレンド」では、“価値観の変動”(グローバリズムの揺らぎ)、“G0時代”(規範なき世界)、“中国の規範の世界流布”(自然科学、技術の強烈な推進と人文・社会科学の統制)、“「理念や標準」を作る地域(EU)”(EUの統合力の低下)、“民主主義の進歩・工夫の必要性”(世界的なポピュリズムの脅威:ミーズム、排外主義への対応)、“市場原理の不安視”(市場原理は働いているか)、“本質的価値観の未共有の世界”(地域紛争の頻発化)等の要素を取り上げた。これらの大きな潮流を踏まえ、世界経済、社会の展望(経済生産規模、需要の伸び、資源価格の推移、消費・サービス構造の変化(「コト」へ)、情報化、健康医療分野と倫理的葛藤、軍事・安全保障問題、価値観の変動、包摂性等)を示した。「科学と社会」では、ポストモダンの科学のように科学そのものを変革するというよりは諸科学間の連携・協同や場合によっては融合をはかろうとする動きがあること、科学というものが「人類の幸福のためにあるべき」であり「問題解決的であるべき」だとする現代の時代認識³⁴を挙げた。

(3) 予測結果

① 将来社会等の想定

世界の潮流として、米欧で育まれてきた民主主義、市場原理、科学技術を規範とする価値

³⁴ 俯瞰報告書(統合版)では、「科学と社会」の潮流として、科学者の責任/トランスサイエンス問題/科学と国家の問題/科学と産業界・民間企業の問題/科学とビジネスモデル、イノベーションエコシステムの問題/科学と政策/分野ごとの「科学と社会」に将来の変化要素を述べている。

観の揺らぎが生じている。科学技術については、国連のSDGsへの対応やパリ協定に向けた貢献として科学技術イノベーションへの期待が大きく増大する一方で、科学技術と社会との関係の深化、人工知能、ゲノム編集等の ELSI 問題が顕在化しつつあるなかで、情報通信技術(GAFAのような情報通信技術のプレイヤーの有無も含む)が格差を助長している懸念から、科学技術への懸念も増大している。これらにより、科学技術発展を是とする価値観が新たに問われつつある。

ICT 技術の急速な進展は、データ駆動型科学技術等により、科学技術自体も進展する。科学技術イノベーション指向が増大し、あるべき社会像に向けて議論しながら、研究テーマ設定により、社会のステークホルダーの参画機会が増大するとした。

国際関係では、国家間の技術覇権争いの様相が強まり、オープンサイエンスが進むものの、米中貿易摩擦等で人材、知識、データの移転規制が進む可能性がある。

②主要な科学技術・イノベーション等³⁵

■環境・エネルギー分野

化石資源利用関連技術が座礁資産化するリスクへの懸念から、脱化石燃料化が世界的潮流である。ESG 投資を表明する投資家が増加しており、あらゆる業種が価値観の変化が迫られている。再生可能エネルギーの導入拡大が進み、過去 5 年間で発電コストの世界平均は太陽光発電で約 65%、陸上風力発電で約 15%減少した。

気候変動についての科学的根拠の整備は引き続き進み、世界の温室効果ガス排出量も増加を続けている。これ以上の積極的な排出削減努力が必要との認識が主流である。

技術の潮流は、地球環境と人間社会の持続可能性への対応、及びビッグデータ化やスマート化への対応である。

エネルギー分野では、変動性が高い再生可能エネルギー由来の電気を変換・貯蔵し必要な場所やタイミングで利用するための技術の研究開発が盛んになるとされる。特に、化学的エネルギーの活用は活発で、蓄電、蓄熱、代替燃料や化学品等の炭化水素合成、CO₂ 利用(CCU)等の研究開発が進展する。他方、再生可能エネルギーの導入拡大に伴い、エネルギー需給の安定性に関する懸念が顕在化するとした。

環境分野では、環境ビッグデータの高度活用や気候変動の影響評価のダウンスケーリングが進展する。汚染状況の把握やヒト、自然環境に対する影響評価等の調査研究ニーズが高まる。

- 重要課題例:ゼロ・エミッション、アダプテーション(異常気象の解明、災害対応)、サーキュラー、スマート

■システム・情報科学技術分野

GAFA など大手インターネット関連企業が世界の市場と技術開発をリード(中国を除く)し、中国では盛んな研究開発投資と巨大データ集積による AI 実用化が急速に進展している。

³⁵ 俯瞰報告書(統合版)の分野別の世界の潮流より。

人工知能は、急激に進化し、意思決定の際に考慮すべき要因・影響の膨大さ、複雑さは、人間が思考できるレベルを超越する。機械学習を含むシステムは、ブラックボックスで偏見学習、誤認識誘発攻撃等の問題が発生する。一方で、ELSI な視点での考慮が不可欠となる。

既存の社会システムは世の中の動向（人口動態変化、技術進歩、グローバル化、新興企業の台頭等）に追従できていない。Airbnb、Uber 等によるシェアリング・エコノミーなどの新たな産業の創出による労働や税などの問題に対し、制度的な対応が必要となっている。個人情報、GAFKA 等のプラットフォーム事業者に蓄積されており、欧州では GDPR が開始され、プライバシー保護に向けた動きが活発化する。

- 重要課題例：意思決定・合意形成、AI ソフトウェア工学、計算脳科学、統合 AI、自律・認知発達ロボティクス、生物規範型ロボティクス、人間・機械共生、ビッグデータによる問題解決、Society デジタルツイン他

■ ナノテクノロジー・材料分野

ナノテクノロジー・材料技術は、IoT/AI 時代を牽引する多様なデバイス群を実現する。水・大気浄化、温室効果ガスの削減、資源循環、エネルギー関連デバイス等、SDGs を支える。また、データ駆動型材料開発（マテリアルズ・インフォマティクス）が全ての材料開発の基盤技術として定着する。ナノテクノロジーにより実現される製品の社会への浸透につれて、製品のライフサイクル全体を対象とした、ヒトや環境への影響を明らかにする研究（ELSI、EHS 含む）への関心が増大する。

- 重要課題例：快適・安全・安心な社会、最適な医療・ヘルスケア、持続可能な社会、基盤技術

■ ライフサイエンス・臨床医学分野

「より多くの人に、より質の高い医療サービスを、より安価に提供する」こと、「より多くの人々が、より質の高い食料を安定して入手できる」ことは世界での喫緊の課題である。一細胞オミックス技術、ゲノム編集技術とともに、計測技術や人工知能・機械学習等をはじめとする ICT 技術の自動化、大規模化が当該分野に浸透する。個別化・層別化医療、ゲノム医療・創薬およびバイオエコノミー等、社会の中に存在する多種多様なデータ活用を要するとともに、社会・国民の理解が必要な研究開発が展開される。データ駆動型アプローチにより、精緻な理解と予測が生命現象の理解の基本的方向性である。

- 重要課題例：ヒト研究及びデータ研究、治療用人工細胞創出、地球環境に優しい農業、機能的農産物の創出、生体分子・生命システム設計他

③ その他（政策への展開、参照情報先）

（関連記載はなし）

2-3-6 NEDO/TSC「社会課題起点の技術ツリー」

(1) 予測の概要

NEDO/TSC「社会課題起点の技術ツリー」	
概要	社会的な要請や課題を踏まえたバックキャスティングと、技術の現状やシーズを踏まえたフォーキャスティングを組み合わせたオールキャスト型アプローチでプロジェクトテーマを検討。
対象年	2040～2050年頃
手法	スキャニング、ロードマップ
体制	▼検討パネル(NEDO職員等)〈探索／規範的未来〉 実現したい将来像、実現のためのシナリオ等を検討会でとりまとめ。

(2) 予測の特徴

社会的な要請や課題を踏まえたバックキャスティングと、技術の現状やシーズを踏まえたフォーキャスティングを組み合わせたオールキャスト型アプローチでプロジェクトテーマを検討したものである。

バックキャスティング視点の分析では、国内外の機関、企業、大学、思想家が言及している社会的要請・課題・提言等を調査し、技術領域探索を行ったものである。探索的予測と位置づけることができる。

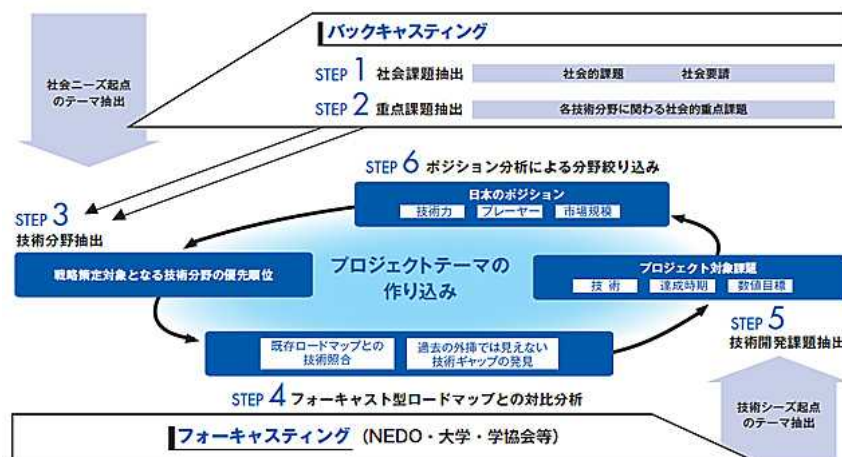


図 11 技術戦略研究センターにおけるフォーサイト

情報源は、国連(SDGs)、OECD 政策課題、世界経済フォーラム(グローバルリスク)、欧州議会(メガトレンド)、英国科学局(Foresight Project)、ドイツ教育研究省(Foresight2)、内閣府、経済産業省、自民党、有識者(ジャック・アタリ、ヨルゲン・ランダース等)である。

(3) 予測結果

①将来社会等の想定

社会課題起点の技術ツリーでは、i)人間の尊厳の揺るぎ、ii)専門的な人材の不足、iii)大規模な非自発的移民の発生、iv)制御不能な感染症の拡大、v)都市インフラ利用の全体最適化、vi)公共インフラの老朽化、vii)社会保障費の増大、viii)資本主義の限界、ix)人為的な環境汚染・環境破壊、x)食糧不足のテーマを設定し、課題の背景、社会課題・ニーズ、技術の体系化、先行事例等を樹形図として示した。以下、各テーマの社会課題・ニーズを示す。

■人間の尊厳の揺るぎ

人間の尊厳の揺るぎは、「尊厳を揺るがす技術と共存する(尊厳を守る)」、「技術により生き甲斐を高める(尊厳を高める)」からなる。前者は、AI・ロボット、バイオテクノロジーとの共存が、後者は肉地面、精神面の生き甲斐の向上が技術に求められる要素とした。

■専門的な人材の不足

専門的な人材の不足は、「専門的な人材不足を解消する」、「人材不足の状況を把握する」からなる。前者は、専門的な人材の増加、AI・ロボット等による業務の代替が、後者は、将来の人材需給の把握、専門性の定義の明確が技術に求められる要素とした。

■大規模な非自発的移民の発生

大規模な非自発的移民の発生は、「円満に難民を保護する」、「難民の発生を回避する」からなる。前者は、難民の受入と難民の分配が、後者は、移動の物理的な阻止と移動要因の排除が技術に求められる要素とした。

■制御不能な感染症の拡大

制御不能な感染症の拡大は、「感染症発生時の被害を防ぐ」、「感染症発生前に予測する」からなる。前者は、人から人への二次感染の防止、他の生物等から人への初期感染の防止が、後者は、マクロレベルの感染拡大予測、マイクロレベルの病原体変異予測が技術に求められる要素とした。

■都市インフラ利用の全体最適化

都市インフラ利用の全体最適化は、「都市内で都市インフラ利用を最適化する」、「都市・地方の人口分布を均衡化する」からなる。前者は、都市インフラ利用の最適化、都市インフラの維持が、後者は、都市人口の抑制、地方人口の増加が技術に求められる要素とした。

■公共インフラの老朽化

公共インフラの老朽化は、「従来の形態でインフラを維持する」、「新しい形態のインフラに転換する」からなる。前者は、インフラ機能の維持、インフラ機能の集約化が、後者は、インフラ

機能の代替、新形態のインフラ維持管理、新形態のインフラ設計が技術に求められる要素とした。

■社会保障費の増大

社会保障費の増大は、「社会保障負担を増加させる」、「社会保障給付を削減する」からなる。前者は、税負担の増加、保険料負担の増加が、後者は、年金給付の削減、医療給付の削減、介護給付の削減、子ども・子育て給付の削減が技術に求められる要素とした。

■資本主義の限界

資本主義の限界は、「資本を軸とした社会システムを構築する」、「資本に代わる社会システムを構築する」からなる。前者は、更なる経済成長の追求、持続可能な社会システムへの転換が、後者は、持続可能性を軸とする社会システム、幸せを軸とする社会システムが技術に求められる要素とした。

■人為的な環境汚染・環境破壊

人為的な環境汚染・環境破壊は、「既存の環境を保護する」、「新たに環境を創出する」からなる。前者は、地球上での環境保護、地球外での環境保護が、後者は地球上での環境創出、地球外での環境創出が技術に求められる要素とした。

■食糧不足

食糧不足は、「十分な食糧を確保する」、「食糧の安全性を確保する」、「食事を取らずに生きる」からなる。十分な食糧の確保は、供給の増加、需要の削減が、食糧の安全性の確保は、流通上の安全性確保、食品自体の安全性の担保が、食事を取らずに生きるでは、栄養が不要な身体づくり、栄養の自給自足が技術に求められる要素とした。

②主要な科学技術・イノベーション等

各社会課題における科学技術・イノベーションに係る記載（「技術の体系」）は、以下の通りである。

■人間の尊厳の揺るぎ

- AI・ロボットの制御（制御機構、開発制約、自己複製・自己増殖制御、ロボット特性を踏まえた制御、行動に対する責任所在の明確化）
- AI・ロボットの受容（社会的地位、神格化、抵抗感の排除〈インタフェース、挙動特性〉、有益性向上〈人間生活サポート、仕事の代行〉）
- AI・ロボットとの融合（人間と AI 融合〈人間の脳とコンピュータの接続〉、人間とロボットの DNA、人体ロボット化）
- バイオ技術の制限（クローン人間の研究開発制限、デザイナーベイビーの研究開発制限）

- バイオ技術の受容(利用の政治的推進、社会的容認、抵抗感の排除〈代理出産、デザイナーベイビーの不安解消〉、有益性向上〈遺伝子治療、クローン臓器、人工臓器〉)
- 肉体面の生き甲斐(老化防止、遺伝子治療、クローン臓器、人工臓器)
- 精神面の生き甲斐(コミュニケーション支援、ペット代替、承認欲求を満たす AI・ロボット、介護の自立支援、AI・ロボットによる人の能力拡張)

■専門的な人材の不足

- 専門的な外部人材の活用(外部人材の把握〈スキルの把握・明確化:人材データベース、ネットワークの活用〉)、外部人材の登用〈難民受け入れ、外部人材の採用〉、外部人材の委託(業務環境面の整備、最適な委託先の選定:リモート環境、コワーキングスペースの整備)
- 専門的な内部人材の活用(教育による専門性習得〈専門的な学校教育の拡充、専門的な社会人教育の拡充〉、イノベーション人材の育成〈イノベーション人材の可視化、創出力の強化、マネジメント力の強化〉、専門性獲得の簡易化〈人間の基礎能力の向上、専門性のシェアリング〉)
- ブルーカラー業務の代替(生産ライン、運転業務、有人接客業務の自動化:ロボット、自動運転、音声アシスタント、受付ロボット)
- ホワイトカラー業務の代替(ルールベース、判断ベースの自動化:ロボティクス・プロセス・オートメーション、弱い AI/特化型 AI、強い AI/汎用型 AI)
- 現在の人材需給の可視化
- 将来的な必要な専門性の予測
- 専門性の類型化・標準化
- 専門知識の可視化

■大規模な非自発的移民の発生

- 難民受入に伴うメリットの最大化(国内人口の増加、文化的多様性の向上、心身面のサポート、行政・経済面のサポート)
- 難民受入に伴うデメリットの最小化(住民との衝突回避、社会への悪影響の抑制、犯罪防止、病原菌流入防止、不正入国の防止、申請書類準備の簡易化、審査の簡易化)
- 難民の分配・難民動向の管理(難民情報の統合・管理、難民発生の予測)
- 難民の分配・受入先の難民誘導(難民の最適な分配、専用地域での難民受入、過疎地への難民誘導)
- 移動の物理的な阻止
- 移動要因の排除(気候変動・自然災害の発生予測、居住可能地域の拡大、紛争・迫害の発生予測、貧困国による経済支援、グローバル生産拠点設立による雇用創出)

■制御不能な感染症の拡大

- 個人ベースの感染防止(感染後の治療〈医療インフラの拡充、医薬品開発、感染者の社

会復帰支援)、感染症前の予防(抗体、健康維持、感染しない身体づくり、良性の細菌による予防)

- 社会全体での感染防止(感染拡大防止(特定地域内、複数地域間、感染者/感染地域の社会的隔離、感染者のトレーサビリティ確保)、感染の早期発見(専門家による早期発見ー感染症診断、病原体特定の高度化ー、一般人による早期発見ー検査の簡易化、感染症に対する知識の獲得ー)
- 他の生物等から人への初期感染の防止(公衆衛生インフラの整備、動物の感染防止、動物との接触防止、感染症経路の特定、病原体保持の不能化、媒介生物への人体への接触防止)
- マクロレベルの感染拡大予測(人口動態データ、ソーシャルメディア、気象データ、過去の感染症データ等の活用、広域での感染拡大メカニズム)
- ミクロレベルの病原体変異予測(分子レベルの変異原理の特定、病原体の伝播経路の特定)

■都市インフラ利用の全体最適化

- 都市インフラ利用の最適化(エネルギーインフラ(電力・熱)、移動インフラ(人・モノ)、水インフラ(上下・下水)、情報通信インフラ(通信可能量・通信利用量)、公的サービスインフラ(常時・非常時)、住環境インフラ(住居・環境・食・娯楽))
- 都市インフラの維持(税収の安定化)
- 都市人口の抑制(都市と地方間のアクセス向上、経済性の均衡化)
- 地方人口の増加(地方の不便さの排除(アクセス性、仕事環境の向上、生活環境の維持)、地方の魅力向上(既存の魅力の再発見、新たな魅力の創出))

■公共インフラの老朽化

- インフラ機能の維持(維持管理方法の高度化、維持管理のためのノウハウ伝承、維持管理のための労働力確保)
- インフラ機能の集約化(必要量の削減(都市のコンパクト化、人材確保)、不要物の廃棄)
- インフラ機能の代替(水道、電力、情報通信、乗り物、道路等の代替インフラ)
- 新形態のインフラ維持管理(技術による省人化(ロボット、AI活用)、人材確保)
- 新形態のインフラの設計(人によるインフラ設計、AIによる自動設計)

■社会保障費の増大

- 税負担の増加
- 保険料の増加
- 年金給付の削減
- 医療給付の削減(医療従事者の人件費削減、医薬品費の削減、その他費用の削減)
- 介護給付の削減(介護従事者の人件費の削減)
- 子ども・子育て給付の削減

■資本主義の限界

- 更なる経済成長の追求(投資対象の拡大、投資余力の拡大)
- 持続可能な社会システムへの転換(個人レベルでの対応<最低限の所得確保、最低限の生活資源の確保>、社会レベルでの対応<最低限の生活インフラの確保、最低限の行政サービスの確保>)
- 持続可能性を軸とする社会システム
- 幸せを軸とする社会システム

■人為的な環境汚染・環境破壊

- 環境保護手段の確立(動植物の保護、生活環境の保護<汚染原因の排除、汚染影響の把握>)
- 環境保護のインセンティブ設計(経済的インセンティブ、社会的インセンティブ)
- 宇宙環境の保護(スペースデブリの除去)
- 地球上での環境創出(地上空間、地下空間)
- 地球外での環境創出(テラフォーミング、ロケット、宇宙エレベーター、宇宙ステーション)

■食糧不足


- 供給の増加(既存の食糧の供給増加<生産、流通>、食糧源の拡大<炭素系、炭素系以外>)
- 需要の削減(非食用需要削減、食用需要削減)
- 流通上の安全性の担保(トレーサビリティの担保、食糧加工での安全性の担保)
- 食品自体の安全性の担保
- 栄養が不要な身体づくり(人体のロボット化)
- 栄養の自給自足(腸内細菌による栄養供給、光合成による栄養生産)

③その他(政策への展開、参照情報先)

(関連記載はなし)

2-3-7 内閣府「ムーンショット型研究開発制度に係るビジョナリー会議」

(1) 予測の概要

内閣府「ムーンショット型研究開発制度に係るビジョナリー会議」	
概要	未来社会の姿から世界の課題と日本の「強み」を分析し、我が国が戦略的に挑戦すべき課題(チャレンジ)を特定し、それを達成するための目標(ミッション)に落とし込む。
対象年	2050年頃
手法	専門家パネル
体制	<p>▼専門家パネル(ビジョナリー会議)〈規範的未来〉</p> <p>ムーンショット型研究開発制度のムーンショット目標を検討するため、ビジョナリー会議を設置(4回会合+懇談会)※グラフィックレコーディングの導入</p> 

(2) 予測の特徴

内閣府では「ムーンショット型研究開発制度」の展開にあたり、ビジョナリー会議を設置し、未来社会の姿と顕在化する課題を捉える取組を実施している。潮流として、a)人口の爆発的増加(インド、アフリカ)及び急速な高齢化(中国、先進国)、b)急速な都市化、c)地球温暖化の進展、環境汚染の深刻化、d)AI等による科学技術の飛躍的進歩等を挙げた。これらのメガトレンドに対して、研究開発の目標設定として、我が国の国益や将来の産業競争力の確保、海外との価値観の共有とともに、テクノロジーが切り拓く未来の可能性等の視点から目指すべき目標/未来像を設定している。具体的には、i)急進的イノベーションで少子高齢化時代を切り拓く³⁶、ii)地球環境を回復させながら都市文明を発展させる³⁷、iii)サイエンスとテクノロジーでフロンティアを開拓する³⁸等を掲げている。

³⁶ 「少子化時代を切り拓く」では、目指すべき未来像として、誰もが夢を追求できる社会の実現(インクルージョン)、100歳まで健康不安なく、人生を楽しめる社会の実現(Well Aging)、完全無人化による産業革新等が掲げている。

³⁷ 「都市文明を発展させる」では、目指すべき未来像として、資源要求の劇的削減(現在の1/10の資源要求で生活水準が維持・向上できる技術・体制の実現)、資源完全循環の達成(環境中立な産業・生活サイクルの地球規模での実現、環境中立な食料需給サイクルの地球規模での実現)、環境中立な都市の実現(前述の環境中立な食料需給サイクル等に加え、インフラ・フリー&環境中立で最高水準の生活を実現)、自然との共存(生物多様性の維持創出)を掲げている。

³⁸ 「サイエンス・テクノロジーでフロンティアを開拓する」では、サイエンスの自動化(AI)、基本的生命過程の制御(バイオ)、脳・神経メカニズムの全解明(脳・神経系)、未踏空間の可視化(量子から地球まで)、宇宙への定常的進出(宇宙)、ミレニアム・チャレンジ

(3) 予測結果

①将来社会等の想定

ムーンショット目標設定の3つの領域(急進的イノベーションで少子高齢化時代を切り拓く/地球環境を回復させながら都市文明を発展させる/サイエンスとテクノロジーでフロンティアを開拓する)における目指すべき未来像は、下記の通りである。

■「急進的イノベーションで少子高齢化時代を切り拓く」

「急進的イノベーションで少子高齢化時代を切り拓く」における目指すべき未来像として、A)「誰もが夢を追及できる社会」の実現、B)「100歳まで健康不安なく、人生を楽しめる社会」の実現、C)完全無人化による産業革新を掲げた。これらの未来像の実現には、人間の能力拡張技術、人間の能力補完技術、無意識に健康を維持できる技術(Precision Healthcare)、Universal Medical Access 等の実現、世界に先駆けた完全無人・自動化産業モデルの創出が求められる。

■「地球環境を回復させながら都市文明を発展させる」

「地球環境を回復させながら都市文明を発展させる」における目指すべき未来像として、A)資源要求の劇的削減、B)資源の完全循環、C)環境中立的な都市の実現、D)自然との共存を掲げた。これらの未来像の実現には、現在の1/10の資源要求で、生活水準が維持・向上できる技術・体制の実現、環境中立的な産業・生活サイクルの地球規模での実現、環境中立的な食料需給サイクルの地球規模での実現、インフラ・フリー&環境中立で最高水準の生活を実現、生物多様性の維持・創出が求められる。

■「サイエンスとテクノロジーでフロンティアを開拓する」

「サイエンスとテクノロジーでフロンティアを開拓する」における目指すべき未来像として、A)サイエンスの自動化(AI)、B)基本的生命過程の制御技術(バイオ)、C)脳神経メカニズムの全解明(脳・神経系)、D)未踏空間の可視化(量子から地球まで)、E)宇宙への定常的進出(宇宙)、F)ミレニアム・チャレンジ(ビジョン公募枠)を掲げた。

②主要な科学技術・イノベーション等

領域別の目指すべき未来像を実現に向けた科学技術として、下記が挙げられている。

■「急進的イノベーションで少子高齢化時代を切り拓く」

- サイボーク化技術の実現(人間拡張技術):2050年まで
- 移動の完全ユビキタス化の実現:2040年まで
- ほぼ全ての行為と体験をアバター経由で実現:2040年まで

等を掲げた。

- 高齢者の QOL を劇的に改善:2035 年まで
- 予防措置・ウェルネスが主流となる生活の実現:2040 年まで
- 「どこでも医療アクセス」実現:2040 年まで
- 農林水産業の完全自動化を実現:2040 年まで
- 建設工事の完全無人化を実現:2040 年まで

■「地球環境を回復させながら都市文明を発展させる」

- 現在の 1/100 の資源ロスで現在の生活水準が維持可能な工業生産・利用の実現:2050 年まで
- 単位計算量当たりエネルギー消費を 1/1000 に:2040 年まで
- 持続可能なエネルギー独立の達成:2060 年まで
- 完全資源・物質循環の達成:2050 年まで
- フード・ロスをなくし、全ての人々に必要な食料を効率的に届ける:2050 年まで
- 地球上からの「ゴミ」の廃絶:2050 年まで
- 環境中立で最高水準の生活を可能とする大都市の実現:2050 年まで
- 生物多様性を増大させる農業を地球規模で実現:2050 年まで
- テラ・フォーミング技術を確立:2050 年まで

■「サイエンスとテクノロジーでフロンティアを開拓する」

- ノーベル賞級の発見を自律的に行う AI&ロボットシステムの開発:2050 年まで
- 生命現象をデジタルモデル化し、その制御を実現:2050 年まで
- 人工冬眠技術を確立:2050 年まで
- 全神経回路網とその関連組織を完全デジタルコピー／モデル化:2050 年まで
- 汎用型量子コンピュータネットワークを実現:2050 年まで
- 海洋・地下を網羅的・高精度に測定し可視化・監視:2050 年まで
- 太陽系内全天体等の定常的観測網とサンプルリターン体制の構築による宇宙状況監視の実現:2050 年まで
- 宇宙空間で稼働する高機能・多自由度ロボット・人工衛星群の開発:2035 年まで

2-3-8 経済産業省「2050 経済社会部会検討」

(1) 予測の概要

経済産業省「2050 経済社会部会」	
概要	2050 年にかけて、第 4 次産業革命をはじめ、人生 100 年時代の到来、現役世代の急激な減少等の大きな構造変化に直面することから、経済社会の持続可能性を確保するため、民間活力の活用、個人の努力の応援等の経済社会システム改革の重要性から検討を開始した(産業構造審議会・2050 経済社会構造部会での検討)。検討資料は、『人生 100 年時代に対応した「明るい社会保障改革」の方向性』、『第四次産業革命に向けた産業構造の課題と方向性』の二つで構成される。
対象年	2050 年頃
手法	専門家パネル
体制	<p>▼専門家パネル【産業構造審議会に設置】</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 2050 経済社会部会は、全 6 回開催(2019 年 5 月にとりまとめ) <ul style="list-style-type: none"> ※ 第 1 回から第 4 回一部まで、「明るい社会保障改革」に係る議論を行い、「産業構造の課題と方向性」は第 4 回一部から第 5 回にかけて議論を行った。 ※ 各回検討結果は、未来投資会議にインプットした。 <ul style="list-style-type: none"> *第 1 回検討会(☞第 19 回未来投資会議:成長戦略の方向性案) *第 2 回検討会(☞第 20 回未来投資会議:高齢者雇用促進、疾病・介護) <ul style="list-style-type: none"> (☞第 22 回未来投資会議:経済政策の方向性・中間整理) *第 4 回検討会(☞第 25 回未来投資会議:全世代型社会保障における疾病・介護の予防・健康インセンティブ) ● 各回、複数委員から資料提供

(2) 予測の特徴

経済産業省では、今後、2050 年頃にかけて、我が国では①現役世代の急減、②人生 100 年時代の到来、③単身世帯の増加など家族構成の変化、④地方の人口減少・高齢化の加速、⑤社会保障支出の増大など、大きな構造変化に直面する。これらの構造変化の中で、次世代に持続可能な経済社会を残すには、人生 100 年時代に合わせて国民や企業の行動を変えることで、全ての世代がエイジフリーで活躍できる健康長寿・生涯現役社会を実現する必要がある。こうした問題意識の下、産業構造審議会に「2050 経済社会構造部会」を設置し、2050 年頃までの構造変化を踏まえ、持続可能な経済社会を作るための将来像と政策課題を整理した。

本検討では、i)2050 年頃までの経済社会の構造変化、ii)持続可能な経済社会に向けた政策課題(現役世代・子育て世代の安心確保、人生 100 年時代に対応した生涯現役社会の実現)等を議論した。

(3) 予測結果

①将来社会等の想定

【2050年の我が国を取り巻く環境】

2050年頃の我が国の環境として、人口面では現役世代(生産年齢人口)が約2400万人減少し、健康面では平均寿命が4歳程度延伸し、100歳以上高齢者が50万人を超える。居住環境は、単身世帯が2040年には39%まで拡大し、市町村人口は2015年比で7割以上の自治体で2割以上減少すると見込まれている³⁹。

表 13 2050年の我が国を取り巻く環境(将来推計)

現役世代(生産年齢)	約7700万人(2015年) → 約5300万人(2050年)
平均寿命	男性の平均寿命: 80.75年(2015年)→84.02年(2050年) 助成の平均寿命: 86.98年(2015年)→90.40年(2050年) 100歳以上人口: 6.2万人(2015年)→53.2万人(2050年) 高齢化率: 26.6%(2015年)→37.7%(2050年)
単身世帯の割合	34.5%(2018年) → 39.3%(2040年)
市町村人口	*7割以上の市町村で人口が2割以上減少 *3割程度の市町村で65歳
社会保障支出 (年齢関係支出: 対GDP比)	21.5%(2018年) → 26.5~27.3%(2060年)

【人生100年時代に対応した「明るい社会保障改革」の方向性】

2050年にかけて、人生100年時代の到来や現役世代の急激な減少等、大きな構造変化に直面する中で、経済社会の持続可能性を担保するには、経済社会システム全般の改革が必要とした。今後は、全ての国民が年齢にかかわらず、健康に活躍できる国づくりを進める必要があるとし、人生100年時代に相応しい多様で柔軟な働き方の拡大と、全世代型社会保障への改革を必要とした。

表 14 将来社会を見通した目標等

予防・健康づくりによる「明るい社会保障改革」	高齢者就労の促進と多様で柔軟な労働市場の整備
A) 個人の健康を改善することで、個人のQOLを向上し、将来不安を解消する	働く意欲がある高齢者が能力を十分発揮できるよう、活躍の場を整備することが求められる。 意欲や能力に応じて、長期的に働くことができる雇用制度に転換するため、現役時代から
B) 健康寿命を延ばし、健康に働く方を増やすことで社会保障の「担い手」を増やす	
C) 高齢者が重要な地域社会の基盤を支え、	

³⁹ 第1回産業構造審議会 2050 経済社会部会(資料2)「2050 経済社会構造部会について」

<p>健康格差の拡大を防止する</p> <p>上記に加え、生活習慣の改善・早期予防や介護・認知症の予防を通じて、生活習慣病関連の医療需要や伸びゆく介護需要の適正化が図られれば、社会保障制度の持続可能性にもつながり得るとした。</p>	<p>多様な働き方を進める必要がある(新卒一括採用の見直し、中途採用の促進、評価・報酬制度の見直し等)</p> <ul style="list-style-type: none"> • 70歳までの就労機会の確保 • 多様で柔軟な働き方の拡大 • 多様で柔軟な働き方に対応した年金制度の見直し
--	---

【第四次産業革命に向けた産業構造の課題と方向性】

AI、IoT、ロボット、ビッグデータ、分散台帳技術(ブロックチェーン)など、第4次産業革命のデジタル技術とデータの活用は、19世紀から20世紀にかけて進んだ電力化や、20世紀末に進んだIT化と同じく、全ての産業に幅広い影響を及ぼす、汎用技術(General Purpose Technology:GPT)としての性格を有する。

第4次産業革命に合わせて「組織」と「人」の変革を進められるかどうか、労働生産性上昇の実現に関わるため、企業による未来への投資・イノベーションが重要と位置づけた。

表 15 第4次産業革命に向けた「組織」、「人」の変革可能性

<p>「組織」の変革</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 企業による未来への投資・イノベーションの重要性 ● 資金・人材面で豊富な資源を有する既存企業・大企業の役割も重要 ● ベンチャー企業の出口がIPOから事業会社への売却へ移行 ● 大企業とベンチャー企業の連携、既存企業のベンチャー企業の買収、競合既存企業同士の協調 ● 企業年齢(企業の加齢)に伴う利益率の低下(日本企業) ● 企業本体から独立した出島の活用
<p>「人」の変革</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 人的資本への投資の加速 ● 第4次産業革命によりもたらされる分散化・パーソナル化の力に合わせて、多様で柔軟な働き方、企業組織・文化を広げる必要性 ● 多様で柔軟な働き方の拡大(雇用の複線化) ● スキルや経験の獲得を通じ、本業へのフィードバックや別の選択肢の準備・移行 ● ギグエコノミー等の新しい就業形態の増加 ● 基礎的素養への賃金プレミアムが上昇(リベラルアーツ、AI・数学等の強化が不可欠) ● リカレント教育環境の整備

②主要な科学技術・イノベーション等

(関連記載はなし)

③その他（政策への展開、参照情報先）

2050 経済社会部会は、全 6 回開催され、各回の検討結果は未来投資会議にインプットした。

第 1 回検討会では、2050 年までの経済社会の構造変化と政策課題を検討し、検討結果は第 19 回未来投資会議にて「成長戦略の方向性(案)」の検討にインプットされた。また、第 2 回検討会では「健康寿命の延伸に向けた予防・健康インセンティブの強化」と「生涯現役社会に向けた雇用制度改革」を議論し、第 20 回未来投資会議では高齢者雇用促進、疾病・介護を、第 22 回未来投資会議では、経済政策の方向性・中間整理を図った。第 4 回検討会では、疾病・介護予防に関する政策提案、労働市場の構造変化と課題を議論し、第 25 回未来投資会議(全世代型社会保障における疾病・介護の予防・健康インセンティブ)にて検討結果を示した。

2-3-9 内閣官房「まち・ひと・しごと創生」

(1) 予測の概要

内閣官房「まち・ひと・しごと創生」	
概要	2014年12月に「まち・ひと・しごと創生長期ビジョン」と「まち・ひと・しごと創生総合戦略」が閣議決定された。同ビジョンでは、国の長期ビジョンとして2060年に1億人程度の人口を確保する中長期展望を提示し、2015年から2019年までの5カ年の政策目標・施策を策定した。併せて、地方人口ビジョンとして、各地域の人口動向、将来人口推計の分析、中長期の将来展望を提示し、地方版総合戦略を策定した。長期ビジョンとして、人口減少問題の克服(人口減少の歯止め、東京一極集中の是正)、成長力の確保を掲げた。2019年度に長期ビジョン(改訂版)を策定し、2060年の総人口が約9300万人まで減少するとした人口推計に基づき、2060年は約1億人の人口を確保。長期的にも約9000万人で概ね安定的に推移することを想定し、地方創生の目指すべき将来(活力ある地域社会の実現、東京圏への一極集中の是正)を設定した。
対象年	—
手法	専門家パネル
体制	まち・ひと・しごと創生本部(事務局長:官房副長官) まち・ひと・しごと創生会議(議長:総理大臣)※12名の民間有識者が含まれる。 まち・ひと・しごと創生本部幹事会(議長:地方創生担当大臣) ※まち・ひと・しごと創生会議は、2014年9月に第1回を開催以降、直近の開催回は第21回会議(2019年12月19日開催)である。第21回会議では、長期ビジョン(令和元年改訂版)を検討した。

(2) 予測の特徴

我が国では、人口急減・超高齢化に直面し、政府一体となって取組、各地域がそれぞれの特徴を活かした自律的で持続的な社会を創生するため、「まち・ひと・しごと」に係る長期ビジョン、総合戦略、基本方針等を作成している。

「まち・ひと・しごと創生総合戦略」では、地方創生の目指すべき将来として、『将来にわたって「活力ある地域社会」の実現』と、『「東京圏への一極集中」の是正』を共に目指すことを掲げている。

(3) 予測結果

① 将来社会等の想定

目指すべき将来として、i)人口減少を和らげる(結婚・出産・子育ての希望をかなえる、魅力を育み・ひとが集う)、ii)地域の外から稼ぐ力を高めるとともに地域内経済循環を実現する、iii)人口減少に適応した地域をつくる、iv)東京圏への一極集中の是正を掲げた。

総合戦略では、基本目標として、a)稼ぐ地域をつくるとともに安心して働けるようにする、b)地方とのつながりを築き、地方への新しいひとの流れをつくる、c)結婚・出産・子育ての希望をかなえる、d)ひとが集う、安心して暮らすことができる魅力的な地域をつくるを掲げ、横断

的な目標として「多様な人材の活躍を推進する」、「新しい時代の流れを力にする」を掲げている。

②主要な科学技術・イノベーション等

(関連記載はなし)

③その他（政策への展開、参照情報先）

長期ビジョンに基づき、第2期「まち・ひと・しごと創生総合戦略」にて、基本目標の設定。

2-3-10 経済産業省「不安な個人、立ちすくむ国家」

(1) 予測の概要

経産省「不安な個人、立ちすくむ国家」	
概要	国内外の社会構造の変化を把握するとともに、中長期的な政策の軸となる考え方を検討し、世の中に広く問いかける。
対象年	(2035年頃)
手法	専門家パネル
体制	<p>国内外の有識者を対象としたヒアリング調査の実施及び文献調査を実施。東京大学、有識者の2つの定期的な意見交換会を設定し、中長期的な政策軸となる考え方を検討。</p> <p>【東京大学との意見交換】</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 参加者属性: 総長、先端科学技術研究センター、総合文化研究科、情報理工学研究所、人文社会系研究科、工学系研究科、邦楽政治学研究所、政策ビジョン研究科、東洋文化研究所、生産技術研究所等の研究者(計13名) <p>【有識者との意見交換】</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 座長: 松岡正剛(株式会社編集工学研究所 取締役所長) ● メンバー: 安西祐一郎(日本学術振興会理事長)、井庭崇(慶應義塾大学准教授)、大澤真幸(元京都大学教授)、鈴木健(スマートニュース CEO)、須藤憲司(Kaizen Platform Inc. CEO)、田中優子(法政大学総長)、ドミニク・チェン(早稲田大学准教授)、内藤廣(建築家/東京大学名誉教授)、中島敬介(奈良県立大学ユーラシア研究センター長)、中村正敏(NHK 労働組合委員長/イシス編集学校教師)、渡辺靖(慶應義塾大学教授)(計12名)

(2) 予測の特徴

国内外の社会構造の変化を把握するとともに、中長期的な政策の軸となる考え方を検討し、世の中に広く問いかけることを目的に将来社会の洞察を行った。検討メンバーは、2016年8月に経済産業省内で、「次官・若手プロジェクト」の参画者を公募し、20代から30代の若手職員(30名)で検討チームを構成した。検討にあたっては、国内外の有識者ヒアリング、文献調査に加え、東京大学との意見交換会(13名)と有識者との意見交換会(12名)を定期的実施した。

「国家」の今後のあり方を議論するにあたり、グローバル・メガトレンドとして、国際政治面では新興国台頭、ナショナリズム、地政学変化、国家破綻を、経済面では先進国低成長、新興国鈍化、超国家企業、Sustainability を、民族・文化・宗教面では原理主義台頭、伝統的価値観 vs リベラルを、技術面では第4次産業革命、シンギュラリティ、キラー技術独占等を世界の大きな潮流変化として捉えた。また、社会面では個人の価値観の変化・多様化、少子高齢化・人口構成の変化、格差の拡大・固定化、情報化社会を変化要因と捉え、これら社会面に着目し、i) 液状化する社会と不安な個人(秩序ある自由)、ii) 政府は個人の人生の選択を支えられているか、iii) 我々はどうすればよいかを示した。

(3) 予測結果

①将来社会等の想定

「国家」の今後の在り方を議論する上で捉えるべき、世界の潮流変化(グローバル・メガトレンド)として、「国際政治」、「経済」、「民族・文化・宗教」、「技術」、「社会」を取り上げた。

「国際政治」では、新興国台頭、ナショナリズム、地政学変化、国家破綻と難民を、「経済」では、先進国における低成長の長期化、新興国の成長鈍化、超国家企業による情報独占、サステナビリティ(食糧・エネルギー・生態系等)等の変化要因を取り上げた。

また、「民族・文化・宗教」では、原理主義の台頭、伝統的価値観 vs リベラルな価値観を、「技術」では、第4次産業革命・シンギュラリティ・バイオ、特定企業によるキラー技術の独占、サイバーセキュリティの重要度の高まりを取り上げた。

「社会」においては、個人の価値観の変化・多様化、少子高齢化・人口構成の変化、格差の拡大・固定化、情報化社会を変化要因とし、これらを踏まえ、i) 液状化する社会と不安な個人(秩序ある自由)、ii) 政府は個人の人生の選択を支えられているか、iii) 我々はどうすればよいかに着目し、将来の社会の姿を検討した。

液状化する社会では、組織中心社会(権威が規律)と、個人中心社会(個人の決断やリスクテイクに依存する部分の増大)がある中で、個人が安心して思い切った選択ができる「秩序ある自由」が社会の進化形態であるが、現在は「権威への回帰?」の分岐点にあると位置づけた。背景には、原理主義、ナショナリズム、保護主義等による影響を反映したものである。

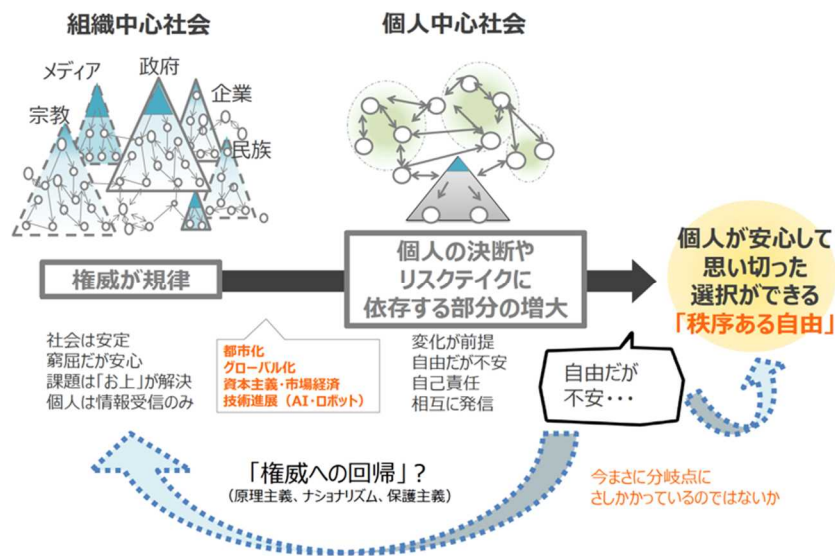


図 12 将来社会の想定 (液状化する社会)

出典:経済産業省(2018)「不安な個人、立ちすくむ国家」

②主要な科学技術・イノベーション等

本予測では、科学技術・イノベーションとして、世界の大きな潮流変化として、第4次産業革命、シンギュラリティ、バイオ、特定企業によるキラー技術の独占、サイバーセキュリティの重要度の高まりを変化要因として捉えた。

③その他（政策への展開、参照情報先）

（関連記載はなし）

2-3-10 国土交通省・政策ベンチャー2030「日本を進化させる生存戦略」

(1) 予測の概要

国土交通省・政策ベンチャー2030「日本を進化させる生存戦略」	
概要	2030年頃に国土交通省の中核を担うことになる世代(30代中堅・若手職員)が中心に、2030年頃のあるべき日本社会の姿を構想し、具体的な政策提言をとりまとめるプロジェクト。
対象年	2030年頃
手法	ワークショップ(本省メンバー、地方メンバー)、有識者ヒアリング(170名超)、オープンディスカッション(REG/SUMに参加)、SNS活用型オープン討議
体制	本省メンバー(30歳代の若手職員、公募により選定) <ul style="list-style-type: none"> ・ 34名(男性(28名)、女性(6名)) ・ 局別構成(括弧内人数):大臣官房(2)、官庁営繕部(1)、総合政策局(5)、国土政策局(1)、土地・建設産業局(2)、都市局(2)、水管理・国土保全局(4)、道路局(1)、住宅局(1)、鉄道局(1)、自動車局(2)、海事局(2)、港湾局(1)、航空局(2)、北海道局(1)、国土交通政策研究所(1)、観光庁(1)、気象庁(1)、海上保安庁(3) 地方支分部局メンバー(30歳代の職員から100名程度、公募により選定) <ul style="list-style-type: none"> ・ 各地域の外部有識者との意見交換、地域の実情を踏まえた議論への参画。 ・ 103名

(2) 予測の特徴

未来の兆しを掴み、社会と徹底的に対話する、2030年に中核を担う世代の政策立案プロジェクトとして、「国土交通省政策ベンチャー2030」を発足した。2030年頃のあるべき日本社会の姿を構想し、具体的な政策提言をとりまとめるプロジェクト(理想像から遡った具体策を提示)である。

検討メンバーは、2030年頃に国土交通省の中核を担うことになる世代(30代中堅・若手職員)が中心に、国土交通省本省職員(20～30名程度を公募により選定)、地方支分部局(100名程度を公募により選定)からなる。本省プロジェクトメンバーは、男性28名、女性6名の34名からなる。

検討プロセスは、フェーズ1(2017年10月～2018年1月)として「2030年頃のあるべき日本社会の姿を構想し、その実現に向けた政策ニーズを探り出し、テーマごとに整理する。フェーズ2(2018年2月～6月)ではテーマごとにプロジェクトチームを設定し、目指すべき未来に向けた対応策(国土交通省として今後長期的に取り組むべき「大胆な具体策」)を提示した。検討にあたっては、本省メンバー、地方メンバーによるワークショップ、有識者ヒアリング(170名超)、シンポジウムの公開討議への参加、有識者ヒアリングを踏まえた中間報告に対する地方メンバーの意見表明等を行っている。また、フェイスブックページを立ち上げ、活動情報を2日に1記事以上のペースで発信し、記事の閲覧数は15万回に上った。

(3) 予測結果

①将来社会等の想定

「日本を進化させる生存戦略～都市も、地方も、個人も、組織も課題を直視し、挑戦を続け、失敗から学び進化・適用する社会へ～」(とりまとめ報告)では、第1章の未来シナリオとして i) 人口減少と正面から向き合う、ii) リスク社会を生き抜く、iii) 技術革新を手段として社会構造を適応・進化させる、iv) 多様な個人の生き方を支え、社会を活かす、v) 行政を変える等を示し、第2章でアクションプランを提示した。以下、「未来シナリオ」の内容を示す。

【人口減少と正面から向き合う】

①	「消耗戦による衰退」から「戦略的撤退へ」	地域活性化等の名の下に経営見通しが甘いインフラ・事業投資や非効率な公共サービス、規制なき人口増加施策、近接都市による単独かつ各々の観光誘致等が多く、消耗戦を繰り広げている状況。「撤退」手段を用いて、戦略性を持って機能集約を進め、インフラ投資を今以上にメリハリを効かせていくことをかんがえなければならない。
②	「国際観光による外国人との交流促進」から「定住外国人増加への備え」	定住を希望する外国人も増え続けている。定住外国人が増加し続けたときに政府、日本社会としてどのような備えが必要か本格的に検討しなければならない。

【リスク社会を生き抜く】

③	「“絶対安全”信仰」から「脱“絶対安全”」へ	近年の様々な災害により、絶対安全・ゼロリスクが難しいという認識は徐々に広まりつつある。一方で、自動運転、ドローン等の技術の進展により異なるタイプのリスクも出てきている。想定しきれないリスクやゼロにすることができない(ゼロにするにはコストがあまりに見合わない)リスクとどう付き合っていくか、政策決定者から市民まで幅広い立場の人々がそれぞれに向き合い、考えていく時代になる。
---	------------------------	---

【技術革新を手段として社会構造を適応・進化させる】

④	「デジタルな孤立」から「デジタルによる連帯」へ	先進技術を「人の意思のもと、使いこなす」ことで、もう一度「人間らしさ」、「人と人の直接的なふれあい、にぎわい」を取り戻し、「外出したくなる社会」を目指していくべき。
⑤	「(不完全な)見えざる手」から「技術による全体最適」へ	市場は、現実の経済において、学問で理想化されているほどうまく機能していない。一方で、AI、スマートフォン、GPS等の近年の科学技術の進展を踏まえると、精緻なプライシングや中央制御による財・サービスの配分計画を補完的に用いることにより、社会の全体最適に近づくことのできる余地が急激に拡大している。国土交通省が一定程度、市場のコントロールを担っている分野において、市場のパフォーマンスを上げていく政策が求められる。

【多様な個人の生き方を支え、社会を活かす】

⑥	「組織における肩書」	個人の信用がプラットフォーム上で可視化される機会がますます
---	------------	-------------------------------

	き」から「個人としての信用」へ	増えていく中で、今後は個人の資源を、組織を経由せずとも他者に直接提供できる社会に変わっていく。個人同士の資源のやりとりに、国も一主体として参加し、個人の遊休資産や余剰時間を葛生する仕組みが考えられる。
--	-----------------	--

【行政を変える】

⑦	「後追いの政策」から「アジャイル開発する政策」へ	行政は失敗、不完全を恐れ、PDCA サイクルの Plan にこだわる余り、Do(実行)が進まず、PDCA が回り出していない。Do から始める DCAP サイクルを業務プロセスとして仕組み化することで、世の中の変化に対応できる行政にしていけないといけない。
---	--------------------------	--

②主要な科学技術・イノベーション等

後述するアクションプランで示された施策のうち、科学技術・イノベーションに係るものは下記の通りである。

〈科学技術例〉

- 地形、気象、水循環、交通流動等の国土情報、インフラの老朽化、災害リスク情報、公共サービスに係る経済データ等、インフラに係る各種データの政策決定への有効活用（データのオープン化を含む）
- 完全自動運転車及び交通状況シミュレーション
- 「空飛ぶクルマ」、ドローン物流、立体交通拠点プラットフォーム(CTSPT)
- ロボタクシー
- X-Prize 型技術開発によるインフラ維持管理の完全自動化

③その他（政策への展開、参照情報先）

「未来シナリオ」を踏まえ、各分野の識者と意見交換(1000 人行脚)を通じて、アクションプラン(具体的な政策)を検討した。以下、具体的な解決手段として示された項目である。

〈たまっていた「宿題」を片付ける〉

- 戦略的な撤退による地方行政経営の健全化
- 定住外国人の日本社会への包摂のための受入環境整備

〈これからの未来を「先取り」する〉

- 都市交通ビッグバンへの対応
- 新技術のポテンシャルを最大限に発揮(X-Prize 型技術開発)
- 世界と戦える「質の高い集積」の形成
- 公共と個のファジー化

〈「変わり続ける力」を身につける〉

- 挑戦の成功を盲信せず、謙虚に「学習」(アジャイル文化、組織)

2-3-11 農林水産省「この国の食と私たちの仕事の未来地図」

(1) 予測の概要

農水省「この国の食と私たちの仕事の未来地図」	
概要	農林水産行政に漠然と閉塞感や危機感を感じる若手有志職員で Team414 を結成。
対象年	—
手法	意見交換
体制	農林水産省若手職員 有識者ヒアリング

(2) 予測の特徴

農林水産行政では、現在起きている事象への対処（農業就業人口の高齢化、食料自給率、農林水産物・食品の輸出額、耕作放棄地問題等）が中心となり、「食の未来像」を描いていない。このため、2017年10月に農林水産行政に漠然と閉塞感や危機感を感じる若手有志職員を中心に Team414 を結成し、約6か月間にわたり、100名を超える有識者に協力いただき、「食の未来」についての意見交換を実施した。

創りたい未来として、「食」（食料やエネルギーの確保、残る“おばあちゃん”の味、安心できる食卓の場）、「稼」（食産業で地域活性化、世界中で月に1度は日本食、世界の介護食・病院食・健康食品を席卷、日本の食関連企業の世界シェア上位10社に3社以上）、「誇」（宇宙で農業、日本食の価値の再評価、国際社会の食のルールメーカーの日本、持続可能な農業）等を掲げた。本検討では、事例調査、有識者との意見交換を踏まえ、「食の未来」を考える上でヒントとなりそうな世界の変化、その解釈をとりまとめた。

表 16 本報告の構成

課題認識	農業就業人口の平均年齢、世間の潮流、技術革新
事実認識	植物工場の先、ランドラッシュ、フードチェーン、投資
分析・解釈	Industry 4.0 化、デジタル×アナログ
アクション設定	社会変化等のインパクト把握、デザイン思考

(3) 予測結果

① 将来社会等の想定

未来の「食」を描くために今“持ちたい視点”について、情報を軸としたプラットフォームとして、i) 国境を越えたオンデマンド生産の予兆、ii) ブロックチェーン・トレサを契機に食品流通を握る主導権争いが勃発を、消費者“起点”のビジネス戦略として、iii) 3D フードプリンターにより食品加工の個人化、iv) 細胞培養肉による畜産業の変革（資源・倫理的制約を乗り越え）、v) スマート家電による個人ニーズの可視化・流通機能の一部代替を挙げた。また、情報を軸としたプラットフォームと消費者“起点”ビジネス戦略の両方にまたがるものとして、vi) 食料品分野

のロボティクス導入による労働市場への大変革、vii)「おいしい」や「健康」データにより多様な消費者ニーズに対応、viii)大手 EC のリアル店舗への参入を挙げた。これらは、従来の自前主義ではなく、オープン・クローズで推進される姿を示した。



図 13 未来の「食」を描くために今“持ちたい”視点
出典：農林水産省「この国の食と私たちの仕事の未来地図 Ver. 1.0」

②主要な科学技術・イノベーション等

未来の科学技術・イノベーションとして下記を挙げた。

- AgTECH(メガ植物工場の登場)
- Seamless Food Supply System(世界中のステークホルダーがシームレス、オンデマンドで食品と価値を伝達)
- 3D Food Printer(食事を“転送”するサービスの登場)
- BioTECH(細胞農業工場の登場)
- Food Service Robotics(ロボット厨房の登場)
- Food and Health BigDATA(食生活と健康データベースの登場)

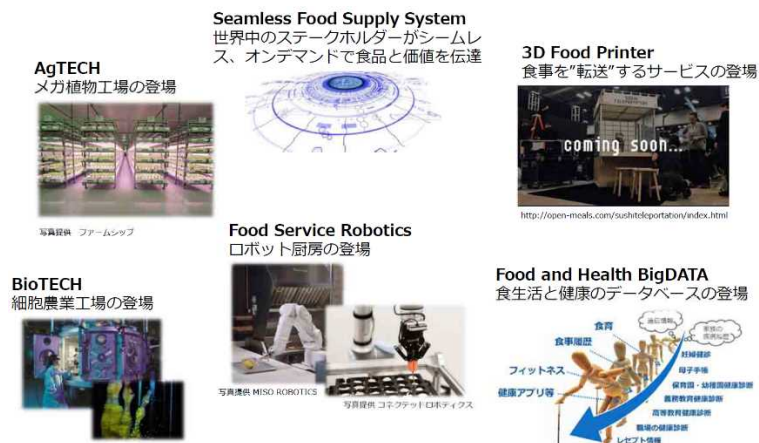


図 14 未来を予感させる「私たちの研究テーマ」

③その他（政策への展開、参照情報先）

付録にて、期待できる政策効果例や官民で議論すべき論点を提示した。

- A) 食品加工のパーソナライズ(調理概念を変える「フードプリンター」で食をパーソナルに)
【政策効果例】
- 場所や時、形状を選ばない生産技術の実現による食の省力化・生産性向上
 - 個人の身体状態に応じた食の提供による医療費削減や健康寿命伸長への貢献
 - 食文化伝承等の旧来価値の保存及び新技術の導入による食文化の新たな展開の支援
- B) 培養食料による資源制約の超克(「培養食料」で世界の資源制約を救い、未来の農業の礎に。)
【政策効果例】
- 食肉生産に要する飼料や土地、水等のインプット供給制約から解放されることで生産性及び食料自給率の向上
 - 動物を殺さない食肉生産の実現
 - 家畜飼育に伴う糞尿処理やCO₂等の環境負担の軽減
- C) フードサイエンスによるヘルスケア(食生活指導をパーソナライズし、膨大な医療費を削減する。)
【政策効果例】
- 日本の生活習慣病等に係る医療費削減(平成26年度医療助成:慢性腎臓病等:約1.5兆円、糖尿病:約1.2兆円)
 - 世界中で課題となっている肥満や生活習慣病予防等へのソリューション提示
 - 日本型食生活の健康効果に関する科学的エビデンス収集
- D) 料理人とロボットの共生(世界で8億人の職を奪うロボット産業に先手を打ち、数兆円産業のプラットフォームを握る)
【政策効果例】(記載なし)
- E) 「食」体験デジタル・プラットフォーム(世界や将来世代に日本の最強コンテンツである「食」を時空を超えて体験してもらうプラットフォームを築く。)
【政策効果例】(記載なし)
- F) 食産業を支える土台作り(食料確保のための官民連携のプラットフォームを作成、機能させる。)
【政策効果例】(記載なし)
- G) 不正流出防止新スキーム(知的財産情報×ブロックチェーンで、種苗の不正流出を防止)
【政策効果例】(記載なし)

2-3-12 欧州委員会「BOHEMIA」

(1) 予測の概要

欧州委員会「BOHEMIA」	
概要	Horizon Europe の準備のための調査。2017 年 6 月に SDGs と欧州連合の役割、2017 年 12 月にデルファイ法に基づく、科学技術・経済・社会イノベーションシステムの動向調査、2018 年の最終報告書では、新興分野、リスクと機会、新たな方法の刺激等を議論。
発行年	2018 年
対象年	2040 年頃
手法	デルファイ、シナリオ
体制	<p>▼デルファイ調査 科学技術分野は、農業・フード、エネルギー、環境、健康、情報コミュニケーション・脳・メディア、製造、ロボティクス・自動化、輸送・モビリティ、セキュリティからなる。147 ステートメントについて研究イノベの重要性評価。</p> <p>▼テーマ別シナリオ 生活支援／バイオエコノミー／安価な再生可能エネルギー／継続的なサイバー戦争／ユビキタスエキスパートシステム／伝染病の撃破／知性オンライン／臓器の置換／セキュリティ制御／低炭素エコノミー／材料資源の効率性／一体型製造／自然／精密医学／持続可能なモビリティ／多様な食料供給システム／知識システム等。</p>

(2) 予測の特徴

Horizon Europe の策定に向けた予測調査である。BOHEMIA では、研究イノベーションの観点から、2017 年 6 月に SDGs と欧州連合の役割に関するレポートを、2017 年 12 月にデルファイ法に基づく科学技術、経済、社会イノベーションシステムの動向調査を、2018 年の最終報告書として、「Transitions on the Horizon」を取りまとめた。同報告では、新興分野、リスクと機会、重要なトランジションを取りまとめた。

同報告では、i) EU の研究イノベーション政策の変革(Transformativ change)、ii) 将来の欧州人が望む“共同で形成する経済・社会”の政策軸(a:イノベーション、b:ガバナンス、c:社会的ニーズ、d:生物圏)の設定、iii) 科学的好奇心に欠ける分野、iv) 政策実験の重要性(社会的課題の完全な理解してからでは手遅れの課題)、v) 政策連携の必要性、vi) イノベーションの需要と供給における相互作用に着目、vii) 研究への市民の関与をリコメンデーションした。各政策軸には、関連する未来シナリオ(『イノベーション』では、「知識システム」、「一体型製造」、「知性オンライン」等)を作成している。

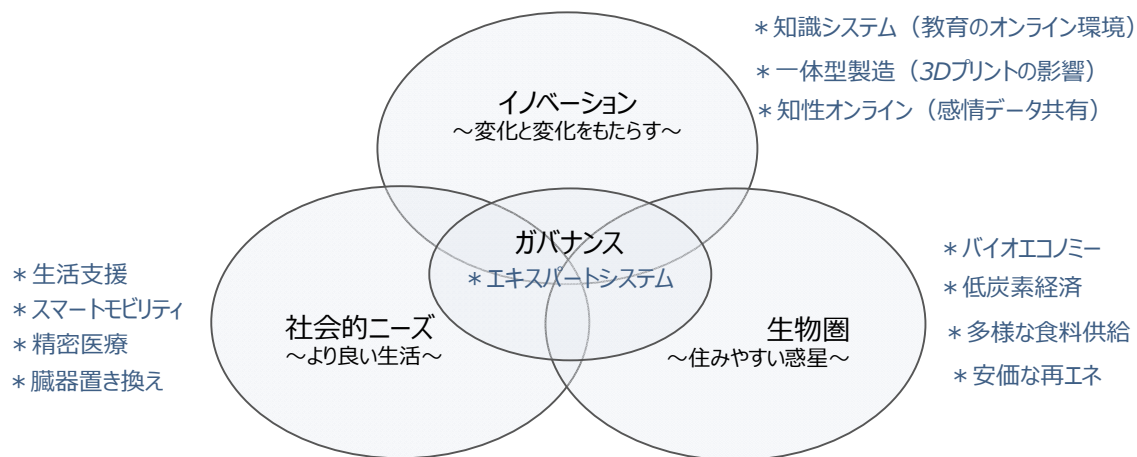


図 15 「Transitions on the Horizon」の政策軸と未来シナリオ

出典:EC(2018)“Transitions on the Horizon: Perspectives for the European Union’s future research and innovation policies, Final report from project BOHEMIA Beyond the horizon: Foresight in support of the EU’s future research and innovation policy を元に未来工学研究所作成.

(3) 予測結果

① 将来社会等の想定

BOHEMIA プロジェクトでは、19 のテーマ別シナリオレポートを策定している。テーマ別シナリオは、「生活支援」、「バイオエコノミー」、「安価な再生可能エネルギー」、「継続的なサイバー戦争」、「ユビキタスエキスパートシステム」、「伝染病の撃破」、「知性オンライン」、「臓器の置換」、「セキュリティ制御」、「低炭素エコノミー」、「材料資源の効率性」、「一体型製造」、「自然」、「精密医学」、「持続可能なモビリティ」、「多様な食料供給システム」、「知識システム」等からなる。

テーマ別シナリオは、デルファイ調査で取り上げたステートメントについて、技術が実現する場合の社会の様相と、関連する研究イノベーション政策を提示し、i) テーマ全体のシナリオ、ii) 欧州との関係、iii) SDGs への寄与等で構成している。

表 17 BOHEMIA シナリオの概要

シナリオテーマ	キーワード	
生活支援 ⁴⁰	遠隔医療、健康データの測定、電子健康ソリューション、支援技術とその応用影響に関する研究	<p>2040年までに、高齢者、特に認知症（認知症、アルツハイマー病）に苦しむ人々の自律的な生活を促進する医療サービスの市場は、2016年から3倍以上に拡大している。デジタルヘルパーは一般化し、小型ロボットコンパニオン（ソーシャルロボットと緊急ヘルパー）は、手頃な価格で利用できる。デイ管理アバター、掃除ロボット、自動調理機は、国内の日常生活活動をサポートし、生活空間の構造およびインテリアデザインに適合している。</p> <p>患者のデバイス上の医療アプリは、緊急の場合、たとえば身体的または精神的状態に突然の変化（うつ病など）がある場合に、医師や介護職員に警告する。言語と行動パターンの認識により、早期の警告と診断ができるようサポートされているため、効果的な治療を開始でき、かつ患者はケア体制でやる気を維持することができる。過去30年間に、バーチャルエンターテインメント、脳のトレーニング、バーチャルリアリティトレーナー、バーチャルトラベリング、体育アニメーション、ダンス、ゲームエクササイズの新しい方法が開発され、プログラムの多くはオンラインで実行される。アプリの多くは、さまざまな年齢層の人々を直接および物理的に結びつけることに焦点を当てている。</p> <p>身体者障害者は外骨格により、人々が物を運んで動き回ることを可能にし、同時に筋肉と骨格の形を保つトレーナーとしての役割を果たしている。</p> <p>自律生活への支援により、新しい病院を建設する需要が先細りになり、病院部門はより集中的になる。家庭用サービスとヘルスケアは、高い給与、合理的な労働時間、そして最も重要な仕事のプロファイルを備えた魅力的な仕事を提供する。</p>
バイオエコノミー ⁴¹	新たなサーキュラーバイオエコノミー・プロセスの開発	<p>バイオエコノミーは、すべてのセクターに影響を与える欧州の経済成長と再発明への主要な貢献者になる。技術的進歩は、有限のリソースと従来の産業プロセスを、生物学的に派生したプロセスとコンポーネントに置き換えるために設定されている。長期的には、バイオエコノミーは気候緩和と循環経済への移行に大きく貢献する。2040年です。ヨーロッパの経済は主にバイオベースであり、生産は高度に分散されている。バイオエコノミーは、農業と食料生産、エネルギー、産業用途、化学産業、ヘルスケア産業を含むすべての分野に浸透する技術革新を促進する。バイオテクノロジープロセスは、産業部門全体およびさまざまな廃棄物管理状況に広く展開されている。リンは廃水から収</p>

⁴⁰ https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/assisted-living-targeted-scenario-1_2018_en.pdf

⁴¹ https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/bioeconomy-targeted-scenario-2_2018_en.pdf

シナリオテーマ	キーワード	
		<p>集され、原材料はリサイクルおよび陸上および水生ベースの持続可能な一次生産から供給され、バイオテクノロジーにより有効化された CO2 回収施設が EU 全域に出現し始めている。欧州の工業生産からの CO2 再利用はすでに広まっている。</p> <p>都市部のバイオ廃棄物は個別に収集され、高価値のバイオベース製品の製造に使用される。都市のバイオリファイティングの文脈における都市の緑化は、空気の清浄度、歩行性/循環性、および不動産価格の再評価などの追加の利益をもたらす。生物資源の単位あたりに生み出される価値は劇的に増加し、そのような資源の価値を経済でより長く維持し、バイオマスのカスケード使用の原則を実施している。バイオテクノロジーの大規模な展開は、経済的収益の重要な源を生み出し、産業用途およびプロセスは、ますます生物に依存しています。たとえば、2016 年には存在しなかった機能特性を備えた新しい合成分子と生物は、重工業生産プロセスの 70%以上で使用されている(つまり、燃料生産、廃棄物の流れの管理など)。天然に存在する複雑な分子を回収し、それらを分解することで生じる価値の損失を回避する新しい方法が発見された。ウェットウェア革命 (wetware revolution) は、多数の産業部門にわたる分散型生産能力(「セル工場」)の突破口をもたらし、化学物質に対する産業ニーズの大部分を、より循環的な経済におけるバイオベースのプロセスを通じて生産することを可能にした。細胞工場、酵素プロセス、化学プロセス用の複合施設を収容するモジュール式バイオリファイナリーは依然として改善されているが、バイオマス供給に関するセキュリティ上の懸念をすでに緩和している。バイオエンジニアリングの革新により、バイオエンジニアリングのウェアラブル電子機器や温度調節服など、21 世紀初頭の従来の技術では不可能だった多くの製品と機能が生まれました。オーダーメイドの食品添加物は、さまざまな人口統計セグメントの特定の代謝要件に合わせて製造されている。</p>
安価な再生可能エネルギー ⁴²	省エネルギー促進のための方法・実践・ソリューション、エネルギー貯蔵ソリューションの探求	2040 年までに、再生可能エネルギー源が広く利用可能になり、EU の電力の半分以上が生成される。太陽光発電は、ヨーロッパの送電網に大きな変化をもたらす。新しい建物では、価格が下落し、効率が向上し、塗装セルが一般的になった。風と波のエネルギーも貢献する。スマートグリッドは、ネットワークオペレーターとデバイスの高度な相互運用性を可能にする広範な ICT レイヤーによって支えられており、システム内のすべてのアクター間のリアルタイムの相互作用を可能にする。欧州全域のスマートグリッドは、コミュニティベースのプロジェクトと市民のクラウドファンディングを通じて構築さ

⁴² https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/cheap-renewable-energy-targeted-scenario-3_2018_en.pdf

シナリオテーマ	キーワード	
		<p>れたローカルマイクログリッドと組み合わされている。グリッド内のストレージ施設の統合により、供給の信頼性が確保される。EU 全体の公益事業者は、非常に競争の激しい電力市場で、消費者が全面的に参加する柔軟な関税を提供しています。低電圧および中電圧の電気は、中小規模のプラントから、プロシューマーによるマイクロ発電まで供給される。</p> <p>高電圧用配電網は大規模なオフショア発電プラントに依存している。EU では、エネルギーを貯蔵するために太陽水分解技術が広く使用されている。生成された水素は、専用のインフラストラクチャを介して商品化され、増加する需要に対応し、水素駆動車両の普及をサポートしています。新世代の安価な燃料電池を搭載したこれらの車両は、他の電気自動車やバイオディーゼル大型車両とともに、道路輸送のニーズに対応している。電気自動車は、低電圧レベルで電気の流れのバランスを取るための貯蔵容量も提供する。</p> <p>バイオマスは、炭素サイクルの排出量が化石燃料よりも少ないため、残留熱エネルギーの生産に使用される。EU 諸国は、ほとんどすべての都市および農業廃棄物をエネルギー生産に活用するだけでなく、新しくよりクリーンなバイオエネルギー源を開発する。EU でのバイオエネルギー生産の5%以上は藻類に基づいており、バクテリアが無炭素水素燃料を生産できるようにするための研究が進行中である。低電力デバイスの場合、体の動きから汗、涙、さらには血液まで、すべての潜在的なエネルギー源が活用される。企業は、エネルギーを活用する運動タイルを使用して、舗装、サッカー場、さらには学校の廊下用の発電システムを開発した。エネルギーハーベスティングの改善により、バッテリーの寿命が延び、場合によってはバッテリーの交換が不要になった。すべてのモバイルおよびリモート電子デバイスは、エネルギー自給式でワイヤレスのテクノロジーを使用している。</p>
継続的なサイバー戦争 ⁴³	脅威の監視・評価・対応のためのツール	2040 年には、インターネットに接続されたテクノロジーデバイスは EU 経済の中心であり、市民の日常生活に浸透している。エネルギー施設（送電網、原子力施設）、輸送ネットワーク、銀行、行政、病院、生産施設、セキュリティおよび防衛システムは、デジタル技術に依存している。EU 市民と政府が依存している膨大な量の相互接続を考えると、サイバーセキュリティは主要な政策的関心分野である。EU 政府は、市民や業界と協力して緊密に協力し、革新的なデータセキュリティソリューションを開発し、最先端の技術を実装し、国内外のサイバー攻撃からシステムとデータを保護するバック

⁴³ https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/continuous-cyberwar-targeted-scenario-4_2018_en.pdf

シナリオテーマ	キーワード	
		<p>アップ計画を設計している。一部の EU 都市では、重要なインフラストラクチャへのサイバー攻撃によりサービスが大幅に中断されており、衛星へのサイバー攻撃により通信および銀行サービスが大幅に中断される。すべての EU は、長年から高度で差別化されたサイバーインシデント対応計画を採用している。攻撃を受けている構造物をサポートするために、EU レベルでサイバーセキュリティ緊急対応基金が利用可能になっている。</p> <p>量子計算はセキュリティに大きく貢献したが、オンライン詐欺やサイバー犯罪を未然に防ぐことはできなかった。量子暗号化は、たとえ理論的に解読不可能であっても、操作可能なソーシャルエンジニアリング技術から保護しない。量子暗号は、基本的な公開暗号キーの一部が量子コンピューティングによって破壊される可能性は 2 分の 1 である。サイバーセキュリティを強化し、サイバー攻撃に対する回復力を強化するために、重要な社会戦略が開発された。メディアがこの問題に注目を集めているので、オンラインで安全であることに対する人々の認識、知識、および動機が強化されている。</p> <p>地域のインフラストラクチャおよびシステムの設計によりセキュリティを促進するためのコミュニティの取り組みが盛んになり、企業および行政機関はプロトコルを開発し、トレーニングプログラムを実施している。ユーザーのフィードバックに依存する社会的協力と効果的な警告メカニズムは、偽のニュースを特定し、不正な Web サイトや新しい形式のサイバー犯罪を迅速に発見するのに役立つ。ユーザーは、オンラインで共有するすべてのものの機密性の程度を知っており、ウェブサイトのセキュリティレベル、仮想アカウントのデバイスとパスワードを評価し、ソーシャルネットワークのナビゲート、オンラインでのチャットまたは支払いの際に明確な行動ガイドラインを尊重できる。</p>
ユビキタスエキスパートシステム ⁴⁴	より良い機械学習のアルゴリズム開発	<p>2040 年現在。コンピューティングは文字通りいたるところにあり、新しい強力なコンピュータ(量子および DNA ベース)が利用可能。分散型(「グリッド」や「opportunistic」を含む)システムは劇的に拡大した。計算能力の飛躍的な進歩により、複雑なシステム(環境、社会、地政学など)の予測と管理に洗練されたシミュレーションとデータ分析が広く使用されるようになった。ビッグデータ分析と人工知能を組み込んだエキスパートシステムは、今やあらゆるレベルの複雑さにおける意思決定を助けている。</p> <p>ジャストインタイムのデータがあちこちで利用可能で、アクセス可能なカウンセリングシステムは意</p>

⁴⁴ https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/ubiquitous-expert-systems-targeted-scenario-5_2018_en.pdf

シナリオテーマ	キーワード	
		<p>思決定を改善し、至る所に見られる。いくつかのエキスパートシステムは(例えば健康、農業、法的サービスにおいて)部門的な範囲を持ち、企業のような大手グローバルアクターや非営利のプレイヤーに結び付けられる。他のシステムはコミュニティベースの wiki である。いくつかは単に個人の個人的な創造物である。すべての人が共存し、競争し、互いに学び合う。これらのシステムは一般に仕事、娯楽の目的のために、そしてより一般的には競争的で共同の活動において使用される。</p> <p>仕事と余暇の区別は、「仕事」のため、または「個人的な」商取引を処理するために、個人のエキスパートシステムが組織のシステムに直接接続されるにつれて消えてきた。人々は、あるシステムにはより多くの意思決定力を委ね、他のシステムはアドバイザーとしてだけ使うことで個人的な好みを表現している。「完全な透明性」と「完全な機密性」は、他の関係者(商業的、政治的など)による「操作的攻撃(manipulative attacks)」に対する最善の防御策として依然として競合している。公共システムにおける機械の意思決定力は、一般大衆の議論を刺激し、専門の倫理学者の助言を求める論争の的となっている問題であり続けている。</p>
伝染病の撃破 ⁴⁵	伝染病に関する効果的な公衆衛生教育(予防・治療・衛生上質問・消毒)	<p>2040年現在。栄養、農業における抗生物質の大量適用、感染のサイクル、および人間の免疫反応の関係はよく理解されている。抗生物質耐性との戦いは世界的な使命となっている。潜在的な医薬品物質を特定するための生物多様性の体系的なスキャンは、2030年代に主要なグローバルな共同プロジェクトとして開始された。発見された物質から新しい抗生物質が派生し、新しい治療法が開発された。微生物叢(microbiome)のマッピングと、より安価なスクリーニングおよび患者からのデータとの組み合わせにより、新しい抗生物質の研究および微生物感染の治療に対する様々なアプローチが生まれた。人間の微生物叢と生物学的プロセスの基本的な理解が進化するにつれて、体の免疫系とそれに生息する微生物コロニーを利用する新しいアプローチが、微生物およびウイルス感染を中和するために採用されている。2020年代までの主要な殺人者であった敗血症は、世界で3分の1減少した。病気の治療への新しいアプローチには、個々人の微生物叢の活性化、および新しい入ってくる細菌と戦うための自然な抵抗の使用が含まれる。</p> <p>ウイルスとの戦いはまだ進行中である。新しい予防接種により、EUのウイルス感染数が50%減少した(2016年と比較)。医療兵器(medical arsenal)は増え続けているが、予防は今まで以上に最前線にある。健康的なライフスタイルのための教育は、パンデミックや集団感染の防止に向けて多額の</p>

⁴⁵ https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/defeating-communicable-diseases-targeted-scenario-6_2018_en.pdf

シナリオテーマ	キーワード	
知性オンライン ⁴⁶	感情的データの共有、商業及び公共目的の個人の感情使用に関する行動基準・規範の開発、サイバーセキュリティ	<p>資金と研究が向けられているため、努力の一環である。</p> <p>2040年には、インターネットへの個人の接続性は、非常に多様なソース(センサー、スキャナー、ピアなど)からの豊富な情報を非常にきめ細かくしている(情報の流れは個人、時間、空間に関連しています)。そして親密な関係(脳スキャンやその他の手法によるバイオメトリックスと思考が広く利用可能である)。データの可用性と処理能力の進歩により、感情の理解が質的に飛躍した。洗練された感情マーカ―とそれらを解釈する手段は広く利用可能である。これらには、ウェアラブルや携帯型の脳読ヘルメットなどの個人システムに組み込まれた多くの顔/ジェスチャー認識デバイス、およびカメラやその他のスキャナーなどのサードパーティシステムが含まれる。</p> <p>思春期と若年成人は「感情に透明な」世代を構成し、「感情指向」または「感情駆動」ガジェットを介して感情を共有する意欲がある。個人は、とりわけ複雑なソーシャルネットワークを通じて新しい経験を求める。感情のインターネットは完全に独立している。企業は一般に経験を提供することに満足していますが、政府は、市民の感情を理解し、より良い政策を策定し政治的利益を引き出すためにフィードバックを得る機会を活用する方法を模索している。個人やコミュニティごとに影響が異なります。新しいテクノロジーの機会を利用しようとするものもあれば、事実上すべての生命およびポリシードメインで生じる脅威をより懸念するものもある。(例えば、関係性と子育て(感情制御)、雇用(「感情分析」)、教育(感情ベースの学習方法)、ヘルスケア(モニタリングとカスタマイズ)、意思決定(感情に基づく政策)等)欧州内および大陸全体でのイデオロギーの亀裂は、政府が市民の感情的反応にどれだけ注意を払うべきかという論争によって強化されている。後者を賢明であるが父性的な方法で操作すべきかどうか。市民からどのくらいのフィードバックを集めるべきか。さらに広く言えば、テクノ悲観的およびテクノoptimisticなイデオロギーは、「感情的な世代」の将来の展望の問題と衝突する。</p>
臓器の置換 ⁴⁷	組織及び臓器の育種(理論と実践)	<p>2040年現在。人工臓器は、医療で広く使用されるオプションになった。多くの人間の臓器は、人工的なバージョン、チップ上、またはオルガノイドとして存在し、少なくとも一度は複製して交換することができる。すべての臓器がまだ交換可能であるわけではなく、一部は非常に複雑である。オルガノイドと in-silico モデルを使用して、既存の臓器に対する効果的な治療法を迅速に開発できる。他</p>

⁴⁶ https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/emotional-intelligence-targeted-scenario-7_2018_en.pdf

⁴⁷ https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/human-organ-replacement-targeted-scenario-8_2018_en.pdf

シナリオテーマ	キーワード	
		<p>のソリューションは、遺伝子工学に基づいているか、治療型クローニングと育種(すなわち、異種移植)を必要とする。有機組織のバイオプリンティングは、人間の組織置換の第3の手段を提供する。</p> <p>適合性、耐久性、および副作用の最小化は、人間の組織の置換に関する重要な懸念事項である。臓器置換は、もはや最後の手段の解決策とは見なされない。予防移植はしばらくの間増加している。すでに一部の臓器代替品に慣れているにもかかわらず、依然として懐疑的な見方がある。臓器や身体他の部分は、通常の「手術」で交換される。しかし、人間の強化は依然として意見が分かれる問題である。</p> <p>一部の国では、民間の健康保険会社が医療機器業界と協力して、より優れた次世代の人工臓器を開発している。これらは、グローバル市場で利用可能な最新のソリューションにお金を払う余裕のある裕福な人々の間で最初に使用される。</p> <p>しかし、臓器移植は患者にとって負担がはるかに少なくなり、医療の主流になった。費用はかかるが、手頃な価格であり、費用が下がると、人工臓器は財政的に制約された公衆衛生システムにとってますます魅力的な選択肢になる。「移植の追跡調査(フォローアップ)」のリストに示されている事故や病気の後、人工臓器自体の費用と手術(人件費)はヨーロッパの健康保険に引き継がれる。人工臓器がライフスタイルを改善すること、または一般的に寿命を延ばすことを目的とする状況では、費用は健康保険システムによって負担されない。この種の手術には、90歳の年齢制限が設定されている。早期導入者の寿命はすでに劇的に延びており、120年の平均寿命が見えている。</p>
セキュリティ制御 ⁴⁸	セキュリティ課題の根本原因の理解	<p>2040年には、治安部隊は協力を強化し、知性と技術的解決策を共有している。テロリズム、大量破壊兵器、国家の失敗、組織犯罪などの「非対称」リスクが安全保障の議論を支配している。</p> <p>仮想世界は、紛争の遊び場として物理的に加わった。攻撃者と犯罪者-国家と民間の俳優の両方-は、領土を簡単に移動し、技術を使用して利益を害し、蓄積する。この新しい状況では、通信データ、人工知能、ロボット工学へのアクセスがEUを保護するために重要である。スマートデバイスを介して収集されたデータは、防犯および国際調査に使用される。治安部隊は協力してデータと技術を交換し、連合全体およびそれ以降の調査と法執行を促進する。予測犯罪ユニットは現在、すべての都市で活動している。データ分析を使用して犯罪を防ぎ、警察の活動を指揮している。これらの部隊はまた、軍隊と共同で組織された任務でしばしば領土外の犯罪者を追跡する。人工知能機能</p>

⁴⁸ https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/ict-based-security-defense-targeted-scenario-9_2018_en.pdf

シナリオテーマ	キーワード	
		<p>を備えた無人航空機およびロボットの役割は、軍事外部活動において、およびセキュリティユニットと協力して、国家の領土の確保において増加している。これらの半自律的な防御システムは、無人ドローンによる群発攻撃などの新しい脅威から重要なインフラストラクチャを保護するために使用される。このようなシステムは、EU の陸、海、空の境界線、過敏な場所の半分以上を監視および保護する。</p> <p>国連慣習兵器に関する国連条約は、2017 年以降、自律兵器の禁止の可能性について議論してきましたが、合意には達していない。欧州では、武器の使用に関しては人間の意思決定が必須である。欧州諸国は、プライバシー保護に関する EU の枠組みを適用し、警察と民間の関係者によるデータ収集と分析を規制している。自由と安全の間の緊張は高く、EU 市民はデータ関連の規制と管理を改善する動きとネットワークを構築している。</p> <p>ほとんどの先進都市は、公共空間での継続的な監視および防衛ロボットの展開と、コミュニティの感覚および社会的および文化的サービスへのアクセスを強化するための包括的なポリシーを組み合わせている。セキュリティに関連する参加型の透明な意思決定プロセスは、地域社会を保護する市民の対策と協力の受け入れを促進するための鍵であることが証明されている。</p>
低炭素エコノミー	サーキュラーエコノミーと持続可能なライフスタイル促進のための新たなビジネスモデル	<p>2040 年、EU 経済はカーボンニュートラルである。大気中の温室効果ガスの放出を削減する「脱炭素化」、および炭素吸収のための大規模な努力、人工および天然の炭素吸収源の拡大により、大気中の CO2 換算濃度の傾向を逆転させることができる。EU の都市には、高速で安価な電気公共交通機関を備えた低炭素モビリティシステムがある。</p> <p>コンパクトの都市デザインは歩行に有利であり、緑のエリアと小道でのサイクリング、および通勤者間での共有輸送を好む。ほとんどの EU 都市には、燃料燃焼車両が禁止されている大きなゾーンがある。フィンランドやドイツなどの一部の国では、燃料燃焼車両を完全に禁止している。長距離の移動と貨物輸送は、地元の社会経済システムへの注目の復活により制限されている。残りの長距離輸送は、高速列車とハイパーループ、および電気トラックに依存しています。バイオジェット燃料は、ますます航空に使用されている。</p> <p>電力部門は極めて重要な役割を果たしている。EU における低炭素電力供給の割合は 80% に近づいている。電力および産業部門は炭素回収および貯蔵 (CCS) を採用しているが、主な目新しさは広範な炭素回収および使用 (CCU) である。欧州の工業生産からのほとんどすべての CO2 は再利用される。空気からの永久的な CO2 回収と鉱化プロセスは徐々に始まっている。カーボンニュー</p>

シナリオテーマ	キーワード	
		<p>トラルは、沼地をクランベリー農法に変換する大規模な森林再生プログラム、およびその他の新しいオプションによって促進される。自然ベースのソリューションと緑化都市は、都市部および都市周辺の緑地の大部分を確保し、自然環境が CO2 を吸収する可能性を大幅に高める。農業はその役割を果たし、より持続可能であり、機械化されていない集約的な農業システムと家畜の急激な減少を伴う。食生活が変化するにつれて、肉の生産と消費は非常に少なくなり、農業排出と環境への影響が削減される。循環経済はすべてのセクターを相互に接続し、材料と廃棄物の 90%以上が物理的にリサイクルまたはエネルギー再利用されている。経済は深刻な構造変化を経験している。再利用やリサイクルは人々の日常生活や習慣に浸透しているため、消費者は商品よりもサービスを購入することを好む。産業全体で、グリーン経済は成長と雇用を後押しし、農業部門でも新しい雇用が生まれていり。現在、農業部門は持続可能な生産に焦点を当てている。</p>
材料資源の効率性 ⁴⁹	環境影響評価	<p>2040 年、欧州の経済は、世紀の初め以来、天然資源への依存度が低く、自給自足である。マテリアル集約度の低い消費パターン、再利用とリサイクルによるマテリアルループのクローズ、有害性の低い、多くの場合再生可能なリソースによるマテリアルリソースの代替、および環境に優しいリソース抽出方法への移行が行われている。</p> <p>循環経済の原則は、農産物から電子製品まで、生産と消費のすべてのシステムに適用されます。消費者の嗜好は、製品とサービスの設計（モジュール設計、リサイクル設計など）の変更を促し、寿命が長いサービスと製品にシフトしていますが、ビジネスモデル（サービスへのシフト、共有など）も変化している。レアアースの使用は、2016 年の数値と比較して 80%削減された。2016 年の EU 循環経済パッケージの目標を達成した後、物理的および組織的障壁の解決がより困難になったため、進歩は鈍化した。すべての廃棄物の 90%以上を物理的またはエネルギー的にリサイクルするという目標は、まだ達成されていない。埋め立て地から回収された金属（アルミニウム、鉄、銅、銀、金など）は供給に大きく貢献しているが、それでも EU の需要の 50%未満しか供給していない。</p> <p>材料の代替は生産プロセス全体に影響を及ぼし、多大な投資を必要とする。すべての候補材料が、技術的および経済的な理由だけでなく、予期しない健康上のリスクに関する懸念のために、最初の期待を満たしているわけではない。再生可能素材と生物経済は、それらの使用に関連する環境への悪影響が少なく、非ヨーロッパの資源への依存を減らすことに貢献するため、より重要な役割</p>

⁴⁹ https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/material-resource-efficiency-targeted-scenario-11_2018_en.pdf

シナリオテーマ	キーワード	
		<p>を果たしている。それらの重要な経済的約束は持続的に使用され、それらの抽出と使用の環境への影響を管理している。すべての天然資源の抽出および処理方法の改善と環境修復技術(地域のジオエンジニアリングを含む)により、欧州環境の改善が可能になりました。採掘と炭素が豊富な鉱物の堆積を組み合わせることにより、気候関連の利益に対する抽出による被害を相殺します。深海採掘は、「レアアース」のニーズが高まる時代には有望な選択肢と見なされていた。しかし、沖合の深海資源を活用する権利、環境被害の責任、国際紛争の解決に関する環境問題と法的問題に絡み合ったため、大したことはなかった。その間、代替可能性と循環経済により、希少物質の価格の上昇圧力が緩和された。</p>
<p>ナノからマクロへの一体型製造⁵⁰</p>	<p>健康、安全、環境に対する3Dプリントの影響の理解</p>	<p>2040年、成熟した3D印刷は、完成品の主要な生産モードの1つになった。アディティブマニュファクチャリングテクノロジーは、多様性と効率性が向上しただけでなく、ナノマテリアルの根本的な進歩により、これまでに征服されていない産業分野にも拡大している。後者は、はるかに弾力性のあるオブジェクト、安価な金属、合金、透明ガラスの「印刷」を可能にした。3Dプリンティングに拍車をかけ、ナノ材料に基づいた製造は、新しい高付加価値市場セグメントに分割された。より強く、軽く、より導電性があり、より柔軟なナノ構造が、航空宇宙や医療からエレクトロニクスやエネルギーまでの産業を揺るがした。</p> <p>3Dプリンティングテクノロジーは現在、日常的に広範囲の解像度をカバーしている。これらはナノスケール(超音波3Dプリントは「サブミリメートルからミリメートルの範囲」までさまざまな形状とサイズで動作します)から、建物などの非常に大きなオブジェクトまで拡張される。</p> <p>実際、3Dプリンティングを介してマクロ構造にナノ構造を拡大する機能は、材料工学に革命をもたらした。その結果、多くの産業バリューチェーンは、地理的範囲と密度の両方で圧縮されているか、大幅に混乱している。製造業への「DIY」、「自家製」または「短期」アプローチは、地元の起業家の参入障壁を下げ、小さな店の活性化をもたらした。部品統合などの製品設計哲学の大きな変化により、今では、より少ない中間製品で多数の製品を製造できるようになった。現在、最終製品は現地でオンデマンドで生産できるため、大量生産設備、輸送、倉庫保管の必要性が減る。現在、高品質の素材の適切な供給と、迅速なカスタマイズのためのサービスに重点が置かれている。個々の消費者の好みに対する反応性には金銭的プレミアムがある。自己修復、形状変化、およびその他の</p>

⁵⁰ https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/nano-to-macro-targeted-scenario-12_2018_en.pdf

シナリオテーマ	キーワード	
自然的価値 ⁵¹	再生可能資源と再生可能エネルギーに基づく、持続可能なサーキュラーエコノミーモデルの構築	<p>「スマート」素材が成長している市場である。</p> <p>2040年、欧州は生活の質の高い場所であり、住民は繁栄と健康的な環境を楽しんでいる。田舎の多様性、森林のレクリエーション価値、生物資源の可能性は広く評価されている。気候変動や生物多様性への脅威などの多くの課題が続いているが、欧州は現在、より回復力がある。欧州は、環境と公平性を評価する独自のブランドを成功裏に果たしてきた。欧州だけで惑星の健康に影響を与えることができるかどうかは疑問視されているが、ヨーロッパの持続可能な開発への証拠に基づく取り組みは世界的に灯台に影響を与え、評判をもたらした。インテリジェントな規制は、欧州企業の成長と持続可能なソリューションの開発を支援してきた。持続可能性の最前線としてのヨーロッパの役割を維持することは、世界の他の地域がその足跡をたどり、近づいているため、恒久的な取り組みであり続ける。そして自然ベースのソリューション産業。自然は、自然の生態系の特性と、それらが提供するサービスをスマートな「設計」された方法で使用することで、経済的および社会的問題の実行可能な解決策を提供できるという認識と認識が高まっている。自然と健康の経済的ケースを構築することは、これらの進歩を実現する重要な要素である。国際的なイニシアチブは、生物多様性と生態系サービスの価値をあらゆるレベルの意思決定に主流化することにより、「自然の価値を目に見えるようにする」ことに焦点を合わせてきました。EUは、民間資本の流れを持続可能な投資に向けたための財政政策を改訂しました。公的および民間の長期投資決定は、環境の価値に関連するものを含む、より広範なリスクとリターンを統合している。</p> <p>金融市場は、持続可能な投資に学び、企業は、持続可能なビジネスモデルを採用し、環境および社会への影響に関する情報を開示することの利点を認識した。自然資本と社会資本が適切に評価され、生態系サービスへの投資が収益性を高めた新しい経済モデルが登場した。全体的に、公正で包括的な社会は、資源を永久に再生し、自然と完全に調和している。新しい持続可能な消費パターン、および低炭素の未来に向けられた市場創造イノベーションは、循環経済のバリューチェーン(かなりの程度まで生物経済)を推進し、地球での良好な生活と共有機会に貢献する。持続可能性の世界的リーダーとしての欧州の競争力を高める。</p>
精密医学 ⁵²	個別化医療へのバイオ	2040年現在。精密医療が始まった。個々の遺伝子や環境、ライフスタイルの個人差を考慮するこ

⁵¹ https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/nature-valued-targeted-scenario-13_2018_en.pdf

⁵² https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/precision-medicine-targeted-scenario-14_2018_en.pdf

シナリオテーマ	キーワード	
	テクノロジーの活用	<p>とにより、どの治療および予防戦略が最も効果的であるかを正確に予測できる。精密医療は新しいアイデアではないが、その広範な使用と大量のデータの可用性は、コスト/メリットを考慮して防止されていた。生物学的プロセスの理解が向上し、データ処理能力が向上し、以前は不可能だった介入を可能にする新しい手法が開発されたため、これらの考慮事項は変わった。ますます強力なビッグデータ分析は、病気の遺伝的原因の特定に役立ち、遺伝子工学は集中治療法を開発する。</p> <p>精密医療には、患者自身の遺伝的特性、バイオマーカー、表現型、または心理社会的特性に基づいて、患者のニーズに合わせた新しい診断および治療の使用が含まれる。特に、細胞選別やエピジェネティクス、プロテオミクス、メタボロミクスなどの進歩は、インフォマティクスやその他の技術と収束しており、この分野の範囲を急速に拡大している。たとえば、過去 10 年間の DNA 合成およびアセンブリ方法の進歩により、DNA または RNA を変更し、オリゴヌクレオチドからゲノムサイズの断片を構築することが可能になった。しかし、変化はゆっくりであり、エピジェネティクスが最初の非医療用途を比較的早期に発見した一方で、個々の患者の遺伝子構造を標的とする精密医学はまだ珍しい進展 (rare procedure) である。予測医学 (Predictive Medicine) はますます個別化されている。</p> <p>継続的な進歩により、精密医療が成長し続けることはほとんど疑いがない。例えば薬理ゲノミクスを通じて。しかし、精密医療の大規模な応用を可能にするには、生物学的現象の知識を深めなければならない。人間と非人間の微生物叢 (microbiome) のマッピングと同様に、人間の生物とその環境の間の相互作用を理解し、マッピングすることは依然として大きなプロジェクトである。センサーとアプリは、このような相互作用の拡大し続けるスペクトルを監視する。データの所有権とプライバシー制度は、データ共有を奨励し、特に正確性と予測医学の組み合わせにおいて、クリーンで個別の情報セットへのアクセスを高めるプロジェクトを可能にする。遺伝子工学を用いた精密医療は、個々の微生物叢の形質転換とともに、人間強化のための新しい道を切り開いている。エピジェネティックおよび遺伝子工学の質問の中には、倫理的な懸念を引き起こさないものもあるが (例: 自分の細胞での免疫療法)、問題のあるもの (例: 幹細胞) も残っている。</p>
リフレーム・ワーク ⁵³	共同研究による起業家精神型の新種の研究	2040 年、伝統的な仕事はほとんどなくなった。多くの高度なタスクが自動化され、関連するジョブは人工知能に失われた。常勤ではなく、フルタイムの仕事は例外である。新しいタイプの仕事と職業が出現している。今日のほとんどの仕事は、明らかに創造的な能力と共感を求めている。ジョブの定義

シナリオテーマ	キーワード	
		<p>とスキル要件は急速に変化する。トレーニングとスキルの認定は継続的に挑戦される一方で、特定の仕事に特化したトレーニングを受けた人を見つけるのは難しい。</p> <p>ソーシャルメディアと新しいテクノロジーは、希望するときに仕事を見つけるための新しい機会を切り開く。枠組みの条件は国によって異なりますが、多くの柔軟なパートタイムの仕事計画が浮上している。人々は、家族の時間、教育の時間、社会的な時間、余暇と交互に、または並行して仕事をする。ベーシックインカムギャランティーは、人間の本質的なニーズを満たす。退職年齢は、概して柔軟で自己決定的です。しかし、仕事はそれだけではありません。多くの人にとって、それは課題を達成し、共通の原因に貢献するための共有された努力の略です。クラウドワークは、さまざまなバックグラウンド(分野、国、文化、スキル、セクター)のやる気のある人々を結び付ける。革新的なアプローチの実験は一般的です。多くの場合、「仕事」とは非公式の活動を意味します。それらは、ローカル(ソーシャルケア、住宅協同組合など)およびグローバル(NGO など)のコミュニティ活動の成長の中核である。</p> <p>部分的に自発的に、世界中のますます多くの人々が、グローバルなデジタルプラットフォームによってサポートされる集合的知性を形成することにコミットしています。気候変動、移住、テロリズム、不平等などの課題は、世界中からの協調的な努力によって解決できるという共通の理解は、関与する人々がお互いにつながり、実行可能な解決策を見つけるように動機付けてきました。このアプローチには、政府、NGO、産業、科学技術、国際機関、そして創造的な個人が含まれる。</p> <p>プラットフォームベースのアプローチは、産業およびサービスにおける経済活動の重要なモデルです。創造的な問題解決の知識は、特定の場所や地域に集中するのではなく、仮想的な協同空間で生成および共有され、ほぼすべての場所に転送できる。このような環境での競争力は、集合的および分散的なインテリジェンスを活用し、人々がそのような努力に貢献するように動機付ける能力に起因となる。</p>
スマート持続可能なモビリティ ⁵⁴	バッテリー効率、エネルギー貯蔵及び回収技術に関する研究	<p>2040年、ほとんどの人にとって、モビリティサービスへのアクセスは自動車の所有よりも重要となっている新しいビジネスモデルにより、信頼性の高いシームレスなインターモーダルモビリティサービスが幅広く提供される。多様で持続可能なモビリティソリューションへのアクセスを提供することは、魅力的で競争力のある都市と地域にとって重要なポリシーである。拡張された公共交通網、遠隔作業</p>

⁵⁴ https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/smart-sustainable-mobility-targeted-scenario-16_2018_en.pdf

シナリオテーマ	キーワード	
		<p>の普及、新しいライフスタイルとモビリティのパターンにより、実際に車を所有または所有したい人の数が半減する。公共交通機関の安全性、効率性、信頼性も、自動化された車両の使用のおかげで増加している。乗客輸送の半分は完全に自動化されており、無人運転車専用の車線を備えた都市が増えており、その中心部は小型で共有され、完全に自動化された電動モビリティセル専用である。EU 道路では2台に1台の車は電気自動車(燃料電池、ソーラーカー)である。</p> <p>自動貨物輸送および電気貨物輸送も増加しており、ドローン交通物流は、EU の全労働力のシェアを拡大する重要な経済部門としての役割を果たしている。トラック用の電気エネルギー貯蔵システムでは、1回の充電で500 km以上の距離を移動できる。3D プリンティングとローカルの循環経済ループにより輸送の必要性が減り、長距離の分布の大部分が鉄道にシフトされるため、トラックは主に地域の距離をカバーする。</p>
センサーの電気圏 ⁵⁵	センシングと知識の関係の理解に基づく、新たなセンサーの開発	<p>2040年には、環境発電技術が向上し、センサーが継続的に小型化されるにつれて、自給自足型のマイクロセンサーが都市や田舎に殺到し、膨大な量の情報が蓄積されている。環境発電技術、ワイヤレス充電、自己修復材料の組み合わせにより、あらゆる種類の課題に対応する自律型センサーが実現した。また、環境内に散在するセンサーの数が拡大するにつれて、貴重なデータが生成された。環境条件はリアルタイムで検知およびデコードされ、セキュリティネットワークにリンクされたセンサーは、隠された爆発物やその他の規制物質を求めて、公共空間の物の分子組成をスキャンする。人々は、身元確認の目的だけでなく、健康、安全、セキュリティ、自分自身、および公衆の理由のために継続的にスキャンされる。コミュニティは、適切な暗号化システムを通じてプライバシーを保護するための努力が行われている間、利益のためにデータを収集および共有している一方、個人および組織の環境は、略奪的な情報収集の慣行にさらされている。これらのいくつか-産業スパイなど-国際的な懸念を生成する。</p> <p>市場ではさまざまな保護ソリューション(センサースキャンおよび中和デバイスなど)が作られているが、使用の透明性とセンサーの識別に関する問題は依然として顕著である。規制されていないセンサーの闇市場も出現する。EU は、許可されていないセンサーの拡散を制限するために、マイクロセンサーの使用を規制する措置を講じることを余儀なくされている。特に、「センサーの透明性と責任」を保証する規制と慣行のシステムを構築している。これにより、マイクロセンサーの自己識別を必要と</p>

⁵⁵ https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/electrosphere-sensors-targeted-scenario-17_2018_en.pdf

シナリオテーマ	キーワード	
多様な食料供給システム ⁵⁶	持続可能な農業と水産養殖システムの理解と管理	<p>し、平均的な個人が環境内のセンサーを低コストで検出できるようにする。すべてのセンサーは、送信されるデータの種類とそのようなデータの受信者に関する情報を提供する必要があります。</p> <p>2040年、持続可能な農業は、食料供給システムの主要な基盤を提供している。人口の増加、気候変動との戦い、進行性であるが著しい土壌侵食、そして健康的な食事をすべての人が利用できるようにするという主張は、大きな変化を引き起こした。肉の消費量が大幅に削減されました。集約度の低い農業、再生農業、および生態系の支援に重点を置き、投資、政策の調整、廃棄物削減のための継続的な努力を必要とした。さまざまな代替食料生産とサプライチェーンが出現した。これらは、都心の専門市場向けのニッチアプリケーションとして始まった。食料価格が上昇し、技術が成熟するにつれて、食料サプライチェーンの目に見える部分になりつつあり、より多様な食料供給システムが出現している。</p> <p>2030年までには軽度の代替食品生産が非常に一般的になったが(都市および周辺都市農業、無土壌農業、水産養殖など)、非従来型(代替タンパク質源など)および人工食品さえもゆっくりと段階的に導入された。また、2030年頃には、多くの論争とかなりの規制の精査の後、合成されたバクテリアがEUの食料生産で使用するために認可されました(都市のバイオリクターとマイクロ発酵槽で食料を成長させる)。人工栄養添加物の使用は2030年代初期には非常に一般的でしたが、高度な人工食品(3D印刷食品や人工肉など)は消費者の抵抗に引き続き。今後10年間で受け入れられ、経済的に実行可能になるまでには、かなり時間がかかる。多様化したアプローチの利点は、すべての人への健康で安全な食料の供給がより確実になり、農地の持続可能な利用が達成され、食料価格が管理されていることである。</p>
知識システム ⁵⁷	教育技術のオンライン環境への適合(チューター付きオンラインコース等)	<p>2040年には、オープンサイエンス、オープンイノベーション、オープン教育は、欧州全体と世界の大部分で普及している。欧州の新しいナレッジシステムの中核は、地域、地域、国、ヨーロッパのさまざまなレベルの関係者と緊密に連携した、資金が豊富で国際的に有名な(高等)教育機関と公的研究機関のクラスターである。高レベルの公共投資により、さまざまなオープンデジタルインフラストラクチャが作成され、情報、データ、知識、専門知識が国全体で共有されている。産業の革新は、持続可能な開発の問題などに取り組む、様々なグローバルおよびローカルの「実践コミュニティ」にリ</p>

⁵⁶ https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/more-diverse-food-supply-targeted-scenario-3_2018_en.pdf

⁵⁷ https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/new-knowledge-system-targeted-scenario-19_2018_en.pdf

シナリオテーマ	キーワード	
		<p>クした知識を共同で作成するプロセスの一部である。世界的かつ専門的に管理された人間の作業クラウドは、科学およびビジネスの全チームの 40%以上を占めている。欧州で開発されたものは、既に取り入れており、共同でオープンな知識の生産を可能にする作業環境を作り出している。専門家、イノベーター、大学、業界、および多くの新しいアクター-NGO、財団、あらゆる年齢の個人-は、急速に変化するネットワークで協力して、ローカル、地域、およびグローバルな課題に取り組んでいる。</p> <p>ユビキタスデジタル化とデータ集約型科学の使用は、包括的なデータリテラシーによってサポートされている。初等および中等教育と生涯学習は完全に変容し、知識社会の実現に重要な貢献をしている。イノベーションは、新しい知識システムが提供する機会を活用するために必要なデジタル、知的、行動のスキルを学生に与える学校や大学の能力にこれまで以上に依存している。シミュレーションツール、バーチャルリアリティ、拡張現実を備えた科学コミュニケーションにより、小学生は複雑な現実世界の問題を高度に解決することができる。</p> <p>人工知能や分散台帳(ブロックチェーン)などの汎用テクノロジーは、データ、情報、知識を表現、アクセス、使用するための新しいインフラストラクチャを提供する。これらのインフラストラクチャは、最初から研究と革新への公共投資によって形成されたため、オープン性と透明性の原則に沿って設計されている。これにより、倫理的論争さえも処理する手段としての社会での信頼性と受容性が強化される。社会レベルでは、知識ベースの技術が以前は「手に負えない」と考えられていた人間の存在と活動の領域に拡大するにつれて、対立と倫理的論争がより一般的になった。倫理的および政治的ジレンマを克服するための新しい手順が導入されている。デジタル知識インフラストラクチャにより、意思決定プロセスおよび意思決定プロセスへの幅広い参加が促進される。</p>

②主要な科学技術・イノベーション等

デルファイ調査レポートで、関連科学技術の予測調査を実施した。

③その他（政策への展開、参照情報先）

Horizon Europe 作成のための基礎調査として、BOHEMIA Foresight が位置づけられ、デルファイ調査とシナリオ調査を展開している。

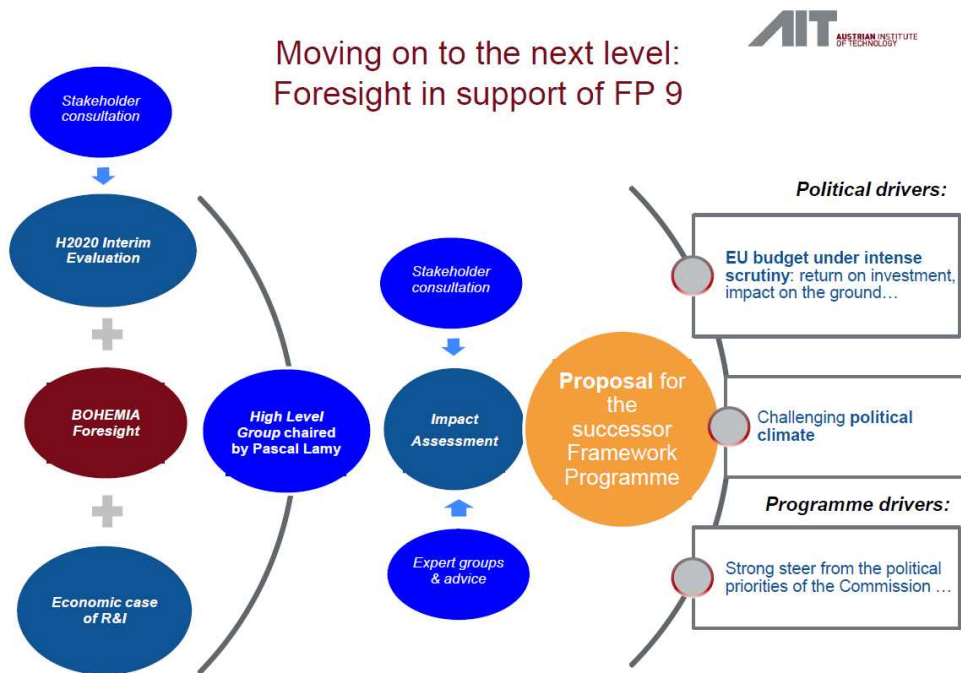


図 16 Horizon Europe における BOHEMIA Foresight の位置づけ

2-3-13 欧州委員会「100 Radical Innovation Breakthroughs for the future」

(1) 予測の概要

欧州委員会「100 Radical Innovation Breakthroughs for the future」	
概要	今後 15～20 年にわたり、潜在的に重要で破壊的なイノベーションを特定するために、文献調査、ホライズンスキャン、専門家による評価を実施し、100 の革新的なイノベーションを抽出した。
対象年	2038 年頃
手法	専門家パネル、AI 解析
体制	<p>▼専門家パネル 本レポート作成の前年に有識者によるワークショップを開催し、23 の将来像について、専門家インタビューを行い、EU 戦略との整合、欧州の新興技術との関連を評価した。</p> <p>※技術の特定にあたっては、機械学習を取り入れた。 ※新興技術の抽出にあたっては、欧州外の専門家パネル、RIB 分野を専門とする博士課程学生パネル等を実施した。</p>

(2) 予測の特徴

欧州委員会では、「Radical Innovation Breakthroughs」において、グローバルな価値の創造に影響を与え、社会的課題解決の可能性に資する 100 の新技術に関する洞察を実施した。本報告は、Horizon 2020 のプロジェクトで行われたもので、フィンランド・トゥルク大学、ドイツ・フ라운ホーファー研究機構・社会イノベーション研究所、ルーマニア・未来研究所が実施した。

本報告は、今後 15～20 年にわたり、潜在的に重要で破壊的なイノベーションを特定するために、文献調査、ホライズンスキャン、専門家による評価を実施し、100 の革新的なイノベーションを抽出した。具体的には、i) 来るべき AI の波に対する欧州の戦略的位置づけ(16 課題: 次世代深層学習アルゴリズム、計算機創造、人工シナプス、脳機能マッピング、メモリ上計算処理等)、ii) 技術革新の加速(45 課題: ニューロモーフィックチップ、4 次元プリンティング、環境発電、生物由来生プラスチック、微小流体素子、生分解性センサー等)、iii) 極めて挑戦的な研究開発への支援体制の充実(生物電子工学)、iv) 成熟技術の実用化のための仕組みの見直し(研究開発や特許取得等で成熟していると見做されている分野)、v) 変化の波の理解とそれへの対応 (ICT 進展に伴う社会変革、SDGs 等の政治的・社会的ニーズへの対応等)を取り上げた。

これら本報告にあたり、前年に有識者によるワークショップを開催し、23 の将来像について、専門家インタビューを行い、EU 戦略との整合、欧州の新興技術との関連を評価している⁵⁸。

⁵⁸ EC “Radical Innovation Breakthrough Inquirer(RIBRI) Workshop of key future Global Value Networks (GVNs) Report “

(3) 予測結果

①将来社会等の想定

本報告では、短期的な政策提案として、来るべき AI の波に対する欧州の戦略的位置づけ、加速すべき技術革新、挑戦的な研究開発への支援体制の充実、成熟技術の実用化のための仕組み、技術的な変化に対する社会的対応に係る事項を提案している。

- 来るべき AI の波に対する欧州の戦略的位置づけ(16 課題を提示)
 - 次世代深層学習アルゴリズム、計算機創造、人工シナプス、脳機能マッピング、メモリ上計算処理等
- 技術革新の加速(45 課題)
 - ニューロモーフィックチップ、4 次元プリンティング、環境発電、生物由来生プラスチック、微小流体素子、生分解性センサー
- 極めて挑戦的な研究開発への支援体制の充実
- 成熟技術の実用化のための仕組みの見直し(研究開発や特許取得等で成熟していると見做されている分野)
- 変化の波の理解とそれへの対応(ICT 進展に伴う社会変革、SDGs 等の政治的・社会的ニーズへの対応)

②主要な科学技術・イノベーション等

急進的な科学技術・イノベーションは、下記の通りである。

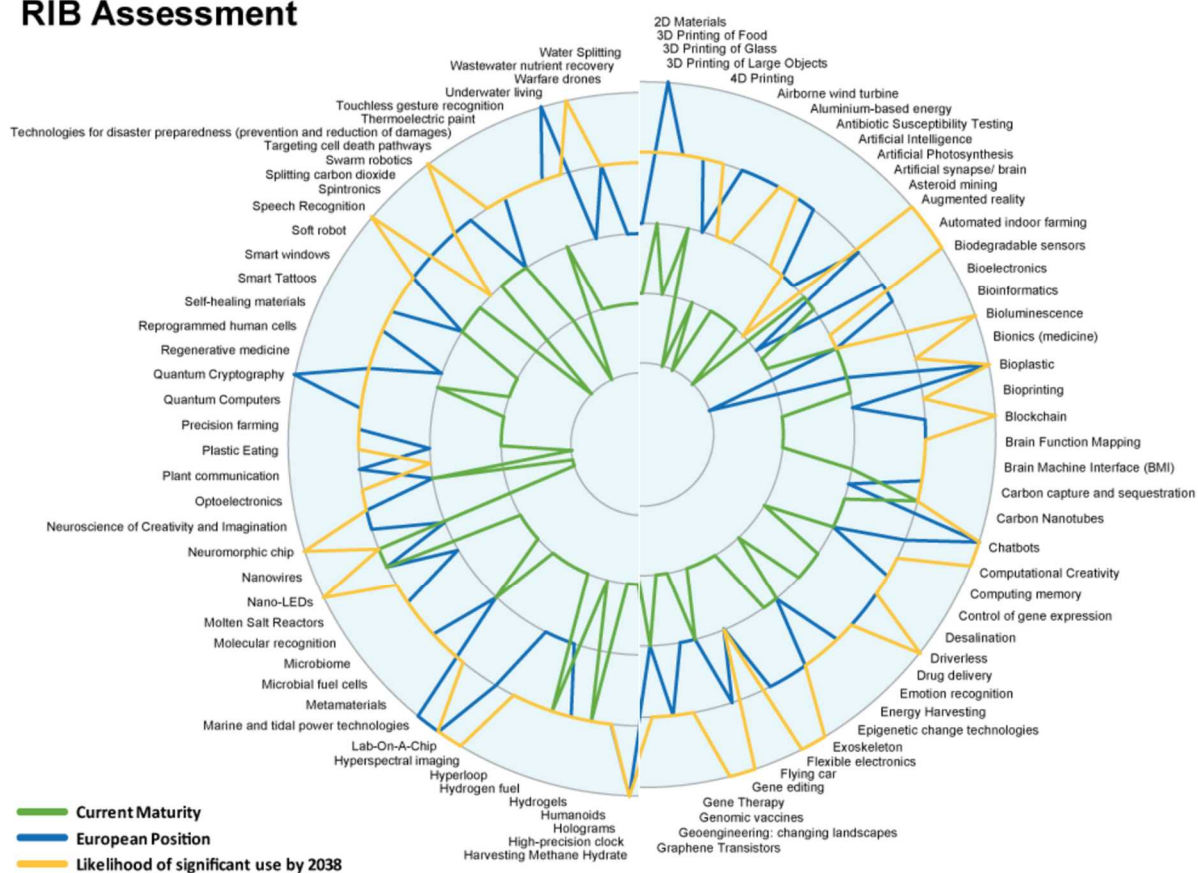
No.	RIB name(EN)	RIB name(JPN)
1	Bioluminescence	生物発光
2	Bioinformatics	バイオインフォマティクス
3	Molten salt reactors	熔融塩リアクター
4	Reprogrammed human cells	再プログラム化ヒト細胞
5	Thermoelectric paint	熱電塗料
6	Energy harvesting	環境発電
7	Computing memory	計算メモリ
8	Automated indoor farming	自動屋内農業
9	Flying car	フライングカー
10	Hydrogen fuel	水素燃料
11	Bioprinting	バイオプリンティング
12	Graphene transistors	グラフェントランジスタ
13	Optoelectronic	光電子
14	4D Printing	4D プリント
15	Genomic vaccines	ゲノムワクチン
16	Gene therapy	遺伝子治療
17	Artificial synapse/ brain	人工シナプス/脳

No.	RIB name(EN)	RIB name(JPN)
18	Targeting cell death pathways	細胞死経路のターゲティング
19	2D Materials	2D マテリアル
20	Hyperloop	ハイパーループ
21	Hydrogels	ヒドロゲル
22	Water splitting	水分解
23	Nanowires	ナノワイヤ
24	Warfare drones	無人偵察機
25	Nano-LEDs	ナノLED
26	Asteroid mining	小惑星マイニング
27	Plastic eating bugs	プラスチック製の食べるバグ
28	Bionics (medicine)	バイオニクス(薬)
29	Epigenetic change	エピジェネティックな変化
30	Carbon Nanotubes	カーボンナノチューブ
31	Smart windows	スマートウィンドウ
32	Wastewater nutrient	廃水栄養素
33	Flexible electronics	フレキシブルエレクトロニクス
34	Plant communication	プラントコミュニケーション
35	Bioelectronics	バイオエレクトロニクス
36	Neuroscience of creativity and Imagination	創造性の神経科学
37	Brain function mapping	脳機能マッピング
38	Metamaterials	メタマテリアル
39	Technologies for Disaster preparednes	災害対策
40	Artificial intelligence	人工知能
41	Computational creativity	計算による創造性
42	Augmented reality	拡張現実
43	Exoskeleton	外骨格(パワースーツ)
44	Airborne wind turbine	空中風力タービン
45	Control of gene expression	遺伝子発現制御
46	Antibiotic Susceptibility	抗生物質感受性
47	Desalination	淡水化
48	Soft robots	ソフトロボット
49	Quantum computers	量子コンピュータ
50	3D Printing of Large Objects	大型物体の3Dプリント
51	Emotion recognition	感情認識
52	Biodegradable sensors	生分解性センサー
53	Swarm Intelligence	群知能

No.	RIB name(EN)	RIB name(JPN)
54	Aluminium-based energy	アルミニウム系エネルギー
55	3D Printing of glass	ガラスの 3D 印刷
56	Microbial fuel cells	微生物燃料電池
57	Smart tattoos	スマートタトゥー
58	Self-healing materials	自己修復材料
59	Carbon capture & sequestration	炭素の回収と隔離
60	Molecular recognition	分子認識
61	Touchless gesture recognition	タッチレスジェスチャ認識
62	Hyperspectral imaging	ハイパースペクトルイメージング
63	Speech recognition	音声認識
64	Spintronics	スピントロニクス
65	Humanoids	ヒューマノイド
66	High-precision clock	高精度クロック
67	Holograms	ホログラム
68	Brain machine interface	ブレインマシンインターフェース
69	Drug delivery	ドラッグデリバリー
70	Regenerative medicine	再生医療
71	Precision farming	精密農業
72	Blockchain	ブロックチェーン
73	Gene editing	遺伝子編集
74	Artificial photosynthesis	人工光合成
75	Geoengineering: landscapes	ジオエンジニアリング:風景
76	Microbiome	マイクロバイオーーム
77	Splitting carbon dioxide	二酸化炭素を分割する
78	Quantum cryptography	量子暗号
79	Driverless	無人
80	Neuromorphic chip	ニューロモルフィックチップ
81	Marine and tidal power	海洋および潮汐力
82	3D Printing of food	食品の 3D プリント
83	Bioplastic	バイオプラスチック
84	Chatbots	チャットボット
85	Lab-On-A-Chip	ラボオンチップ
86	Underwater living	水中での暮らし
87	Harvesting methane hydrate	メタンハイドレートの収集
88	Local food circles	地元のフードサークル
89	Basic income	ベーシックインカム
90	Owning & sharing health data	健康データの所有と共有

No.	RIB name(EN)	RIB name(JPN)
91	New journalist networks	新しいジャーナリストネットワーク
92	Alternative currency	代替通貨
93	Life caching	ライフキャッシング
94	Car-free city	カーフリーシティ
95	R/W culture diversifying	R / W カルチャー多様化
96	Access/commons economy	アクセス/コモンズ経済
97	Reinventing education	教育を再発明する
98	Collaborative R&I spaces	共同の R&I スペース
99	Body 2.0 & the quantified self	Body 2.0 と数量化された自己
100	Gamification	ゲーミフィケーション

RIB Assessment



③その他（政策への展開、参照情報先）

（特になし）

2-3-14 欧州委員会・ESPAS「Global Trends to 2030」

(1) 予測の概要

欧州委員会・ESPAS「Global Trends to 2030」	
概要	Florence Gaub 氏(欧州連合安全保障研究所 副所長)が中心となり、欧州戦略・政策分析システム(European Strategy and Policy Analysis System:ESPAS)が、2030年までの欧州の未来と世界における欧州の役割の位置づけについて、メガトレンドを示し、社会の変化を捉えた。
発行年	
対象年	2030年頃
手法	—
体制	欧州戦略・政策分析システム(ESPAS)が中心となり、欧州議会・研究サービス、欧州委員会、欧州連合理事会事務局と協議し、将来のメガトレンドのレビューを実施した。レビューにあたっては、欧州対外行動局、欧州経済社会委員会、欧州地域委員会、欧州投資銀行、欧州連合安全保障研究所、専門家等が関わる。 本報告は、欧州機関、国際機関、研究機関等の第三者が作成したレポートと研究に基づき、分析を行ったものである。

(2) 予測の特徴

本報告は、Florence Gaub 氏(欧州連合安全保障研究所 副所長)が中心となり、欧州戦略・政策分析システム(European Strategy and Policy Analysis System:以下、ESPAS)が作成した。ESPASは、欧州が直面する政策選択を分析するための機関である。

本報告は、次の10年間(2030年)の欧州の未来と世界における欧州の役割をどのように位置付けるか。現状を取り巻く問題として、自由民主主義に対する圧力、グローバルガバナンスへの挑戦、経済モデルの転換、社会構造の転換、技術の新たな使われ方と誤用、人口動態、エコロジカルフットプリントの増大等、新たな地政学的、地経済的な秩序が表出しつつあることを取り上げた。これらの課題認識から、メガトレンドの分析は、将来において、欧州連合が米国と中国に挟まれた中流国とならないよう現在の政策選択に資することを掲げた。

本報告のとりまとめにあたり、欧州議会の研究サービス、欧州委員会、欧州連合理事会事務局と1年にわたり協議・レビューを行った。

(3) 予測結果

① 将来社会等の想定

本報告では、メガトレンドとして、気候変動(温暖化)、人口動態、都市居住、経済成長、エネルギー需要、高度な接続性、多ノード化(地政学)を取り上げ、今後10年間で変えることが難しいトレンド(不可逆的な確実性の高い将来)を示すとともに、メガトレンドより変化の激しい要素(「触媒」)として、貿易の増大、食糧・水の監視、武力衝突、テロリズムの存続、技術の超進展、人の移動、ポピュリストの行動等、メガトレンドを加速または減速させる変化要因と位置づけた。メガトレンドと触媒は、大きな社会の潮流に影響を与えるものであるが、2030年の人間の決断に左右される。人間の決断に係る将来の見積として、確度は低いもの

の、未来を決定する事象として「ゲームチェンジャー」を設定した(地球をどのように救うか、老化の改善、新技術の運営管理、欧州の地位、紛争の管理、民主主義の保護、平等の実現)。

表 18 メガトレンドの概要

メガトレンド	概要
温暖化	<ul style="list-style-type: none"> 1.5 度の増加は惑星が許容できる最大値。2030 年以降に気温がさらに上昇すると、何億人もの人々にとって、さらに多くの干ばつや洪水、極度の暑さ、貧困に直面するだろう。 温室効果ガス排出の主な原因はエネルギー生産。2030 年までに、欧州は再生可能エネルギー源からそのエネルギーの 32%を引き出すように設定。 将来の削減に最も責任を負うのは、欧州、アメリカ、中国の 3 つ。 特に都市では気温の上昇が感じられるため、都市計画はさらに重要になる。 2030 年までに、より暑い気候による生産性の低下は、世界全体で 1.7 兆ユーロ以上の損失を意味する。 温室効果ガスの排出量の 14.5%は家畜、特に肉と牛乳の両方のために飼育された牛から生じる。
人口	<ul style="list-style-type: none"> 2030 年には、世界人口の 12%が 65 歳以上になり、今日の約 8%から増加する。 欧州では、2030 年には、人口の 25.5%が 65 歳以上になるだろう(2017 年の 19%から上昇)。 ロシアと中国は同じパターンをたどり、2030 年には人口の 4 分の 1 が 60 歳以上になるだろう。 欧州の労働力は 2030 年に 2%縮小するだろう。しかし GDP は緩やかに成長し続けるだろう。同時に、年齢関連の問題への欧州の支出は 2%増加するだろう。この大部分は年金に費やされるのではなく、健康と長期のケアに費やされるだろう。
都市居住	<ul style="list-style-type: none"> 2030 年までに世界の 3 分の 2 の人々が都市に住むようになるだろう。 多くの人々が 100 万人以下の都市に住み、100 万人から 500 万人の都市に住むだろう。これらの中小都市は現在、巨大都市(メガシティ)の 2 倍の割合で成長している。 都市はエネルギー資源の 60~80%を消費し、全世界の排出量の 70%を占め、世界の国内総生産の 70%と GDP 成長率の 35%を占める。 都市は不平等や社会的排除が特に顕著であり、市民が主にガバナンスと相互作用する場所でもある。一方、中央政府を信じると宣言したのはヨーロッパ人の 21%にすぎない。 魅力的な雇用を提供している都市は、その国の他の地域から教育を受けた労働力を引き込み、特定の国の給与の差別化に貢献している。
経済成長	<ul style="list-style-type: none"> 中国の 2030 年の現在の一人当たり 10,000ドルから 14,000ドルへの成長に対して、欧州の一人当たりの GDP は 37800ドルからおよそ 50,950ドルまで成長すると予想される。 公的債務は依然として高いままであり、金融規制改革はまだ完了しておらず、貿易に対する世界的な緊張は世界経済を不安定にする可能性がある。 2030 年までに世界の大部分は中流階級になるだろう。 2030 年にはほぼ全員が好調に推移する一方で、すでに最善を尽くしている人々も同様に好調に推移するだろう。2030 年には全人口の 1%が富の 2/3 を占めるだろう。(現在は半分)

エネルギー需要	<ul style="list-style-type: none"> • 欧州や他の西側諸国でも需要が増加するが、主に非 OECD 諸国、特にインドと中国で成長するだろう。その結果、石油、ガス、石炭の価格は継続的に上昇するが、2030 年まで劇的に上昇することはなく、2010 年の高水準に戻る。 • 世界的な工業経済からサービス指向経済への移行により、世界の石油需要は 2040 年以降減速すると予想されるが、石油、石炭、ガスは世界のほとんどのエネルギー需要を満たし続けるだろう。 • エネルギー貯蔵は今後 10 年間で 6 倍に増加すると予測され、再生可能エネルギーと電気自動車を可能にするだろう。
高度な接続性	<ul style="list-style-type: none"> • インターネットを介して通信できる人が増えて、2030 年の地球はますます「狭く」なっていくだろう。(世界人口の 90%が読むことができ、75%はモバイル接続を、60%はブロードバンドアクセスを持つ) • 2030 年には、ほとんどすべての欧州の自動車インターネットに接続され、私たちの道路はさらに安全になる。空の旅もより安全になる。※2017 年は航空史上最も安全な年であった。 • 2030 年までに、航空旅客数はほぼ倍増して 70 億人以上になるだろう。※多くはアジアの中流階級 • 航空貨物は 3 倍になり、世界の海上コンテナの取扱高は 2030 年までに 4 倍になる可能性がある。 • 人間が移動するにつれて、彼らが抱える病気も移動するため、パンデミックのリスクが高まる。 • 人工知能 (AI) は、空港での体験をよりスムーズかつ迅速にし、旅行量をさらに増やす(貿易やビザの自由化が続くと仮定)。
多ノード化 (地政学)	<ul style="list-style-type: none"> • 地政学的未来の不確実性は恐ろしい考えであり、NATO がもはや存在せず、国家主義国家 (nationalistic states) が不安定な同盟を形成し、中国が世界の他の地域を支配し、そして戦争が明確な可能性となる最悪のシナリオを引き起こす。 • 権力は、人口規模や GDP、軍事支出などの古典的な手段によってのみ決定されるのではなく、州だけでなく、都市、地域、企業、そして多国籍企業の移動によっても支配される。 • システムの接続性や相互依存性、多元主義的な性質は、国家の力がそれらの関係的影響によって決定されることを意味する。

②主要な科学技術・イノベーション等

本報告の科学技術・イノベーションに係る記載として、新しい技術の管理について、人工知能の時代では人間であることの意味について、哲学的な問いを投げかけるものと認識している。また、新技術の研究と特許に関して、米中のデジタル市場での争いだけでなく、市場全体の未来、地政学と戦争状態を定義する過程に位置するとした。デジタル技術はほとんどすべてに影響を与えるため、欧州では、デジタル倫理が形成され、規制型のデジタルエコシステム等の社会経済的問題に対処するためのデジタル戦略をどのように構築するか政策問題が生じるとした。

また、自動化の危機に瀕している労働者を再教育・訓練を行うこと、欧州内外の民主主義と人権を損なう技術開発に抵抗すること等、新技術には潜在的にポジティブ、ネガティブの両面があるため、政治的なリーダーシップとビジョン、行動が必要とされる領域となっているとした。

③その他（政策への展開、参照情報先）

（関連記載はなし）

2-4 未来予測活動

2-4-1 民間企業の取組み

①Royal Dutch Shell シナリオ(2018)

対象年	向こう 30 年以上先(2050~2060 年)
手法	シナリオ

i) 概要

○目的

Shell のエネルギーシナリオ⁵⁹のうち、「Sky シナリオ」⁶⁰は、パリ協定の目標を達成するための挑戦的な道筋(Pathway)を示したものである。ターゲット年である 2070 年までには、これまでとは大きく異なるエネルギーシステムが出現している可能性があるとした。

「Sky シナリオ」は、これまでに策定された「Mountain」、「Ocean」のシナリオ⁶¹に追加する形で策定したもので、産業革命以前からの世界平均気温上昇を 2℃以下に制限するための技術、産業、経済的なルートを示した。

○手法

シナリオ策定にあたっては、探索的なシナリオプランニングのアプローチを採用している。シナリオ自身とグループの内部関係者が集まり、将来社会を複数同時に想定しながら、ビジネス戦略を検討するプロセスとシナリオを策定する部分を分けて進めている(ビジネス戦略に係る内容を書き込むことは原則していない)⁶²。

将来シナリオの推計等にあたっては、MIT との共同プログラム(Sky の気候影響評価のための地球変動科学・政策プログラム)と連携し、MIT の統合グローバルシステムモデル(IGSM)フレームワークを活用し影響評価を実施した。なお、Shell は、同共同プログラムに 10 万米ドルを寄付している。

⁵⁹ Shell は、1973 年 5 月にエネルギーシナリオを公表し、以降、40 年間にわたり複数のシナリオを策定してきた。注目を集めたのは、石油危機が発生する以前の段階にて、石油価格高騰シナリオを検討していたことである。

⁶⁰ https://www.shell.com/promos/business-customers-promos/download-latest-scenario-sky/_jcr_content.stream/1530643931055/eca19f7fc0d20adbe830d3b0b27bcc9ef72198f5/shell-scenario-sky.pdf

⁶¹ 2013 年 3 月に公表された「ニューレンズシナリオ」では、2060 年に向けた二つの異なる未来像「Mountain」、「Ocean」を設定し、エネルギーの未来シナリオを描いた。「Mountain」は、現在優位な立場(山頂)にある者が、現状の体制を維持するかたちで社会の安定を生み出そうとする世界である。政府が大きな力を持ち、ナショナリズムの色が強く、エネルギー保障が重要な問題となります。政策的な支えにより、大規模で長期的なプロジェクトの実行が可能となり、エネルギーミックスにおける天然ガスの存在感が高まる世界である。他方、「Ocean」は、ピープルパワー(人々の力)が中心となる世界です。様々な動きが競合し、利害関係者がどんどん増えてゆき、ぶつかりあい波立ち、何とか収まろうとする世界である。権限が広く委譲され、市場原理による調整が大きな役割を果たす。資源価格は高騰し、石油と石炭がエネルギーミックスの中で重要な役割を担い続けるとともに、世界的に太陽光発電が重要になる世界を描いた。

⁶² 角和昌浩「シナリオプランニングの実践と理論『シェル・グローバルシナリオ 2025』をめぐる」、IEEJ、2005 年 10 月掲載(<https://eneken.ieej.or.jp/data/pdf/1177.pdf>)

ii) ハイライト

Sky シナリオは、世界の平均気温上昇 2°Cを遥かに下回るように維持する野心的なシナリオであり、社会、市場、政府による相互に気候変動対応の強化を加速させる姿を示した。Sky シナリオでは、向こう 50 年 (2070 年) で、ネット・ゼロ排出 (Net-zero emissions)⁶³に到達するため、エネルギー効率の向上 (需要の伸びを鈍化させる可能性)、脱炭素型発電と電化の拡大 (現在は 10 年あたり 2%の電化率に留まる)、公共政策プロセスにおける有望な低炭素技術 (バイオ燃料技術、二酸化炭素回収貯留技術 (CCS)) の社会受容性の担保が必要であるとした。Sky シナリオが成功するには、国家レベルにおいて、2030 年までに CO₂ 排出を迅速に削減するための法制度の整備、炭素税の創設等、政府間での共通理解を得ることを挙げた。また、2070 年までにネット・ゼロ排出を目指すには、化石燃料の直接使用から電化が必要である。電力が最終消費エネルギーの 50%を超え (2017 年の 5 倍)、太陽光発電が支配的な発電となり、二酸化炭素回収貯留技術とともに炭素吸収源を提供するバイオマス発電が一般化する。自動車については、内燃機関の段階的な廃止により、輸送システムでの電化が進展する (2030 年には世界の自動車販売の半分以上が電気自動車、2050 年には全ての自動車に電化が拡大。バイオ燃料、水素も重要な役割を果たす)。なお、化石燃料については、石油需要が 2030 年代までに減少し始めるが、石油が供給するサービスの幅が広いと見られ、1 日あたり 5000 万バレルは維持され、バイオ燃料等との混合が進展する。天然ガスは再生可能エネルギーへの移行期を補完するものとして重要な役割を果たし、2040 年以降に受容が低下するとしていた。

Sky シナリオでは、現在から 2070 年までに以下の取組が必要とされる。

【相互強化を加速するための事柄】

- 消費者の考え方が低炭素、高効率のオプションを優先的に選択すること
- エネルギー使用効率の段階的な変化により過去の傾向を上回る利益をもたらすこと
- 炭素価格設定メカニズムの採用・炭素費用の内部化 (2020 年代に世界の政府で採用)
- 最終エネルギーの電化率は 3 倍以上、世界発電量は現在の 5 倍。
- 新エネルギーは 50 倍成長し、2050 年代には一次エネルギーに占める再生可能エネルギーの割合が化石燃料に食い込む。
- 大規模炭素回収・貯蔵施設の建設 (約 10000 施設) ※2020 年稼働中は 50 未満。
- ネットゼロの森林伐採の達成 (ブラジルのような再植林地域では 1.5°Cに制限する可能性がある)

⁶³ Sky シナリオでは、ネット・ゼロ排出について、一部の進歩的な地域 (Progressive regions) で 2050 年代目標としてネット・ゼロ排出を考慮する必要がある一方で、産業経済全般にわたり、ネット・ゼロ排出は厳しく、21 世紀初頭は比較的簡単に利用できる石炭が重要なエネルギー資源として使用され、2050 年代においても航空、海運、道路貨物、セメント製造、化学プロセス (一部)、精錬、ガラス製造等ではエネルギー密度の高い燃料の消費は続くとした。

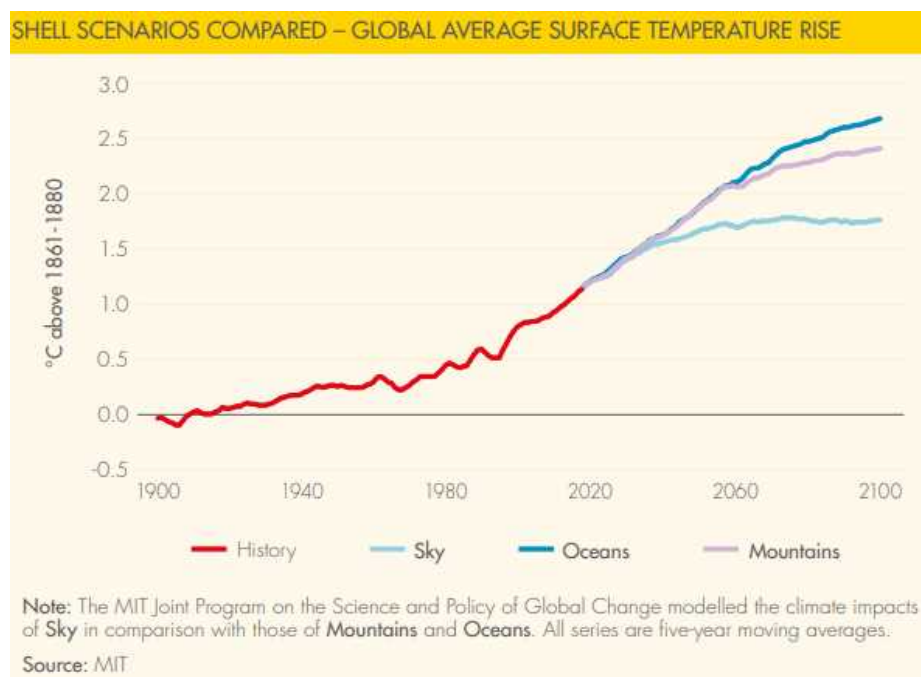


図 17 地球温暖化による平均気温上昇シナリオの比較
出典：Shell(2018) “Sky scenarios”

②Deutsche Post DHL Group , Logistics Trend Radar – Delivering insight today, creating value tomorrow (2018)

対象年	向こう5～10年(2023年から2028年)
手法	顧客、有識者等のパートナーからの情報収集

i) 概要

○目的

ドイツポストでは、「Logistics Trend Radar」において、今後5～10年で物流業界に影響を与え、未来を変革する28の重要な社会、ビジネス、技術的トレンドを分析している。Logistics Trend Radarとしては、第4版。(2013年から開始)である。

○手法

メガトレンドとマクロトレンドの分析、研究機関、ハイテク企業、新興企業、顧客等のパートナーからのインプットを通じて、DHLトレンドリサーチ(DHLイノベーションセンター)でTrend Radarを開発した⁶⁴。

ii) ハイライト

⁶⁴ Web ツール (<https://www.logistics.dhl/global-en/home/insights-and-innovation/insights/logistics-trend-radar.html>)

現行の第 4 版では、新しいトレンドとして、都市物流を強化する「スマートコンテナ化」、物流サービスとスマートホーム環境の統合である「コネクテッドライフ」が含まれる。潜在的に Disruptive な新たなビジネス要素が高いものとして、下記が挙げられている。

- Digital work[5 年先-]: 人口高齢化、肉体的・集約的な労働の自動化は、物流業界を変える。物理的デバイスとソフトウェア(仮想ロボット)の両方。人間と協調し動作するロボットが増えている。競争力維持のため従業員のスキルアップ、トレーニングの新たな方法の開発が必要。
- Green Energy Logistics[5 年先-]: 小包の配送量は増加。都市およびロジスティクス業務におけるラストマイル配送に対する環境ソリューションの必要性が高まっている(再生可能エネルギーの増加と相まって、電気モビリティおよび物流用施設ソリューションの開発を推進し、業界のグリーン化を支援。
- Logistics Marketplace[5 年先-]: 様々なロジスティクス需要と供給を一致させるデジタルブローカープラットフォームが形成され、一元化されることで、情報、料金、サービスの可視化が進展する。顧客ニーズに合わせたソリューションをデジタルで調整することができる。
- Omni-channel logistics[5 年先-]: 次世代小売業(ウェブルーミング)では、各チャンネルのニーズに合わせたロジスティクス・ネットワークが必要である。在庫、動的配信、フルフィルメントオプション、シームレスな顧客サービス等。

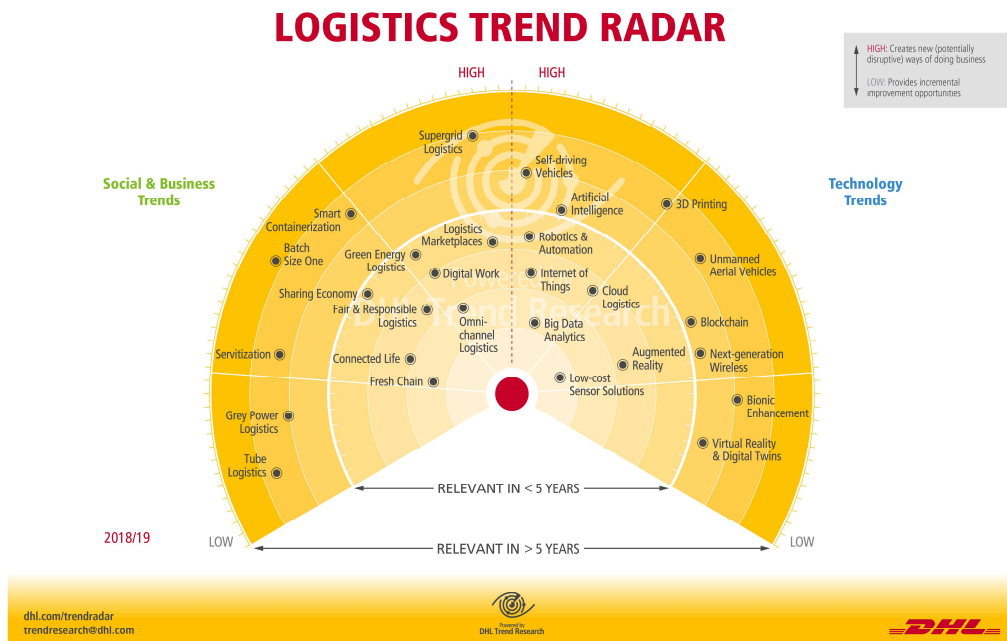


図 18 Logistics Trend Radar

③SIMENS Research Stories (Future technologies)

対象年	向こう5～10年
手法	シナリオ

i) 概要

○目的

SIMENS では、以前において“Picture of the Future”(中長期ロードマップ)を開発しており、その後、PoF は、Web マガジン形式のコンテンツとして、調査書類、Web ニュースの形式で公表されていた。予測対象年は5～10年後で、これらの検討にあたっては3～5名程度の専門家と10～15名程度でプロジェクトチームを構成した。

現在は、企業情報の中で Future technologies があり、研究文書として、「人工知能」、「シミュレーション・デジタルツイン」、「エネルギートランジション」、「サイバーセキュリティ」、「未来の居住」、「オープンイノベーション」、「Additive manufacturing」等の区分で将来技術やトピックに関する記事を掲載している。

SIMENS が将来技術を適用した社会の姿を描く理由として、将来技術の社会実装にあたり、関与者を呼び込むための施策として位置づけている。

○手法

以前においては、ロードマップの開発が行われていたが、近年は記事、将来社会に係る叙述が中心であった。現在は、ホームページの Innovation にて、未来のための研究開発に係る情報を提示している。

ii) ハイライト

Research Stories は、産業(Industry)、エネルギー、インフラストラクチャ、研究・技術に分類され、各分類では次代の技術に関する紹介を行うとともに、未来に向けた取り組みを紹介している。

■産業(トレンドトピック)

- IoTストーリー(IoTの急速な拡大により、“things”は2025年には750億を超え、IoT市場も1兆600億ドルに爆発する見通しとなっている。ストーリーでは、データの価値づけ、モノづくりの未来、IoTと人工知能、駆動装置としての5G、サイバーリスクを無視するとビジネスが破壊される可能性を示した)
- インダストリアルエッジ(デジタル化の進歩により大量の生成データの処理等の新たな課題を提示している。同報告では、エッジコンピューティングの将来動向を示した)
- 産業における人工知能(生産環境におけるデータ量は、プラントとシステム全体で生成される。マシンとプロセスが大量データから洞察し、運用中にプロセスを最適化できるようになるとした場合の可能性を示した)
- 全ての工場における5Gネットワーク(ローカル5Gネットワークにより生産はより効率的、自律的、かつ柔軟になる。産業用5Gは、2023年までにドイツ、英国、米国等で使用される。エンドツーエンドのデジタル化とモノのインターネットのおかげで、スマートファクト

リーの柔軟性と生産性が向上するとした)

- 積層造形[Active Manufacturing](3D プリンティングによる製造革命。発電、航空宇宙、ヘルスケア、鉄道輸送、自動車産業、モータースポーツ等の分野で応用されている)

■エネルギー

本項目は、持続可能なエネルギー、グリーン水素、デジタルトランスフォーメーション、技術イノベーション、エネルギー供給、グリッドコネクション、分散エネルギーからなる。

■インフラストラクチャー

本項目は、インフラストラクチャーの未来に関するインタビュー(未来都市、スマートビルディング、IoT による人生の質的向上等)、移行期のエネルギーシステム、明日の建築、スマートシティで構成される。

■研究・技術(トレンドトピック)

本項目は、トレンドトピック(人工知能、デジタルツイン、サイバーセキュリティ)を取り上げているが、主に上記の分類で紹介された研究・技術に係る記事を掲載している。技術項目として逆引きできるようになっている。

④三菱総合研究所「未来社会構想 2050」

対象年	2050 年
手法	シナリオ

i) 概要

○目的

三菱総合研究所では、「豊かで持続可能な世界」を 2050 年に目指すべき世界の姿と想定し、実現に向けて必要とされるコンセンサス(基本的人権の尊重、法の支配、プライバシーの尊重、持続可能性の重要性等の価値観、道徳・社会規範)の共有と、他方、世界経済の多極化の進展が想定されることことから、目指すべき世界が実現できない場合は世界の分断が進展し、国際的な合意形成(国際ルール、気候変動の取組等)も困難になる。これらの認識に立ち、押さえておくべき世界の潮流等を描写した。

○手法

本報告は、現在生じつつある社会的課題、トレンドや長期統計データの推計値等を踏まえ、将来社会の姿を記述したものである。文献調査、有識者との意見交換を通して作成されたものである。

ii) ハイライト

世界の潮流変化として、以下の 6 つのトレンドを取り上げている。

表 19 世界の潮流変化

トレンド 1 デジタル経済圏の台頭	プラットフォームなどが発行するデジタル通貨や、それにひもづく経済活動が拡大し、デジタル経済圏が形成される。
トレンド 2 覇権国のいない国際秩序	米中経済がともに世界の GDP シェアを落とし 2 割台へ低下する一方、インド経済の台頭・拡大が本格化する。その結果、米中印で世界の半分の GDP を占めるが、いずれも絶対的な覇権国になり切れない状況が続く。
トレンド 3 脱炭素を実現する循環型社会	エネルギー面では太陽光や風力といった再生可能エネルギーを軸とした需給構造の構築が、また資源面ではリサイクル・代替が加速する。
トレンド 4 変容する政府の役割	既存の行政サービスは極限まで効率化が求められる一方、国際的なルールや順守体制の構築、デジタル経済圏の拡大にともなう新しい環境整備、経済格差に対するセーフティネットの提供などで、政府の役割が拡大する。
トレンド 5 多様なコミュニティが共存する社会	デジタル技術による距離・言葉の壁の撤廃などの変化は、コミュニティの交流を促進する面がある。一方、デジタル空間中で議論や主張をする際には、フィルターバブル(検索エンジンの検索結果の偏り等)やエコーチェンバー(コミュニティ内でのコミュニケーションの繰り返しによる意見の強化・偏りの増幅)のようなコミュニティの分断を深める特徴があるため、政党や宗教などのコミュニティ間では分断が深まる恐れがある。
トレンド 6 技術によって変わる人材	個人の人生も大きく変わる。さまざまなイノベーションの実装に伴って、経済活動の半分以上はデジタル経済圏に関わるものになり、家事の自動化や通勤時間が減ることで自由時間が増える。さらにライフサイエンスの進歩に伴って、健康寿命も延伸される。これらにより人生の豊かさは向上するとともに、人々の豊かさの尺度も多様化していく。

⑤みずほフィナンシャルグループ「2050 年のニッポン～課題を乗り越え、輝き続けるために～」

対象年	2050 年
手法	シナリオ(バックカスティング)

i) 概要

○目的

みずほフィナンシャルグループでは、現状認識として、これまでの 30 年間で「置き去りにされた日本」とし、次の 30 年間で次世代に向けて「長期かつ不可逆な変化に直面する日本」と位置づけ、将来を大きく左右する構造的課題にどのように向き合うかの分水嶺に立つ日本とした。特に次の 30 年間は、日本は本格的な人口動態の変化に直面し、既に深刻化しつつある財政問題を抱える。また、グローバル面では技術の進歩、新興国の勃興、資源・環境制約を抱える。

○手法

本報告は、構造的な課題を乗り越えることを主眼に、目指すべき姿を描き、そこからバックキャストし、対症療法ではない抜本的な変革に取り組むため、超長期ビジョン(「ありたき姿」)を検討した。検討にあたっては、対症療法を続けた「あつてはならぬ未来」と課題に向き合い、果敢の変革に取り組んだ「ありたき姿」を示した。これにより、個人、企業、政府等の各主体に求められる取組の方向性を浮き彫りにした。

【構成】

- 2050年の日本を取り巻く外部環境の整理(世界経済・技術動向)
- 2050年「こうなってはならない」日本の姿(避けるべき未来)
- 2050年「ありたき姿」とその実現に向けて

ii)ハイライト

【こうなってはならない姿】

「こうなってはならない」日本の姿として、対応の遅れがもたらす5つの致命的な問題として、雇用では雇用ミスマッチ、格差固定化、医療・社会保障では皆保険崩壊、社会保障大幅減、インフラではインフラ老朽化、過疎化の進展、資源ではコスト負担増大、産業では産業基盤の弱体化、空洞化の加速を挙げた。

想定される未来として、雇用ミスマッチの拡大はAI・ITを活用できる人材とそうでない人材間での格差の拡大を招き、財政逼迫は老朽化設備の増加とそれに伴う事故の多発を招き、健康寿命の延伸が見込めない場合、医療費の増加に耐えられず、皆保険制度が崩壊するとした。産業面ではインフラ等の基盤劣化や技術力の低下は、企業や高度人材の海外流出を招き、産業の空洞化を引き起こすことが懸念される。

表 20 「こうなってはならない」日本の姿

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none">● 2020年代からマイナス成長が常態化、財政逼迫は深刻● 対応の遅れがもたらす5つの致命的問題(雇用、医療・社会保障、インフラ、資源、産業)● このままだと起きかねない悲惨な未来(雇用ミスマッチ、財政逼迫、健康寿命伸びない、インフラ等の基盤劣化・技術力の低下) |
|---|

■不安で、安全が保たれない社会

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none">● 格差が拡大した社会<ul style="list-style-type: none">➢ 雇用のミスマッチ拡大と共に格差も拡大。貧困の再生産が進展● 持続性のない社会<ul style="list-style-type: none">➢ 産業が空洞化し、財政逼迫により社会保障制度も維持不能に● 隔絶された社会<ul style="list-style-type: none">➢ 失業者増大・過疎地域拡大で、人々はやりがい・生きがいを持ってない |
|---|

【ありたき姿】

「ありたき」日本の姿として、「雇用・教育」、「医療・社会保障」、「社会インフラ」、「環境・エネルギー」、「産業構造」の 5 つの姿を示し、『誰もが安心して安全に暮らせる社会』（公平・公正さ、生きがい・繋がり、豊かさと持続性）を掲げた。各項目の姿については、下記の通りである。

表 21 「ありたき」日本の姿

- 雇用・教育
 - 仕事と学びの好循環によりエイジレス・ジェンダーレス社会を構築
 - ヒトとテクノロジーの共生、様々な繋がりがもたらす新たな創造
 - 目指すべき姿の実現のために必要な雇用・教育の在り方
 - ◇ 意欲ある誰もが学べる社会
 - ◇ 年齢、性別、学歴等によらない人事・雇用制度を設計し、意欲ある誰もが働ける社会
 - 学びの機会拡大と、求められるリカレント教育の在り方
 - 学び直しをささえるセーフティネットの充実
 - エイジレス・ジェンダーレス社会構築に向けた制度・政策の在り方
- 医療・社会保障
 - 健康寿命が大幅に延伸、持続可能な医療保険制度が実現
 - 基盤整備、ヘルスケアの高度化・産業化、医療財政健全化と市場創出のステップ
 - 医療基盤の高度活用に向けた「掛け算人材」育成の必要性
 - 先制医療により革新的な疾病予防が進み介護需要は減少
 - 健康寿命延伸に欠かせない資産形成（資産寿命延伸）
 - 年金は万が一の保険、年金に頼らずとも生活できる社会
- 社会インフラ
 - 世界を惹き付ける巨大都市圏、快適な暮らしを支える街（スーパーメガリージョンの形成、コンパクトシティ）
 - 日本の牽引役となるスーパーメガリージョン
 - デジタル化によるレジリエンスとイノベーション創出力の向上
 - インフラ基盤としての衛星データの利活用の拡がりと高度化
 - 地域の創意工夫を活かしたコンパクトシティ形成
 - 行政区分の見直し議論（地方分権・道州制）
- 環境・エネルギー
 - エネルギー自給化と大幅な温室効果ガス削減を実現
 - 2050年のエネルギーミックス ～再エネを主力電源化
 - 再生可能エネルギー普及に向けたコスト低減という課題
 - 再エネの利用拡大と水素活用による再エネの流通促進
 - 社会インフラの変化に即したエネルギー供給体制
 - 分散型エネルギーのプラットフォーム事業の台頭
- 産業構造
 - 事業環境の変化に対応、競争力ある産業構造へと転換
 - 国内市場創出とグローバル競争力強化の好循環の実現
 - 社会的ニーズへのソリューション提供 ～「課題解決型素材産業」
 - インストールベースを活かす「モノとサービス」～「モビリティ産業」
 - AI とロボットが担う物流 ～広がる「モビリティ産業」の領域
 - 「繋がり」がコト消費を喚起 ～「セレンディピティ型サービス産業」
 - 訪日外客数 8,000 万人時代へのインフラ整備と多様なコンテンツ
 - ヘルスケア領域の拡がり ～「総合生活サービス産業」
 - 世界に先んじる再生医療バリューチェーン ～「高度医療産業」

- データ集積を活かしたヘルスケア産業の人材誘致・国際拠点化
- 地域特性・課題に応じた新たなユーティリティ事業
- 地方を支える「産業としての農業」の確立



■誰もが安心して安全に暮らせる社会

- 公平・公正さ(フェア)の実現
 - 機会の平等が実現、貧困の再生産が生じない
- 生きがい・繋がり(エンゲージド)の実現
 - 個人がそれぞれの存在意義(役割)を感じられる
- 豊かさと持続性(サステナブル)の実現
 - 構造転換により成長を実現、持続可能な社会システムを確立

⑥日立製作所「ビジョンデザイン」

対象年	2030～2050年
手法	シナリオ、スキャニング(AI活用)、専門家パネル

i) 概要

日立製作所の「ビジョンデザイン」は、未来を描くためのデザイン活動の一つであり、社会イノベーション事業を推進する上での取組みの一つである。背景には、社会システムの運営に係る課題は、一つの企業のみで解決することが難しくなっており、あるべき姿の提示も同様である。日立製作所では、社会の関与者を巻き込み、将来の社会システムのあるべき姿(将来像)を提示し、議論を喚起する取組がビジョンデザインと位置づけている。ビジョンデザインでは、新しい技術が意図せずにもたらしてしまうかもしれない問題や、新しい技術だけでは解決できない問題にも着目し、人の生活への寄り添い方も議論している。



図 19 エネルギー領域ビジョン (Energize Our Future Communities)

出典: 日立製作所・ビジョンデザイン

(https://www.hitachi.co.jp/rd/portal/highlight/vision_design/outline/index.html)

ビジョンデザインの対象分野は、街・ホーム、自動運転、エネルギー、ものづくり、トラスト、ペイメント等からなる。

ii) ハイライト

〈未来社会の政策提言：日立京大ラボ〉

■概要

手法はそれぞれの将来の社会像の提示方法により異なる。例えば、日立京大ラボ(日立未来課題探索共同研究部門)では、人文・社会科学系の有識者と情報科学系の研究者がAI(人工知能)を用いて、日本の未来シナリオ(あるべき社会)を検討し、2017年9月に共同で、持続可能な日本の未来に向けて政策提言を行った⁶⁵。具体的には、情報収集を踏まえ、シナリオの選択肢検討において、AI技術を用いたシミュレーションを実施し、解析結果を専門家パネルで検討し、政策提言に至った。

これらの成果は、長野県の「しあわせ信州創造プラン2.0」でも応用した。また、日立京大ラボでは、「Crisis 5.0」からの脱出口を探すため、様々な分野の学生が参加し、ワークショップ形式で、3つの喪失(「信じるものがなくなる」「頼るものがなくなる」「やることがなくなる」)のディストピアを描き、喪失から逃れる出口を検討している。



図 20 政策提言の全体フロー

出典：日立製作所(社会イノベーション)HP

(https://social-innovation.hitachi/ja-jp/case_studies/hitachi_kyodai_lab/)

■未来予測結果

「日本の未来シナリオ」(あるべき社会)では、AIが複雑に絡みあう社会要因の中から2018年から2052年までの35年間に起こりうる約2万通りの未来シナリオを描いた。類似シナリオ

⁶⁵ 未来社会のシミュレーションにあたり、大学の研究者が参画し、「少子化」「環境破壊」「国内総生産(GDP)」「失業率」などの定量化できる指標だけでなく、「幸福感」「豊かさ」などの定性的な指標も含めた、149個のキーワードを挙げ、各指標間の因果関係を検討した。

(https://social-innovation.hitachi/ja-jp/case_studies/hitachi_kyodai_lab/)

を分類した結果、23 のグループに分類され、将来の社会環境として「地域分散型」と「都市集中型」の二つのシナリオに二分された。地域に人口が分散され、再生可能な環境になることで、出生率が高まり、人口増加、格差縮小、個人の幸福度向上に資する結果を導出した。

シナリオグループ#	人口	財政	地域	環境資源	雇用	格差	健康	幸福	解釈
1~4	○	△	○	△	△	○	△	○	地域再生・持続可能 財政持続性に注意要
5~7	△	△	△	△	△	△	△	△	持続性不良・不満
8~11	○	△	△	△	△	○	△	△	人口持続可能・不満
12~15	○	△	○	×	△	○	○	○	環境持続不能
16~20	○	×	○	○	△	○	○	△	財政持続不能
21~23	×	○	×	○	○	×	×	×	都市集中・格差拡大 人口持続困難

図 21 各シナリオグループの解釈結果

出典：日立製作所(社会イノベーション)HP

(https://social-innovation.hitachi/ja-jp/case_studies/hitachi_kyodai_lab/)

〈Future Trust: Method 社との連携〉

■概要

「Future Trust」では、2030 年の“信頼”のシナリオとして、「分散化された透明性」(Decentralised & Transparent)、「集中管理」(Centralised & Curated)、「分散型及び自律型」(Distributed & Autonomous)の 3 つのシナリオを描いた。本シナリオの作成にあたっては、デザインファームの Method 社と連携し、Method 社では将来社会シナリオの設計・作成、フレームワーク構築を行った。

表 22 Future Trust の検討プロセス

プロセス	内容
Future casting による洞察	トレンド調査を通じて、インサイトを抽出し、専門家と対話。 2030 年に生じる仮説的イベントに基づく、物語(Narratives)の作成。 物語をサポートし、展示するためのオブジェクトの作成
Speculative Design (思索のデザイン)	3つの思索的(推論的)社会と3つの将来シナリオを想定し、仮説的なイベントにより形成されるタイムラインを設定した。 仮説的なイベントと将来のアウトカムは、専門家を対象としたインタビュー等の研究段階で収集した情報に基づき、洞察した。
物理的な人工物(芸術品)を踏まえた議論	将来シナリオの作成

■未来予測結果

将来シナリオとして、「Decentralised & Transparent」、「Centralised & Curated」、「Distributed & Autonomous」の社会を描いた。

表 23 Future Trust における将来シナリオ

社会の形	内容
Decentralised & Transparent	この社会では他人に対する信頼が際立っている。あらゆる情報は公開され、情報の透明性の高さが、利他的な行動を促す
Centralised & Curated	この社会では人々は大きな組織に全幅の信頼を寄せている。特定の企業に依存リスクよりも、信じることでの利益や利便性が上回っている
Distributed & Autonomous	この社会では、自分が所属するコミュニティを信頼しており、コミュニティ外に頼ることなく、自分たちの生活に責任を持ち、自給自足の暮らしを送っている

「Decentralised & Transparent」社会では、政府の重要な機密情報の漏えい事故を皮切りに情報の高い透明性を求める動きが活発化するとした。政治家も自らの透明性を高めるキャンペーンを展開し、中には自らの 24 時間ライブストリームを公開する「完全な情報の透明性」を体現する政治家も登場する。関連する技術・サービスとして、Connected ID カード（日常の記録カード）、オンデマンド医療キット（医療従事者の不足への対応）、通知付きモバイルデバイスがある。本シナリオのキーワードには、GDPR の施行、EU 及び欧州経済における決済サービス指令の施行、性差による給与格差、ギグエコノミー、量子コンピュータ、ダイナミックプライシング、食品原産地・責任ある農作業・製造、プロセスに対する消費者の関心等が挙げられる。

「Centralised & Curated」社会では、政府の重要な機密情報の漏えい事故により、政府に対する信頼は過去最低なものとなり、企業は政府よりも効率的運営することができることを示し、信頼を獲得しようとする。政府は大きなプレッシャーに耐えかねて、独占禁止法までも廃止し、企業の吸収合併が図られる環境を整備し、生活に関わるあらゆるニーズに応える巨大企業を誕生させる。企業は自社への愛着を高めるため、インターネット通信が無償提供される。関連する技術・サービスには、個人データの収集デバイス（ウェアラブル）、パーソナルミールバー（個人の食感に応じた栄養バランスの取れた食品）、パーソナル医薬、パーソナルコンテンツ、パーソナルスキンケア等がある。本シナリオのキーワードには、企業買収による顧客情報の統合、情報が通貨のように扱われる、音声アシスタント、AI、オートメーション等が挙げられる。

「Distributed & Autonomous」社会では、政府の機密情報の漏えいと、大企業を襲う大規模なハッキングにより壊滅的な金融危機に陥る。人々は、政府、企業が資産や個人情報を守ってくれるという自信を喪失する。複数のコミュニティが形成され、既存の制度・サービスに依存することなく、食品からインターネットまで自分たちで構築するようになる。関連する技術・サービスとして、3D プリント可能な医薬品、セキュアなネットワーク発生器、エネルギー価格タグ（製品購入やサービス利用の対価として貨幣か、自ら生産する電力で取引できるようになる）、クラウドソース型ユーザマニュアル（各自で生活必需サービスの維持）、物理的な鍵等がある。本シナリオのキーワードには、Peer to Peer service、クラウドファンディング、ブロッ

クチェーン、ディープウェブ/ダークウェブ、オフグリッド、オープンソース、自給自足、サーキュラーエコノミーが挙げられる。

〈その他の取り組み〉

それ以外に、地域から未来をつくる「フューチャーリビング・ラボ」、市民参加型未来ビジョンを実施するとともに、社会システムの要件を生活者視点で捉えなおし、あるべき像の仮説“ビジョン”を描出する『きざし』(25 のきざし)等にも取り組んでいる。

2-4-2 民間企業の未来洞察活動

これまで、民間企業が広く社会に提言する将来社会の予測活動を取り上げた。ここでは、民間企業がコンサルティングサービス等の事業の一環として実施している未来洞察活動(事業)の例を示す。民間企業では、社会環境の変化、人や社会に影響を与える科学技術の進展、気候変動等による自然環境の変化等、以前と比べ不確実性がさらに高まりつつある。同時に、SDGs等の社会的課題に対応していくことが期待されていることから、事業戦略や事業計画の策定にあたり、将来社会の変化要因等を把握することが重視されつつある⁶⁶。

以下、民間企業の未来予測・洞察活動の取り組みの例を示す。

富士通「未来洞察プログラム」(富士通総研)

(<https://www.fujitsu.com/jp/services/knowledge-integration/insights/mirai201708/>)

- 市場環境や産業構造がこれまでの「競争」視点から「市場創造」視点にニーズが移り変わっていることを背景には、独創性、差別性のある未来創造に対するニーズが高まっている。富士通の「未来創造プログラム」では、ワークショップ型のコンサルティングサービスとして、変化の予兆の把握、将来シナリオの作成、未来の差別化領域探索、コンセプト創出等のプログラムを展開している。
- 未来洞察プログラムのサービスメニューは、基本コースとして体験版ワークショップや標準ワークショップを踏まえた未来洞察像の策定と、オプションとして、市場動向や海外動向等を含む市場環境の調査や新規事業化の検討からなる。
- 未来洞察にあたっては、10年後を見据えた社会・経済のトレンドをベースに、将来の予兆の洞察と現状課題の克服(確実性の高い課題への対応)を描いている。

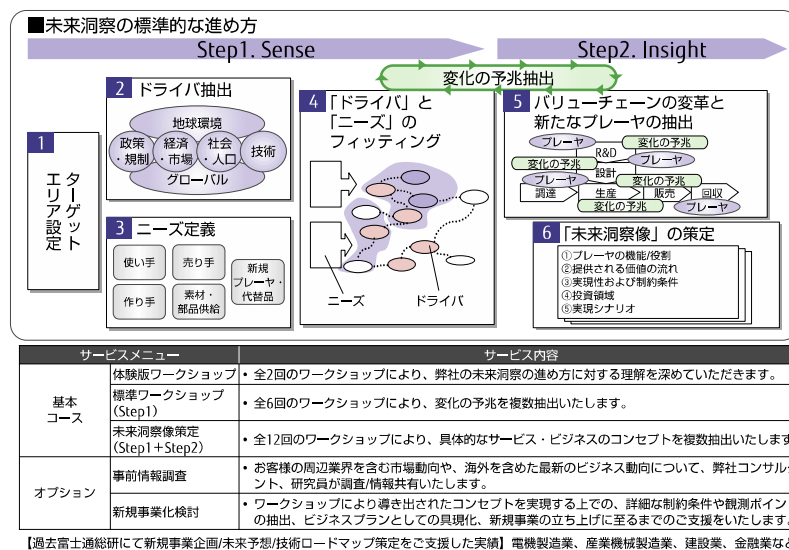


図 22 富士通の「未来洞察」プロセス

出典: 富士通 HP

(https://www.fujitsu.com/downloads/JP/archive/imgjp/group/fri/service/future_insight.pdf)

⁶⁶ STI for SDGs(SDGs 達成のための科学技術イノベーション)等の取組も関連する。

トヨタ自動車「未来プロジェクト室」

<<https://openroad-project.com>>

- トヨタ自動車未来プロジェクト室は、「より自由で活発に移動できる未来を実現し、人々の“移動総量”を増やすために世の中の“一歩先”を創っていく」ことをミッションに掲げ、新しいモビリティだけでなく、モビリティを軸とした未来のユーザーエクスペリエンスを踏まえたプロトタイピングを行うイノベーションファームとしている。未来プロジェクト室の規模は、10名程度。
- このため、技術オリエンテッドではなく、生活者（消費者）目線のサービス開発に主眼を置いており、当初、コンセプト提案型から、実証実験型「OPEN ROAD PROJECT」に取組に転換した（「i-ROAD」と「Frog」の2つのプロジェクトを展開）。2030年以降の消費者に支持し続けてもらうサービスの提供を担う。

【プロジェクト例:i-ROAD】

超小型パーソナルEV「i-ROAD」のプロジェクトでは、都市が渋滞、駐車場、騒音等の問題からモビリティでの移動の自由を感じられなくなったことを踏まえ、当該プロジェクトを通じて、都市でのモビリティの移動に自由を取り戻すことを念頭に、都市での移動体験をデザインしたものである。移動体験の開発にあたっては、トヨタ自動車内で完結させるのではなく、同じビジョンを有するスタートアップや大手企業等を巻き込んで、都市での移動に実現していくことを目指したプロジェクトである（試乗パイロットの募集、プロトタイピング（実証）、情報発信・ネットワーキング）。



図 23 都市での移動体験をデザインする「i-ROAD」プロジェクト

出典:トヨタ自動車未来プロジェクト室 HP
(<https://openroad-project.com/i-road/about/>)

【プロジェクト例:Frog】

Frog は、“Social Network Mobility”を掲げ、人と人をつなぐモビリティとして、誰もがいつでも自由に乗り降りできる（カエルが蓮の葉に飛び移る姿をコンセプトとした）。開発にあたっては、地域住民を交えた「ワークショップ」を複数回実施し、ワークショップや市場体験会で得られた意見を踏まえた「プロトタイプ開発」を行い、プロトタイプを実際の街中で走らせる等の「試乗体験会」を実施し、新しい開発や今後の示唆を得る形で進めている。



図 24 「Frog」プロジェクト

出典:<https://openroad-project.com/frog/>

パナソニック(未来創造研究所)「Panasonic Laboratory Tokyo」

<https://panasonic.co.jp/design/soken/>

- 未来創造研究所は、システムデザイン部として設立され、その後、システムプランニング(施設・空間デザイン、映像・IT・Web コンサルティング)、システム創造(生活研究・未来研究)と発展し、現在はデザイン本部に位置するパナソニックグループ内のプランニングとデザインコンサルティング部門である。
- 同研究所の主なプロジェクトとして、「未来ビジョン創造」、「ロボティクス開発」、「家電・サービス事業(IoT・クラウド活用)」、「デジタル活用コンサルティング」、「展示ディレクション」等からなる。中でも、「未来ビジョン創造」は、研究開発フェーズに位置するもので、次世代技術でつくる10年後のビジョンを創出するためのプログラム設計と未来像の作成するもので、ワークショップメソッドを開発している。具体的には、同研究所の知識基盤として、“未来トレンド”情報と技術担当メンバーの“想い”を核に未来像を作成している。

【取組例】

①メンバー内で未来トレンドの共有化

独自のデータ資料に基づき、10年後を想定した未来トレンド(社会/技術/価値観)を参加メンバーに講義し、予備知識の共有。プロアクションカフェ手法⁶⁷で創りたい未来等をヒアリングしている。

②未来トレンド・想いなどからのアイデア創出

10年後を想定したトレンドキーワードや担当メンバーの想いなどを掛け合わせ、創りたい未来像アイデアを創出する。また、ストーリーボードを用いた投資家向けプレゼン手法で、各メンバーの想いや創りたい未来アイデアを共有する。



図 25 「未来ビジョン創造」の検討風景

出典:パナソニック未来創造研究所 HP

(<https://panasonic.co.jp/design/soken/project/1/>)

- 「Panasonic Laboratory Tokyo」は、AI、IoT等の先端技術の開発者を中心に社内外とコラボレーションするための拠点(研究開発機能を有する)であり、「共創と集中の両立」をコンセプトに、社外の人との未来洞察するオープンスペース「Kizashi Hub」がある。

⁶⁷ プロアクションカフェは、フューチャーセッションの気づきを総合し、日常に戻ってどのような活動に着手するか、次の一歩を明確にするときに利用される方法論。ワールドカフェとオープンスペーステクノロジーを組み合わせて生み出された方法。(https://www.ourfutures.net/session_methods/proactioncafe)

博報堂生活総合研究所「未来年表」

〈<https://seikatsusoken.jp/futuretimeline/>〉

- 博報堂生活総合研究所は、博報堂が「生活者発想」を具現化するために 1981 年に設立された研究所で、消費者の意識、行動に着目したシンクタンクである。生活総研では「ひらけみらいフレーム」に基づき、与件としての未来(人口変動)、可能性としての未来(経済や流行の周期等、生活者の意識・価値観の変化)、希望としての未来(現在の延長線上ではない自由な「みらい」の発想)を検討している。
- 博報堂生活総合研究所の「未来年表」は、未来予測関連の記事やレポートから「〇〇年に、〇〇になる」といった情報のみを厳選し、西暦年や分野ごとに整理した未来予測のデータベースである。各未来予測データについて、予測、推計、計画、政策目標、決定別に類型化を図り、それらのデータ元の出典、資料名、発表時期を付記している。
- 2020 年 2 月時点で「科学技術」のキーワードで検索すると、13 の未来事象が検索され、科学技術イノベーション総合戦略で取り組む事業等の市場規模等に関する記事(政策目標)を検索することができる。また、「イノベーション」のキーワードでは 48 の未来事象が検索される。

The screenshot shows the 'Future Timeline' website interface. At the top, there is a red header with the logo 'HAKUHODO' and the text '未来年表 - FUTURE TIMELINE -'. Below the header, there are navigation tabs: '未来年表 TOP', 'フリーワード検索' (highlighted), '西暦検索', '分野検索', '索引検索', and 'あなたの未来年表'. A search bar is present with the text '科学技術' and a 'SEARCH' button. Below the search bar, the results are displayed under the heading '科学技術の未来 (13 ミライ)'. The results list various future events from 2021 to 2030, categorized by social, technology, and economic aspects.

Year	Category	Event
2021	社会	エジプト日本 科学技術 大学のキャンパスが、このころ完成する (日本の支援でエジプトに設立)
2023	技術	生まれるまえの雲を観測する、防災 科学技術 研究所の雲レーダーが実用化する (グリラ雲雨の予測)
2024	技術	日米 科学技術 研究開発協力協定が、この年まで継続する (1988年締結)
2025	技術	有望な科学分野に集中投資する政府の第3期 科学技術 基本計画により、家事や介護ができるロボットが実現する
2025	社会	経済、貿易、 科学技術、 金融などの分野で米国と中国の摩擦が生じる (2021-25年)
2027	情報	この年までの10年間、政府が量子コンピューター開発を含む量子 科学技術 に数百億円を集中投資する (2018年度から最長10年)
2030	資源	科学技術 イノベーション総合戦略に取り組む政府が、太陽光発電システムのコストを7円/キロワット時未満に抑える (2030年以降)
2030	人口	科学技術 イノベーション総合戦略に取り組む政府が、平均寿命と健康寿命との差を縮小する
2030	経済	「 科学技術 イノベーション総合戦略」に取り組む政府が、感染症の次世代ワクチンを開発する
2030	医療	「 科学技術 イノベーション総合戦略」に取り組む政府が、iPS細胞の使用を含めた再生医療の市場を1兆円の規模に育成する

図 26 博報堂生活総研「未来年表」Web サイト

出典:生活総研 HP(<https://seikatsusoken.jp/futuretimeline/>)

- 「未来年表」のサイト運営は、「FUTURE LAB 未来人」が行い、編集・制作を行っている。月刊レポートとして、『月刊未来人』を発行し、毎月のデータ更新(20日)に併せて、未来の変わり目を予感させるもの、ユニークな取組に焦点を当てて掲載している。

NTT データ「Technology Foresight 2020」

<https://www.nttdata.com/jp/ja/foresight/trend-listing/>

- NTT データ(技術開発本部)では、将来の社会、ビジネスにインパクトを与えるテクノロジーのトレンドを「NTT DATA Technology Forecasting」として取りまとめている。最新の報告は、2020年1月24日に「NTT DATA Technology Forecasting 2020」が公開されている。人工知能を中心とした技術の進展は従来の価値観を変化させ、新たなビジネスモデルや顧客体験を創出する。また、地球規模課題が顕在化する中で、ビジネスイノベーションだけでなく、社会に普遍的な価値をもたらすソーシャル・イノベーションも求められ、テクノロジーに期待される役割は複雑で多岐にわたってきたとした。同報告では、今後3～10年の間に変革をもたらす重要な技術を特定し、それらのテクノロジー活用の中核となる考え方を、3つの「情報社会トレンド」、8つの「技術トレンド」を導出した。
- 予測にあたっては、マーケティング手法であるPEST (Politics, Economy, Society, Technology)分析を用いて、57の重要課題⁶⁸から情報社会トレンドを、106の革新技術から技術トレンドを抽出した。

【情報社会トレンド】

- ①個の追求:徹底した最適化と個別化に向け技術を活用する(パーソナライズ)
- ②世界の拡大:活動領域拡大、未踏領域開拓に向け技術を活用する
(デジタルトランスフォーメーション)
- ③規範の探求:新興技術に即した規範創成が技術活用と共に求められる

【技術トレンド】

- ①知的活動に進出するAI
- ②AI共存社会の加速と課題
- ③興隆する超プロセスデータ活用
- ④データで考究する生命課題
- ⑤データ活用時代のセキュリティ
- ⑥計算力革新の探求
- ⑦協調指向インタラクション

⁶⁸ 世界に変化をもたらす重要課題57の例は次の通りである。

【重要課題】人口爆発、高齢化、格差・貧困の拡大、移民問題、権力拡散、文化の対立と融合、基本的人権の確保、ソーシャル・インクルージョン、健全な育成景気停滞、通貨の安定、規制改革、宇宙開拓、地底・深海の有効活用、グローバリゼーション、知的財産保護、先進国の影響力低下、インフラクライシス、インフラ構築の効率化、エネルギーの安定供給、予防医療、産業構造の高度化、循環型経済の実現、無形資産の価値向上、ローカライゼーション、人工知能の浸透、データの資源化、精神的充足の希求、個の影響力の拡大、社会保障の持続性、医療の高度化、イノベーション創出、プライバシー保護、高度人材の育成、雇用不安、都市化問題、ジェンダーの平等、教育機会・環境の整備、衛生改善や医薬品の普及、食品安全への不安、水不足/食糧危機、環境保全、資源保護、気候変動、地球温暖化、防災、サイバー脅威の深刻化、技術革新の負の影響、インターネットガバナンス、インターネットアクセスの拡大、デジタルとフィジカルの融合、アクセシビリティの確保、ワークライフバランス、価値観のコンフリクト、持続可能性の追求、社会倫理の再構築、近代民主主義の危機

⑧知能を持つ物理的接点の拡大

経産省・未来対話プロジェクト

(平成 30 年度産業経済研究委託事業「イノベーション経営の普及に係る調査研究」)

(https://www.meti.go.jp/meti_lib/report/H30FY/000229.pdf)

- 未来対話プロジェクトは、経済産業省の平成 30 年度産業経済研究委託事業「イノベーション経営の普及に係る調査研究」の一環で実施されたものである。
- 事業の背景には、第 4 次産業革命の急速な進展に伴い、企業経営においてイノベーションを生み出す環境の構築が喫緊の課題で、特に、社外のステークホルダーと重層的な協力関係を構築しながら価値創造を行うオープンイノベーションの実現のためには、従来の経営とは異なる対応が必要となっていることが挙げられる。イノベーション経営を取り巻く環境は、2013 年に国際標準化機構 (ISO) でイノベーション経営 (Innovation management) に関する検討委員会 (ISO/TC279) が設置される等、国際的な動きの中でイノベーション経営が議論されてきたこと等を挙げた。なお、イノベーション経営の国際標準規格 (ISO56000) は、2020 年 2 月に発行された⁶⁹。また、政策立案側では、中長期視点で政策を企画立案し、官と民の垣根を越えて、オープンイノベーション型で対話型の政策形成を行うことが重要であると認識され、今後、我が国の成長にとって重要となる複数分野において、未来洞察を行うとともに、官の機能として、フューチャーセンターのような、企業や市民等と対話を促す場の整備が必要と考えられ、同事業の実施に至った。
- 同事業で実施された未来予測の取り組みは、2030 年代までを見据えた「METI 未来対話 map」及び「未来シナリオ」が作成された。未来検討においては、委託先である野村総合研究所が株式会社博報堂とともに検討を実施した。また、経済産業省内のオープンイノベーションの場づくりのための実証にあたっては、一般財団法人 Future Center Alliance Japan とともに、官民協働の仕組みづくり、課題・あるべき姿、プログラム案等の検討を行っている。

【METI 未来対話 map】

「METI 未来対話 map」は、経済産業省の若手・中堅職員が中心となり、我が国の未来の社会や暮らしの変化の多様な可能性について議論を行い、未来社会への投げかけとして作成したものである。議論の方針として、①「未来を予測する」から「未来を洞察する」へ、②「未来に備える」から「未来を創る」へ、③「固定された未来」から「編集・更新し続ける未来」を掲げた。

⁶⁹ <https://www.iso.org/standard/69315.html>



図 27 METI 未来対話 map のイメージ

出典：経済産業省 HP (https://www.meti.go.jp/meti_lib/report/H30FY/000229.pdf)

【未来対話ルーム】

未来対話ルームの設置にあたっては、①中長期視点での政策立案環境の必要性、②若手職員を中心としたボトムアップでの政策立案基盤、③一府省、国と地方、官民を超えて未来社会を築くメンバーとしての対話、④最先端知見の組織的取込、ワークショップや対話型政策形成のための物理的な「場」の必要性等の問題意識から、組織内外の関係者が対話型で未来の経済社会システムの政策立案の議論を行う「場」(フューチャーセンター)の設置に至った。

未来対話ルームの運営プログラムの種別は、先端知識習得、新視点抽出、人材育成、新視点獲得、知識連結、テーマ共創プロトタイプ等で目的種別に分類している。

▽先端知識習得

- ・未来ディスカッション
- ・未来を先取る人と話そう

▽新視点抽出

- ・未来年表対話セッション
- ・仮想次世代会議 (VR)

▽人材育成

- ・若手向けの研修
- ・朝活勉強会

▽新視点獲得

- ・高校生ナイト

▽知識連結

- ・地方経済産業局との意見交換
- ・未来対話ランチ

▽テーマ共創プロトタイプ

- ・官民フューチャーダイアログ

2-5 未来予測の検討アプローチおよび科学技術・学術政策で期待される取組

(1) 未来予測の検討アプローチについて

①未来予測の実施目的

国内外の未来予測は、予測の実施目的も多様であり、合意形成のための実施している例もあれば、国内の府省で行われているように、異なる枠組みで社会を捉えるために行われている例(Re-framing)もある。いずれも、近年は、未来予測活動を通じて、将来社会のあり方を踏まえ、将来直面しうる社会の変化や社会的課題を捉える取組が行われている。「2-1 将来予測について」で述べたように、科学技術の将来予測においても、1990年代以降、「より望ましい将来をデザインするための行動を導き出す」ことが予測活動の目的となった。将来の社会像を把握する利点として、社会変革に取り組む利害関係者が明確になること等が挙げられる⁷⁰。

将来の社会像を把握にあたっては、単一の予測手法で把握できるものではなく、複数の手法や検討アプローチ(手法とは異なる方法)を組み合わせて予測を行っている。このため、予測手法の特性に応じて、それぞれの目的(例えば、科学技術予測、社会の蓋然性の高い傾向の把握、発生確率は低いものの発生した場合の社会的影響の大きい事象の把握等)に応じた予測調査を実施し、それらを統合した定性的な評価を行うことが一般的になっている。一方で、複数の手法を用いた将来の社会需要を把握するアプローチには、時間と費用を要するケースが見られる⁷¹。国内外の未来予測の中には、特定の社会的課題に焦点を当てた未来予測(例えば、人口推移や人材育成・働き方等に焦点を当てた将来社会の予測)も展開されており、政策形成に活かす点では有用であろう。

②予測結果の読み方について

国内外の未来予測で取り上げられるキーワード等は、共通・類似するものが多い。一方で、これらのキーワードは、社会の適応場面により異なる。例えば、“Inclusion”とした場合、高齢者を対象とした場合と、若者を対象とした場合では視点が異なる。将来社会の検討結果のとりまとめ等にあたっては、世代を超えて共有できるものを将来像としてとりまとめ、世代間や地域間で意見が異なる事象は付則事項として取りまとめる等の工夫が必要とされる。

また、近年、未来予測においては、将来社会からのバックキャストが求められることが多いが、予測から導出される予測結果と、予測結果の適応先(政策課題)との間に政策形成上のギャップが生じることがある。具体的には、政策課題に落とし込める粒度でないと、政策側は政策展開が難しいといった問題である。他方、未来予測の結果は、産業や地域課題等、多様な社会的課題を示したものであり、政策側にも幅広い社会的課題に対して、所掌範囲の政策に対する姿勢やシナリオに対する理解(蓋然性の高い将来と、Weak-signals に基づく将来の振れ幅等)が問われる。

⁷⁰ 民間企業ヒアリング調査より。

⁷¹ 科学技術振興機構(2012)によると、フラウンホーファー・システム・イノベーション研究所へのインタビューの中で、ドイツの教育研究省が2003年から2005年に実施した未来予測(Futur 1&2)の国際評価の中で、未来予測の目的が明確でなく年間500万€の経費が生じたこと、未来予測を通じて策定された将来ビジョンを政策に落とし込むことが困難で5年間で具体化できる内容であったかどうかとの懸念が示されたことを示した。(https://www.jst.go.jp/crds/pdf/2012/OR/CRDS-FY2012-OR-02.pdf)

(2) 科学技術・学術政策に求められる未来予測

近年の府省で実施している未来予測の取組では、若手職員が中心となった予測活動が数多く行われている。背景には、中長期の政策課題を検討したい、府省の枠を超えた国・社会の姿を検討したい、理想像から遡った社会の姿を構想し具体策を提示したい、行政の閉塞感・危機感への対応等があり、若い人材の既存の枠組みに囚われない柔軟な発想を期待し、予測活動を展開している。従来の政策形成に係る考え方のリフレーミングをさせる視点が強い。一方で、未来予測活動に期待される役割の一つに、中長期的視点を持った政策形成が挙げられるが、長期ビジョンを踏まえた政策形成は試行段階にまだとどまっている。

我が国の科学技術・学術政策を取り巻く環境は、科学技術振興の枠組みに人文・社会科学が加わり、併せて、社会的課題の解決に向けた科学技術・イノベーションに対する期待が大きく高まる等、転換期にあたる。科学技術・学術分野の中長期的な政策形成に向けて、活用可能な未来予測活動に必要とされる要素はどのようなものであるか。科学技術分野の将来予測は、科学技術・学術政策研究所が実施してきた「科学技術予測」に代表されるように、中長期の科学技術(特にテクノロジー)の進展状況の把握に焦点を宛てた未来予測が行われてきた。主たる目的は、研究開発投資先となる重要な科学技術分野・領域の探索である。

他方、我が国の科学技術・学術政策を取り巻く環境は、科学技術振興の枠組みに人文・社会科学が加わる等、分野の融合・連携による社会的課題の解決に向けた科学技術・イノベーションに対する期待が大きく高まり、転換期にあたる。

文部科学行政、科学技術・学術分野の中長期的な政策形成に向けて、活用可能な未来予測活動に必要とされる要素はどのようなものであるか。本調査では、「将来の科学技術と社会に係る未来予測の活用・展開に関する検討会」(以下、報告会)にて、今後の未来予測・未来洞察の方向性、科学技術・学術政策に必要とされる将来予測についての検討を実施した。報告会では、府省が実施した未来予測を踏まえ、科学技術・学術政策の政策形成に資する未来予測の在り方として、①科学技術でできることを見せる、②規制改革、国際関係の未来像の提示、③「社会」全体に着目したフォーサイト、④「人材」に着目したフォーサイト、⑤若手任せにしない科学技術・学術政策形成に資するフォーサイト等が挙げられた。

「科学技術でできることを見せる」ということは、科学技術の限界を見せることである。文部科学省の強みは、科学技術の外部性や限界を把握していることであり、人文・社会科学との融合・連携も含めて、科学技術・学術政策分野に資するフォーサイトとして期待する部分である。

「規制改革、国際関係の未来像」は、テクノロジーのみが科学技術の範囲でなく、規制改革、国際関係も“科学”の範囲として、未来像を提示することは重要である。

フォーサイトで焦点を当てる対象として、「社会」や「人材」が挙げられた。文部科学省が「社会」、「人材」を対象にすることのメリットは、社会と技術の関係性の把握に加え、多くの社会的課題が「人材」の問題に帰着することが多いことが挙げられる。文部科学省が実施する未来予測の特徴として、人材を含めた社会的課題を扱えることが挙げられる。

また、これらの未来予測について、他府省で行われている予測の一部は、若手の職員が中心となった取組が多い。一方で、未来を構想する力、考える力は、一定の経験を有することであ

り、若手人材のみでは十分でない。このため、未来予測の目的の一つに、中長期の政策の枠組みをリフレーミングする目的においても、若手以外の人材の参加が重要とした。

表 24 科学技術・学術政策の政策形成に資する未来予測の要素

<p>■ 文部科学行政(科学技術・学術政策)に必要とされる未来予測の要素(報告会コメント)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 科学技術でできることを見せる(科学技術の限界を見せる) ● 科学技術の範囲は、理工系だけではなく、規制改革、国際関係等も科学技術の範囲となる。これらの未来像を提示することも、科学振興上、重要である。 ● 未来像は、生活者、産業、国家等、様々な側面があるが、文部科学政策として「社会」自体を科学と捉え、未来の社会的課題を把握する必要がある。 ● 「人材」を着目したフォーサイトの必要性(府省の所掌範囲から抜け落ちてしまう課題)。 ● 若手任せにしない、科学技術・学術政策形成のためのフォーサイト(若手のみでは、未来を構想する(考える力)は弱い)

また、恒常的な未来社会を検討する機能、意見交換機能が重要である。例えば、国立研究開発法人が有する中長期ビジョン検討機能を向上させることも踏まえ、将来検討に係る担当者間の意見交換機能が重要とされた。これらに近い取り組みとして、国立研究開発法人科学技術振興機構(JST)の「科学と社会」推進部では、未来社会デザイン・オーブンプラットフォーム(CHANCE)事務局を担い、関与者が連携を図っていくための予測活動を開始した。経済産業省では未来対話プロジェクトの一環で未来対話ルームを設置している。これらの物理的な場づくりとともに、文部科学行政、科学技術・学術政策の政策形成に資する未来予測自体の活動の展開が期待される。

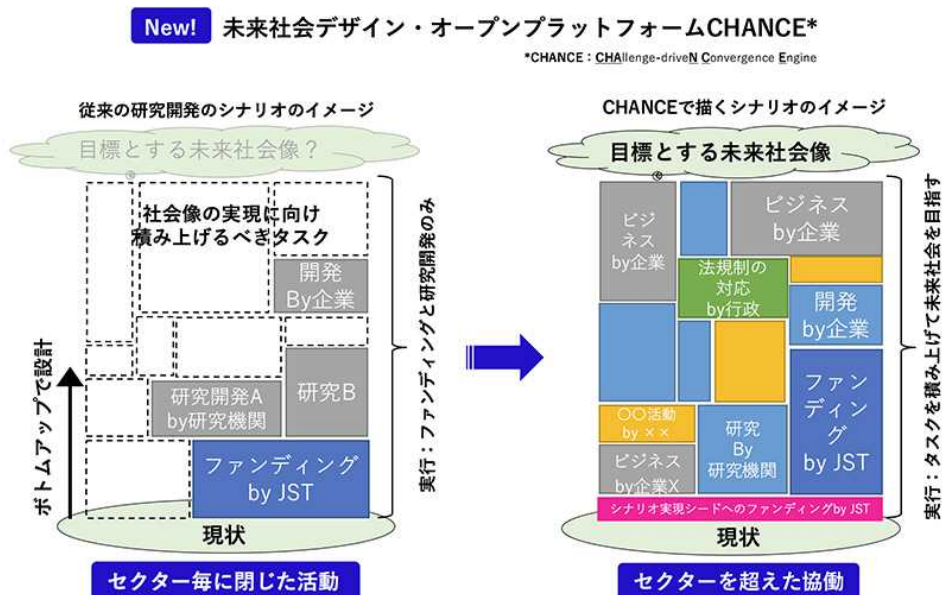


図 28 科学技術振興機構が実施する未来社会をデザインするための取組例

出典: 三菱総合研究所「INCF2018 社会課題セミナー」

(https://incf.mri.co.jp/event/event_report_20180726.html)

3. 将来社会の科学技術

3-1 将来の社会的課題の解決に資する科学技術

2040年頃の将来の社会的課題の解決に資する科学技術、科学技術に求められる要素等について、国立研究開発機関や民間機関にて研究開発に携わる関係者を対象にヒアリング調査を実施し、未来の科学技術に係る情報を収集、整理した。

表 25 本調査で取り上げる将来の社会的課題の解決に資する科学技術等

分野	期待される科学技術、手段
環境分野	環境観測のパーソナル化(バイオリギング)
	海洋生態系のリアルタイム観測
生物・食分野	作物生産におけるメタゲノム活用
	人工的な作物の作出(人工細胞)
	農業 IoT によるスマート食料生産
材料分野	低炭素・脱炭素社会を支える電池技術
	メタマテリアル
防災分野	レジリエンス技術(情報プロダクツ等)
宇宙利用分野	ロケット(宇宙輸送技術)、人工衛星、有人宇宙活動
モビリティ分野	アバターによる仮想移動
	空飛ぶクルマ(eVTOL、ドローン)
基盤・支援	クラウドファンディング
	将来世代の意見反映

3-2 分野別未来技術・環境

3-2-1 環境分野

(1) 環境観測のパーソナル化

1) 将来の技術を取り巻く環境

近年、SDGs に代表されるように、従来型の価値観から、持続可能な社会を形成するための価値観の転換が迫られている。

地球環境、地域環境が今後、どのように変化していくか。環境分野は、ICT 分野で見られるように、人工知能、ビッグデータ、ロボティクス等のような先端的な科学技術の導入が十分でなく、乗り遅れているとされる。このため、世界気象機関(World Meteorological Organization: 以下、WMO)でも示唆されている⁷²が、将来の環境サービスは、個人(パーソナル)に対する環境負荷の可視化、環境予測が行われていく世界が考えられる。これは、現在の気象モデルのよう

⁷² <https://public.wmo.int/en/resources/bulletin/future-of-climate-services>

なものだけでなく、人から寄せられる情報や生物等に装着したセンサー情報(例えば、海鳥につけたセンサーにより海上の風を計測することや、河川環境をモニタリングするために物理科学的センサーとメダカの生態を活用した環境計測等)からなる。環境観測のパーソナル化は、農家にとっては、食料生産において、労働力ニーズ、必要とされる肥料、作物を耕作/収穫する時期、市場需要等の各生産活動を判断する上で重要な情報となる。また、個人の環境影響(健康影響)との関係では、近年、新たな化学物質が年々、社会で使われており、現在のようなトップダウン型の監視が難しくなっているとされる。様々な環境データを活用することがより必要とされる。

2) 注目未来技術

「環境観測のパーソナル化」を含め、環境分野での ICT の利活用は、正しい/正しくないを厳密に判断することは難しく、スナップショットでの価値判断が迫られる。例えば、人口、出生率、都市化等の環境負荷と人口増加との均衡をどのように図るか、ICT ツールの活用において、地球の環境処理能力を勘案した中での意思決定が求められる。環境観測の精密化は、例えば、社会インフラのあらゆるところにセンサーを設置し、情報の精度を向上させることができる。信号機に環境センサー等を設置することで、人の情報を収集することができる。

これら技術の進展は、J.オーウェルの「1984」で描かれた監視社会を現実化させてしまう懸念がある⁷³。他方、2011年の東日本大震災に伴う、東京電力福島第一原子力発電所事故以降、多くの人々がガイガーカウンターを購入し、各自の生活環境における環境状態を確認するようになった。個人レベルで環境観測・計測ニーズが高まっていく場合、新たな技術競争に突入する。それは、環境観測・計測の“精度”に係る競争であり、「時計」のような技術領域に進展していく可能性がある⁷⁴。

《参考》環境観測「GPS 等で野生生物の行動を把握するバイオロギング」(2016年8月)

東京大学大気海洋研究所と国内外の大学・研究機関の合同研究チームは、海鳥に装着した GPS 記録計のデータから、海上の風向・風速を推定する方法を見出した。

野生生物の行動を把握するため、小型の機器を生物に装着し記録されたデータを回収・取得するバイオロギング(Bio-Logging)と呼ばれる研究手法が急速に進化しています。照度、温度、圧力、加速度などに加え、最近では小型で省エネ型の衛星測位モジュールを装着し、無線でデータを送信することも可能になっている。



〈出典：https://qzss.go.jp/news/archive/bio-logging_160819.html〉

⁷³ 中国では、道路交通違反はモニタリングされ、違反者が街中のモニターに映し出されることやスマートフォン等に罰金の請求が通知される。

(<https://mainichi.jp/articles/20191227/ddm/001/020/097000c>)

⁷⁴ 「光格子時計」は重要な技術であり、環境災害の観測に期待される。

《参考》環境計測分野の精度競争「光格子時計」

光格子時計は、300 億年で 1 秒も狂わない超高精度の時計である。東京大学・香取教授が 2001 年に理論を発表し、2003 年に基礎実験に成功した。2014 年には、「18 桁の精度」が実現し、2015 年に Nature Photonics 誌で発表した。

光格子時計を載せた自動車の運転経路をさまざまに変えて時間の遅れを測定していくことで、重力ポテンシャルのマッピングが可能となります。重力ポテンシャルに異常が見られる場所には、隠れた資源などが眠っているかもしれません。また、精密な重力ポテンシャル計で、火山の噴火や津波の到来が観測できるかもしれない。

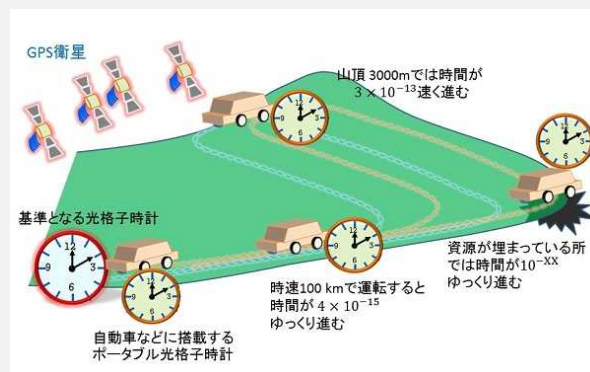


図) 未来の光格子時計

〈出典：https://www.u-tokyo.ac.jp/focus/ja/features/f_00063.html〉

(2) 海洋生態系のリアルタイム計測による人間の生活環境の影響把握

1) 将来の技術を取り巻く環境

将来の社会的課題は、気候変動問題である。海洋研究には、地球温暖化の影響や海洋酸性化に伴う海洋環境を変化することが求められている。気候変動や地球温暖化といった事象は、長い歴史ではこれまでも繰り返されてきたことであるが、人為的な影響に基づく地球温暖化とそれに伴う気候変動は、人類が体験したことがないスピードで急激な変化を伴うものである。地球温暖化に伴う海水温の上昇は、例えば、 5°C 程度の上昇でも病原体が表出し、伝染病を引き起こす可能性があると考えられ、未曾有の生態系変化が懸念される。

2) 注目未来技術

海洋生態系の変化を把握する測定技術、分析技術は進展しており、向こう 20 年以内に技術的に確立することができる。当該技術は、ある範囲、地域を限定した形で進展していくとされる。海洋生態系がリアルタイムで計測できるようになることで、人間が一定程度、生態環境をコントロールすることができるようになる。なお、現在の人工知能技術や深層学習等は相関関係を把握するところまでであり、因果関係を発見するための技術的ハードルは高い。

海水温の変化の兆候を早期に把握できることにより、例えば、養殖場における養殖魚の大量死等を防ぐことができるようになる。

《参考》AIを用いて気候実験データから熱帯低気圧のタマゴを高精度に研修する新手法の開発

台風やハリケーンなどのような熱帯低気圧の発生予測は、衛星観測による雲の発達具合の監視や、観測データを入力した気象モデルによるシミュレーションによって行われています。しかし、一般に大気現象は非線形性が強いいため、気象モデルによって遠い将来を予測しようとすればするほど予測結果のばらつきは大きくなる。他方、AI技術の発展は目覚ましく、不確実性の高い気象分野においても今後の応用が期待されている。

本研究では、まず、全球雲システム解像モデル(NICAM)による20年分の気候実験データに対して熱帯低気圧の追跡アルゴリズムを適用することで、熱帯低気圧のタマゴおよび発達中の熱帯低気圧の雲画像5万枚を生成した。熱帯低気圧に発達しなかった画像と併せて、学習データセットを10組作成し、機械学習により特徴の異なる計10種類の識別器を生成した。



〈出典：http://www.jamstec.go.jp/j/about/press_release/20181219/〉

3-2-2 生物・食分野

(1) 水産生物におけるメタゲノム等の利活用（大気環境、微生物影響）

1) 将来の技術を取り巻く環境

食料生産は、人間の生存に関わる必須要素であるものの、現状は地球温暖化による直接的な影響に晒されている。例えば、陸上作物では、トマトや豆類では食料生産に大気環境や微生物がどのように影響を及ぼすか、鍵となる要素が把握できるようになってきた⁷⁵。一方で、海

⁷⁵ 科学技術振興機構が2017年度に実施した科学技術未来戦略ワークショップ「植物と微生物叢の相互作用の研究開発戦略」では、次世代シーケンサーの登場により、核酸配列解析能力が劇的に向上し、微生物叢の全体的な把握、実用作物のゲノムの安価な取得が可能となった。また、難培養微生物の培養、分離、利用等の研究開発が活性化しつつあるとした、さらに計算機科学の爆発的な進展により、鍵因子の抽出や、重要な経路の特定、評価と再設計が可能となってきている。農作物の生産では、近年、窒素過多や地球温暖化の影響等、農業の持続性に対する懸念や、遺伝子組換え作物の開発や規制コストの増大等により、微生物の農業応用研究が再加速の兆しがある。微生物叢の研究は、方法論自体はまだ未確立であり、「微生物叢の把握、分離、培養」、「植物-微生物叢の相互作用因子の同定と機能解析」、「システムバイオロジーにおける評価と再設計」等の進展により、農作物・資源作物の効率的かつスマートな利活用の方法の導出、森林・水圏・土壌等の環境修復に係る基盤技術の開発が期待される。

(<https://www.jst.go.jp/crds/pdf/2017/WR/CRDS-FY2017-WR-06.pdf>)

洋環境では、これらの要素の解明に至っていない。

2040年頃までには、沿岸域の漁場や生産現場において、水産生物の生産に影響を与える要素が明らかになるとされる。

2) 注目未来技術

食料生産における鍵因子の把握には、メタゲノム、メタエシックス、ハイスループット化を組み合わせた技術が必要となる。さらに、空間分解能を向上するためには費用を要する。

一方で、これらの技術は、例えば、一滴の水があれば、海洋環境を把握することができるようになるため、水中ドローンや自走型ブイの利活用と関連技術の進展が見込まれる。これは、これまでの海洋研究のように、研究用試料にアクセスするために船舶の運航費が必要になる等の海洋観測に係る費用制約から解放される。同時に、海洋探査技術、人工知能技術の利活用、データ処理技術の進展等により、多くの利害関係者が関与しやすい研究テーマに位置する可能性がある。

(2) 人類生存のための人工的な作物の作出 (人工細胞)

1) 将来の技術を取り巻く環境

人類の生存のために、自然物を保全し、持続的な管理を図る方法として、現在の作物生産は将来的には費用対効果を踏まえると、負荷が大きい生産手段になる可能性がある。地球温暖化により、海洋生態系が変化していく場合、海洋資源が獲れなくなる事象も想定される。つまり、自然界の生物から有用なものを得ようとする行為がより効率が悪いものになる可能性がある。

2) 注目未来技術

自然環境に依拠した作物生産だけでなく、作物を人工細胞から作出することができる。合成生物学は、今後の進展が期待される研究領域であり、人工細胞を活用し、食料、プラスチック、医薬品等を作り出す可能性が高い⁷⁶。

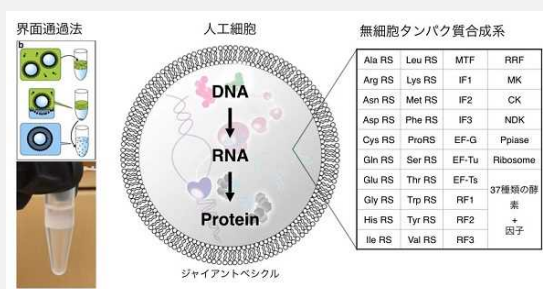
海洋環境での人工細胞に係る研究開発は遅れているとされる。注目すべき点として、人工細胞の培養では、淡水を用いられているが、世界で淡水資源に十分アクセスできる地域は限られる見込みである。つまり、淡水自体が戦略物質になる可能性がある。このため、人工細胞の培養で淡水ではなく、海洋環境で活用できるようになることは、向こう50年先までを考えるとそのインパクトは大きい。海水でのモノづくりの可能性を広げることになる。

⁷⁶ 科学技術振興機構が2019年8月に実施した俯瞰セミナー「バイオ生産・合成生物学研究の俯瞰と潮流」では、生物生産が必要とされる背景として、優良品種の創出、生産は、食糧、医療健康、資源、環境等のSDGsにおける課題解決に資する科学技術であること、バイオエコノミーの概念が社会的に浸透し、欧米をはじめバイオ戦略の策定に向けた動きが活発化しつつある。バイオ生産の裾野(育種・生物生産に関わる産業)は、生物体利用(1次利用)、機能・価値最大化(2次利用)、新規機能創出(3次利用)と多岐にわたり、農林水産業、食品製造業から化学工業、医療産業等がかかわる。合成生物学は、要素構成的なアプローチによる生物学とされる(DNA、タンパク質の摂動により、どのような変化が起きるか、どのような機能があるかを把握する)。合成生物学の究極的な目標は、予測に基づき、任意の生物を設計、構築が可能になる。これにより、現状、生物が使われる全ての場面への革新、新たな利用法の開拓が期待される。

これらの新たなモノづくりは、カタストロフィックな事象(地球上での人類の存続問題)が生じた場合、食料やエネルギーの確保のための必須技術である。例えば、今後、人類が宇宙で生存場所を確保していく上で、バイオテクノロジーは大きく貢献する可能性がある(テラフォーミング⁷⁷のための移送技術の提供、人間とロボットの分担等)。

《参考》非生命から生命を作れるか？光から ATP を生産してタンパク質を作る「人工細胞」の挑戦

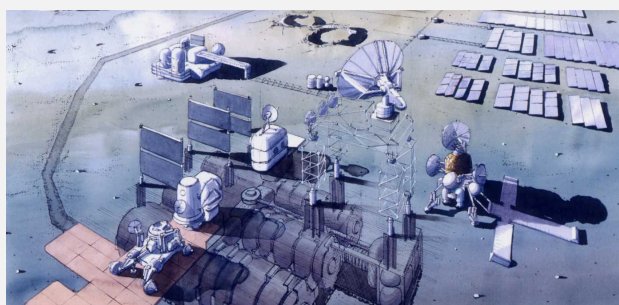
合成生物学は、遺伝子や分子を人工的に組み合わせることで、生物システムを再構築し理解しようとする学問分野である。合成生物学では、生物システムをデザイン、操作、作製することを目的としている。中でも、細胞を丸ごと人工的に組み立てようとする「人工細胞」の研究が、世界的に進められている。



〈出典 <https://academist-cf.com/journal/?p=11032>〉

《参考》民間企業による宇宙開発（月面基地）

月面拠点は、将来の宇宙開発計画の重要なインフラと考え、大手ゼネコン各社で、宇宙環境に適した構造材料、施工技術、施設配置計画、居住環境等の研究を展開している。清水建設では、宇宙開発部が設置され、竹中工務店は東京理科大学のスペースコロニー研究センター(*)に参画している。



初期の月面拠点のイメージ

〈出典：<https://www.shimz.co.jp/topics/dream/content05/>〉

*同センターでは、人工衛星の部品開発、機能性材料、創エネルギー、建築、IoT・センサー等の各技術を結集し、人間が長期間たいざいするために必要な技術の研究開発拠点として設立。
(https://www.tus.ac.jp/rcsc/about/#summary_section)

⁷⁷ テラフォーミングは、「惑星地球化計画」と言われ、現時点で生命活動の見られない地球型惑星当で地球型生命を定着できる世界に変える構想。

(3) 食物科学の研究開発【ベジタリア】

1) 将来の技術を取り巻く環境

2050年には人口が今よりさらに20億人増加する見込みであり、国連が警告している。世界の水利用の約7割は農業用と推計されている。1950年頃、人口は約25億人であったが、1999年には人口は60億人に到達した。中長期の将来に向けては、次世代の「緑の革命」が必要であり、科学とテクノロジーの活用が求められる。農業分野の技術は、この50年間は大きく変わっていない。例えば、牛肉1kgをつくるのに必要な穀物量は11kgである。同様に豚肉1kgに対して穀物量は7kg、鶏肉1kgに対して穀物量は4kg必要になる。近年、畜産飼料とフードロス、バイオ燃料は競合化している。農業分野は気候変動の影響を受けやすく、約3分の1は病風害や雑草害で失われている。これは8億人分の食料に相当する。気候変動により、干ばつや水不足のリスクがさらに高まり、購買力低下が見込まれる。

我が国を取り巻く環境は、日本の食料自給率は低く(カロリーベースで38%であり、先進国では最低レベル)。純輸入過多の状況で食料安全保障上、大いに懸念されている。国家財政もひっ迫しており、約101兆円の歳出のうち約3分の1が社会保障に充てられている。日本は2020年には約60%が65歳以上になり、2030年には5人に1人が75歳以上となる。2055年には1億人を切る見込みである。高齢者を支える人数で見ても、1965年は9.1人で高齢者1人を支えていたが、2025年には1.2人で高齢者1人を支えることになる。2040年には社会保障費が予算全体の6割に上昇する見込みでもある。以上の課題を克服するには、健康で長く働いて税金をおさめられるようにすることが肝要である。死因の約6割は生活習慣病であり、医療費の3分の1を占める。厚生労働省によれば、1日にとるべき野菜は350gだが、生産量および消費量ともに達していない。特に30代の女性の栄養状況が悪い。例えば50年前と比べると、ビタミンAの摂取は5分の1に低下している。また、野菜の中でもホウレンソウは冬と夏で栄養価が4倍違う。現在、地方自治体の中で最も高齢化が進んでいるのは秋田県であるが、在宅療養者のうち約4割が低栄養の状態であることがわかっている。

地方創生が謳われているが、農林水産業と健康は特に重要である。現在、農業従事者の平均年齢は67歳で、この20年間で20万人減少している。耕作放棄地も約40万haあり、これは埼玉県に匹敵する。2018年6月の未来投資戦略会議においてはスマート農業を謳い、2025年までにデータ活用の積極化を推進する。2019年4月には農業防災についても取り上げられている。2019年はスマート農業元年と呼ばれているが、古くは農研機構で2001年よりフィールドサーバープロジェクトを開始したことに起源がある。今後は、企業参入による農地の集約化・大規模化も必要である⁷⁸。

⁷⁸ 令和元年6月21日に閣議決定された「成長戦略」では、スマート農業の推進に向けて、2022年度までに様々な現場で導入可能なスマート農業技術が開発され、農業者のスマート農業に関する相談体制が整う等、スマート農業の本格的な現場実装を着実に進める環境を整備するため「農業新技術の現場実装推進プログラム」を進める。この中で、全農業大学校を対象にスマート農業がカリキュラム化されるよう、スマート農業を取り入れた授業等を順次拡大・充実を図るとともに、農業高校にも展開するとした。

また、フードバリューチェーンを再構築して新たなビジネスモデルをつくることが求められる。アグリ&フード国内市場は、農業飼料が 8000 億円、農業生産が 10 兆円、加工・流通が 51 兆円、小売・販売が 76 兆円であるが、新しい価値創造が必要となる。マーケットイン型を盛り込んだ農業生産工程の見える化が必要で、経営システム改革につながる。

「スマート農業(農業生産のスマート化)⇒フードバリューチェーン農業(フードチェーンの最適化)⇒スマートフードチェーン」の流れをつくる。スマートフードチェーンは、Society 5.0 とつながりが深く、ビッグデータや AI を活用し、社会システム改革を伴う。スマートフードチェーンの成果がスマート農業にフィードバック(あるいはバックキャスト)されるサイクルの構築が目標となる。また、データ駆動型農業には、循環型農業、安全・安心、エネルギーマネジメント、AI モデルも活用した未来予測が含まれる。

2) 注目未来技術

ベジタリア株式会社(以下、ベジタリア)⁷⁹では、最新の植物科学とテクノロジーを駆使し、農業向けのソリューションをベンチャー企業である。日本経済新聞社が公表するユニコーン企業と評価されている。前述の農業分野が抱える課題に対応する科学技術例として、同社の取組事例を示す。

〈フィールドの計測モニタリング技術〉

ベジタリアでは、圃場の環境情報や作物の生育状況を常時モニタリングできる屋外計測モニタリング(IoT センサ)⁸⁰や、水稲向け水管理支援システム(水田センサー)⁸¹、地図情報をベースに圃場管理や農作業の記録ができるクラウド型営農管理システム⁸²等の先進的な農業 IoT ソリューションを提供している。

⁷⁹ ベジタリア株式会社は、内閣府が推進する「戦略的イノベーション創造プログラム(次世代農林水産業創造技術)」や農林水産省が進める「革新的技術開発・緊急展開事業(うち経営体強化プロジェクト)」への参画など、日本における農業 ICT 活用のパイオニアとして農業分野のイノベーション創出をリードしている。日本経済新聞 2018 年「NEXT ユニコーン調査」(農水産業分野)第 1 位。同社は、小池聡社長と東京大学の社会人教育コース「エグゼクティブ・マネジメント・プログラム(EMP)」の修了生が中心となり、2010 年に設立した。農林水産省が掲げる「スマート農業」の実現に向けた「スマート農業技術の開発・実証プロジェクト」に委託された。今後 2 年間で、青汁の主要な原料である大麦若葉の栽培に各種スマート農業技術を導入し、栽培～収穫、加工まで一貫した技術体系の構築を目指す。

⁸⁰ 屋外計測モニタリングシステム「フィールドサーバー(FieldServer)」は、土壌環境の測定、環境測定、リスク管理を図るモニタリングシステムである。土壌環境については、土壌温度、土壌水分、土壌電気伝導率(EC)等を測定することができる。環境測定では、温度、湿度、日射を測定することで、生育環境をモニタリングできる。リスク管理については、凍霜害や病虫害等を予測し、注意報をプッシュ通知する機能を有している。

⁸¹ 水稲向け水管理支援システム「パディウォッチ(PaddyWatch)」は、センシング技術、データサイエンス技術からなる。センシング技術では、水稲生産に重要な水位・水温を自動計測・蓄積し、地上部の温度・湿度の変化も記録ができるようになっている。データサイエンス技術では、高温登熟対策、病虫害雑草予察、収穫時期予測、作物種別水管理等、データ解析を行い、効率よく水田を管理するための技術で構成される。

⁸² 農業日誌・圃場管理ツール「アグリノート(agri-note)」は、マップベースでの農作業の情報共有(航空写真ベースに農作業の記録を作成し、作業記録は一覧から選択式で簡易なものである。記録にあたっては、スマートフォンやタブレットに対応する等、現場の状況を画像で保存することができる。

〈センサデータの活用による生産者支援〉

ベジタリアでは、環境計測のみならず、植物医師を擁し、センサデータを活用し、生産者をサポートする取組みを展開している⁸³。植物病院⁸⁴では、病虫害防除コンサルティングや土壌診断(病虫害)サービスを提供し、生産者を支援している。総合的病虫害防除管理に基づく適切な防除方法の提案と、土壌の遺伝子診断(LAMP 法)の導入により、発病ポテンシャルを推定し、最適な防除計画を策定、提案することができる。

3-2-3 材料分野

(1) 低炭素・脱炭素社会を支える電池技術

1) 将来の技術を取り巻く環境

低炭素・脱炭素社会に向けて、持続可能な社会への転換が図られつつある。EU では、「欧州グリーンディール」⁸⁵を掲げ、EU の経済を現代的で、資源効率的で競争力ある公正で豊かな社会に移行させることを目標としている。これにより、2050 年には、温室効果ガスの排出が実質ゼロとなり、経済成長は資源使用とは切り離され、自然資本が保護、拡充され、市民の健康と福祉が守られている社会を実現するとした。これら目標の達成に向けて、エネルギー部門は、エネルギーの生産と使用により、EU の温室効果ガス排出量の 75%を占めている。これを脱炭素化することを掲げている⁸⁶。建築部門では、EU のエネルギー消費の 40%を占める建物が占めている。また、モビリティ分野は、EU の排出量の 25%を占めている。これらのエネルギー消費を抑えるとともに、低炭素・脱炭素化を図ることが期待される⁸⁷。

2) 注目未来技術

電池技術として、社会を転換しうるスペックとはどのようなものであるか。例えば、革新的な電池技術として想定されるものは、10 倍速く充電し、10 倍の容量ある電池技術と目される。この仕様を満たす技術が実現した場合、水素燃料電池の対抗技術となりえるとされる。他方、電池技術として、水素燃料電池もある。当該電池技術は、長距離輸送用トラック向けの電池として、

⁸³ ベジタリアでは、「ベジタリア植物病院」を民間サービスとして初めて開設した。植物病院では、病虫害防除コンサルティングにて、気象情報の計測し、栽培予定土壌の分析データを基に病虫害発生リスクを総合的に判断する(総合的病虫害防除管理(IPM と呼ばれる)に基づく防除方法を提案し、収穫の安定、品質向上の実現)。土壌診断(病虫害)サービスとは、栽培予定土壌の物理化学性の分析に加え、生物性の分析を基に病虫害の発生リスクを判断し、適切な防除方法を提案している。

⁸⁴ 「植物病院」は東京大学の登録商標である。

⁸⁵ 欧州委員会委員長、フォン・デア・ライエン氏が提案

(https://eeas.europa.eu/delegations/japan/74789/%E6%AC%A7%E5%B7%9E%E3%82%B0%E3%83%AA%E3%83%BC%E3%83%B3%E3%83%87%E3%82%A3%E3%83%BC%E3%83%AB_ja)

⁸⁶ EU のエネルギーシステムの脱炭素化の基本方針として、①エネルギー効率の重視と主に再生可能資源を利用した電力部門の発展、②安全で手頃な価格のエネルギーの供給、③EU のエネルギー市場の完全な統合、相互接続、デジタル化を掲げている。

⁸⁷ 持続可能な輸送用代替燃料の供給について、2025 年までに EU では 1300 万台のゼロ排出車又は低排出車向けに約 100 万基の公共充電・充填設備の設置が必要とされる(現在の充電設備は 14 万基)。

現在の電池技術の課題を解決する技術として期待される。

《参考》燃料電池トラックの新たなビジネスモデル

燃料電池・EVトラックのスタートアップ企業「NIKOLA MOTORS」は、水素燃料電池で駆動するセミトレーラーの開発を行っている。既に約 14000 台の受注を獲得しており、米国のビールメーカー「アンハイザー・ブッシュ」とは燃料費込みの契約を締結している。他の飲料、ビール会社とも同様のモデルで契約等を締結している。輸送に係るエネルギー費用が長期にわたり、安定的であることが背景にあると言える。

また、2019 年には、エネルギー省の燃料電池膜の電極アセンブリ(MEA)開発のアワードを獲得している(燃料電池技術研究について、カーネギーメロン大学、ノースイースタン大学、ジョージア工科大学と提携。170 万ドルの助成)*。また、水素燃料電池自動車で課題となるインフラ整備については、2028 年までに米国とカナダにまたがる水素燃料ステーション・ネットワークの構築を計画している。



図 29 燃料電池トラック

〈出典:NIKOLA HP (<https://nikolamotor.com/>)〉

* プレスリリース

(https://nikolamotor.com/press_releases/nikola-awarded-1-7-million-u-s-department-of-energy-award-63)

(2) メタマテリアル

1) 将来の技術を取り巻く環境

材料分野の科学技術は、利活用場面は多種多様であり、先端研究となると、“未来”技術のポジティブな側面のみで推進することはできない。

未来の材料技術の一つに、メタマテリアルがある。当該技術は、ドラえもののひみつ道具の一つである「透明マント」やハリーポッターのマント等を実現する技術である。技術としては、実用化可能な技術である。一方で、例えば、人を隠すことができる材料は、安全保障関連技術の側面が出てくる。材料分野の先端研究では、これらの要素を考慮し、研究推進を図ることが重要になってきている。

2) 注目未来技術

メタマテリアルは、ロンドン大学の J. ペンドリー教授が「特殊な屈折率を持つ物質で見せたくない物体を覆えば、その物体は見えなくなる」と 2006 年に発表した。本材料が注目されるに至った端緒は、2000 年に発表されたペンドリー教授らの論文と、カリフォルニア大学サンディエゴ校の研究グループがマイクロ波で負の屈折率を示すメタマテリアルの作製に成功したことにあ

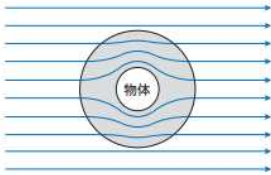
る。2014 年になると、セントラルフロリダ大学の研究チームが、可視領域の光を、従来よりも広い面積にわたって制御するナノ構造体の作製に成功した。WIRED では、当該研究開発により、「戦闘機のような大きな物体を隠すことも可能になるかもしれない」⁸⁸とした。

06 透明マントはできる？ メタマテリアル

物質の中を光はどう進むのか？ 物が見えるとはどういうことか？ 多くの人が興味を引かれる話題であろう。光は一樣な物質の中では直進し、屈折率の異なる物質の間を通過するときは、スネルの法則にしたがって折れ曲がる。物質に屈折率の分布がある場合は、物質中のマクスウェル方程式にしたがい、屈折率の分布に応じた曲線を描くだろう。この分布を巧妙に調節できれば、光の進む方向を自在に操ることができそうだが、しかし、物質の種類と組み合わせは無数にあるとはいえ、それらを用いて思いどおりの屈折率分布をつくるのは至難の技である。

このような要求に応じてくれるかもしれない夢の物質が、メタマテリアルとよばれる人工物質だ。これはある特殊な形の微小金属片を配列したもので、金属片中の電子が自由に動けることを利用している。その形状と配列をうまく工夫してやると、構造物の大きさや配列の間隔よりも波長が長い電磁波に対する誘電率と透磁率を「設計」することができる。我々の目に見える光も電磁波の一種なので、原理的にはこのアイデアを応用できるというわけだ。

とくに透磁率を設計できるという点は、「メタマテリアルという考え方」のキーポイントとなっている。屈折率は



本誌 70 巻 11 号、現代物理のキーワード「屈折率って何？」(迫田和彰)より

比誘電率と比透磁率のそれぞれの平方根の掛け算(掛ける真空の光速)で与えられ、光の進行方向を決める。一方、これらの割り算で与えられるインピーダンスは、光の反射の具合を支配する。これらの分布を同時に、そして巧みに調整すれば、図のように光が障害物を避けて透過するように仕向けることも可能となる。これはまさに、「ドラえもん」の「透明マント」にほかならない。少なくとも、波長や見る角度に制限はあるもののマイクロ波領域では図と類似の状況が実証されている。文字通りの「透明マント」に向けてクリアすべき課題は多いが、じつに魅力的なアイデアだ。ほかに「負の屈折率」などのおもしろい特徴をもつメタマテリアルの開発が進んでいる。光を思いのままに操るための挑戦から目が離せない。

小野田勝(秋田大院)、会誌編集委員会

(誤) 屈折率は比誘電率と比透磁率のそれぞれの平方根の掛け算(掛ける真空の光速)で与えられ、光の進行方向を決める。
(正) 屈折率は透磁率と誘電率のそれぞれの平方根の掛け算(掛ける真空の光速)で与えられ、光の進行方向を決める。

図 30 メタマテリアルについて

出典: 日本物理学会 (https://www.jps.or.jp/books/gakkaishi/2016/04/71-04_70fushigi06.pdf)

3-2-4 防災分野

(1) 将来の技術を取り巻く環境

<防災情報の重要性>

南海トラフ地震⁸⁹、首都直下地震等の「国難災害」を乗り越えられる高いレジリエンスを備えた社会が求められる。中期の将来を考えると、近い将来(例えば 2035 年頃)に想定される大規

⁸⁸ <https://wired.jp/2014/04/15/invisibility-cloak/>

⁸⁹ 南海トラフ地震の被害額は、100~320 兆円と試算される。参考までに我が国の 2020 年度予算の一般会計の歳出総額は約 102 兆 6500 億円。

模地震として、都市災害(首都直下地震)、広域災害(南海トラフ地震)等があり、もし大規模地震が発生した場合、長期の将来時点である2050年は復旧・復興に向けた道程にある。さらに、地球温暖化による極端気象等の災害も同時期以降に頻発していく可能性が高まっている(複合災害)。

これらから、社会のレジリエンスには、予測力・予防力と回復力の双方が求められている。そのため、防災分野の科学技術研究には、予防、応急対応から復旧・復興までの全てのフェーズを対象としたものが求められ、防災情報の提供が災害に対して国民の生命や暮らしの安定を守る行動を支えることが重要である。防災科学技術研究所では、2030年から2050年に向けた中長期的なビジョンとして、「国難災害を乗り越えられる「一人ひとりが基礎的な防災力を持ち、高いレジリエンスを備えた社会」の実現をビジョンとして掲げ、高いレジリエンスを備えた社会を実現するため、情報プロダクツ⁹⁰の提供と知の統合の推進を掲げている。

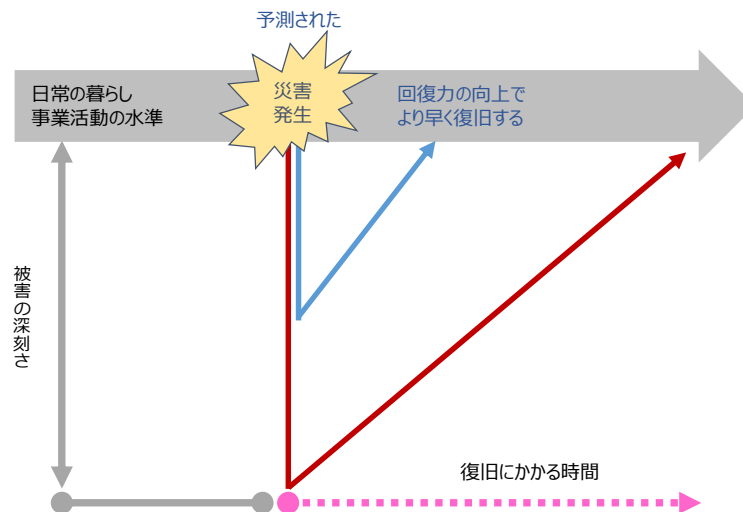


図 31 レジリエンス

出典:防災科研「統合レポート2019〈概要〉」より未来工学研究所作成。

〈専門集団による防災行政の支援〉

防災行政への貢献としては、災害発生時に、防災科研では、ISUT(災害時情報集約支援チーム)の一員として各地の災害対策本部に研究所員を派遣し、関係機関から必要な情報を収集し、さらに共有・利活用できるよう SIP4D により各関係機関に配信するなど、行政と連携した災害対応を行っている。過去においては、災害時、各自治体からの情報は内閣府しか見ることが出来なかったが、SIP4D により各省のデータ連携を可能としつつ、自治体も使えるように

⁹⁰ Society 5.0 で実現を目指す Cyber Physical System のこと。社会全体のレジリエンスを高めるには、政府、自治体、事業者、非営利組織、地域社会、学校、家庭、個人等の多様な関係者の参画による Whole Community としての取組が必要であると。そして、それらのコミュニティによる行動を促すための観測、予測、評価に関する研究開発により創出されるものを情報プロダクツと位置づけた。基盤的防災情報流通ネットワーク(SIP4D)は、情報プロダクツの基盤的流通ネットワークである。情報プロダクツの事例については、GIS データやコンテンツ等の情報として、市町村ごとに浸水した建物数等の推定結果がある。(令和元年台風19号に関するクライシスレスポンスサイト:
<https://www8.cao.go.jp/cstp/stmain/20200121bousai.pdf>)

なった。

建物の被害データなど社会状態データも収集しやすい時代となったことを踏まえて、都市全体への影響の推定も行い、行政で打つ手をより早くできるようになることが技術面として期待される。また、これまでの防災はフェーズとしては予防中心であった。今後は応急対応や復旧・復興も厚くしていく必要がある。「人の命を守る」ことについてはある程度できるようになったことで、今後は「財産をどう守るか」が重要になるとされる。



図 32 災害時情報集約チームの地域の防災行政への支援

出典:防災科学技術研究所「防災科研 統合レポート2019 概要版」

(<https://www.bosai.go.jp/introduction/pdf/report2019.pdf>)

〈レジリエンス分野の人材育成と防災教育〉

レジリエンス研究教育推進コンソーシアム⁹¹は、筑波大学を中心とした 13 機関⁹²が参画し、リスク・レジリエンス分野に係る新たな研究領域を探究するとともに、参画機関の知の協働により、筑波大学大学院に 2020 年 4 月から設置される学位プログラムにおいてアカデミックでグローバルな人材を育成していく。

また、初等・中等教育からの防災教育の浸透を図るため、平成 28 年度末に学習指導要領が改訂され、学校での安全教育に関する資料を改定し、これに則した授業が令和 2 年度から開始予定である⁹³。学校、地域、メディア等の関係機関では、教育の場へのカリキュラムやコンテ

⁹¹ レジリエンス研究教育推進コンソーシアムでは、研究面では企業・研究機関・大学の壁を超えた新たな共同研究やシンポジウムによる社会への発信を、教育面では参画機関による研究・実践の成果を学位プログラムに提供することやアカデミックなグローバル人材を輩出することを掲げている。

⁹² 参画機関は、次の通りである:セコム株式会社、大日本印刷株式会社、日本電気株式会社、スリーエム ジャパン株式会社、(一財)DRI ジャパン、(一財)電力中央研究所、(一財)日本自動車研究所、(国研)海上・港湾・航空技術研究所 電子航法研究所、(国研)産業技術総合研究所、(国研)防災科学技術研究所、(独)労働者健康安全機構 労働安全衛生総合研究所、台湾・國家災害防救科技中心、筑波大学

⁹³ 文部科学省では、学校での安全教育領域について、生活安全、交通安全、災害安全の 3 領域を設定している。災害安全には、地震・津波災害、火山災害、風水(雪)害等の自然災害に加え、火災や原子力災害も含まれる。防災科学技術研究所では、災害安全領域に必要とされるコンテンツとして、①災害を知る(自然災害と災害原理、地域連携の重要性、国や自治体の取組)、②災害に備える(地域に根差した防災課題とそなえ、日本社会における防災課題とそなえ、ライフラインの重要性、持続可能な社会の構築)、③行動する(避難における心構え、避難行動、応急処置、避難生活)からなる。

ツの提供を通じて、一人ひとりが高い防災基礎力を習得できるよう働きかけ、災害に対する自助力を養った社会が醸成されていくものと考えられる。

(2) 注目未来技術

〈レジリエンス・エコシステム〉

防災分野に求められる科学技術とは、前述の防災科学技術研究所では、「生きる、を支える科学技術 (Science for Resilience)」と位置づけている。具体的には、異分野融合や新たな研究領域の創造を含めた高いレジリエンスを備えた社会を実現するエコシステムの構築(「レジリエンス・エコシステム」)である。

「レジリエンス・エコシステム」では、災害に対して、防災基礎力や予測・情報力、予防力、応急対応力、復旧・復興力等、レジリエンス・コア能力の強化に資する研究開発を推進することが求められる。また、これらの各専門分野の知に加え、横断的な知を創出する「知の統合プログラム」の実行が併せて求められる。防災予算は、復旧・復興フェーズが多く、事前対策に厚みが必要とされる。また、知の統合プログラムには人材育成も関連する。人工知能(AI)や地理情報システム(GIS)、ビッグデータなどの組み合わせで、分野横断知により社会実装を目指す。

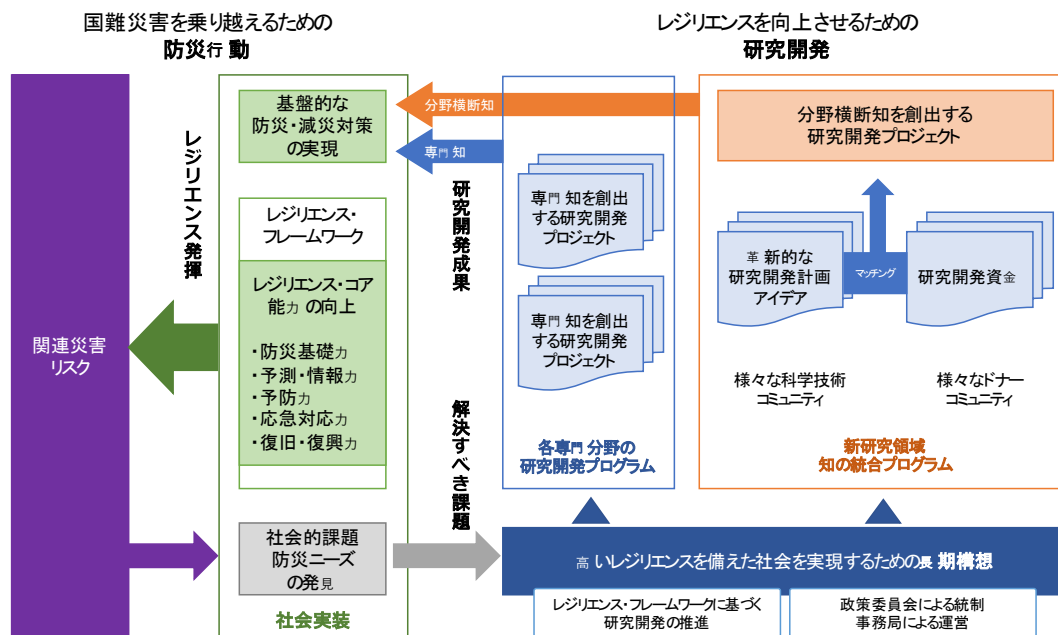


図 33 レジリエンス・エコシステム

出典：防災科学技術研究所 提供資料

〈情報プロダクツ〉

社会のレジリエンスには、予測力・予防力と回復力の双方が求められている。その中で、防災分野の情報プロダクツは、ハザードの観測データやリスク評価等の情報をユーザー(情報の受け手)が効果的・効率的に活用するために重ね合わせ等の知的処理を施したデータやコン

(https://nied-weblabo.bosai.go.jp/top_message.html)

テンツを創出する基盤的な技術である。

情報プロダクツは、①実験・観測、②モデル化、③情報プロダクツ化、④配信、⑤行動の5つのプロセスにより創出される。上記、①②は、科学技術的課題を有するもので、防災科学技術研究所ではあらゆる災害(オールハザード)を対象に、予防から回復までの災害の全ての段階に向けた総合的な研究を展開するものである⁹⁴。④⑤は、社会実装に向けた課題として、ユーザーニーズの解明や情報プロダクツのユーザーへの到達等、情報プロダクツの創出と配信方法が研究開発課題となっている。

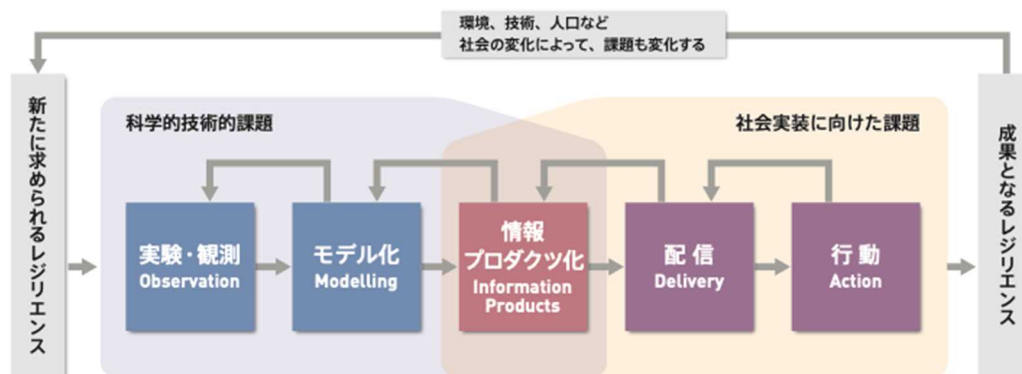


図 34 情報プロダクツの構成

出典：防災科学技術研究所「統合レポート2019」

(<https://www.bosai.go.jp/introduction/pdf/report2019.pdf>)

現在、運用している情報プロダクツは、SIP4D(基盤的防災情報流通ネットワーク)がある。SIP4Dは、2011年3月11日に発生した東日本大震災での災害対応の課題(データの情報共有)を踏まえ、災害対応支援を目的とした情報ネットワークシステムで、災害時に発信される多数の組織からの異なる形式での発信情報を集約し、必要としている組織がすぐに利用できる形式に加工・変換し、提供する情報仲介機能を有する基盤的メディアである。

SIP4Dの目的は、①被災自治体における災害対応に携わる機関・組織を支援する情報プロダクツを提供すること、②災害対応に携わる機関・組織が相互に情報を共有し合い、状況認識を統一できるようにすること、③災害対応に携わる機関・組織の職員・構成員の情報集約の負担を可能な限り軽減することを挙げている⁹⁵。令和元年に発生した台風19号においては、市町村別の推定浸水建物数や衛星レーダー画像により推定浸水エリア等のSIP4Dに収集された情報をもとにクライシスレスポンスサイト⁹⁶にて公開した(台風は2019年10月3日にマリアナ諸島の東海上で発生、10月12日に日本上陸。同サイトは同12日に公表された)。

SIP4Dの運用により、複数の情報を1つのデータへの統合やデータ提供により、利活用側が

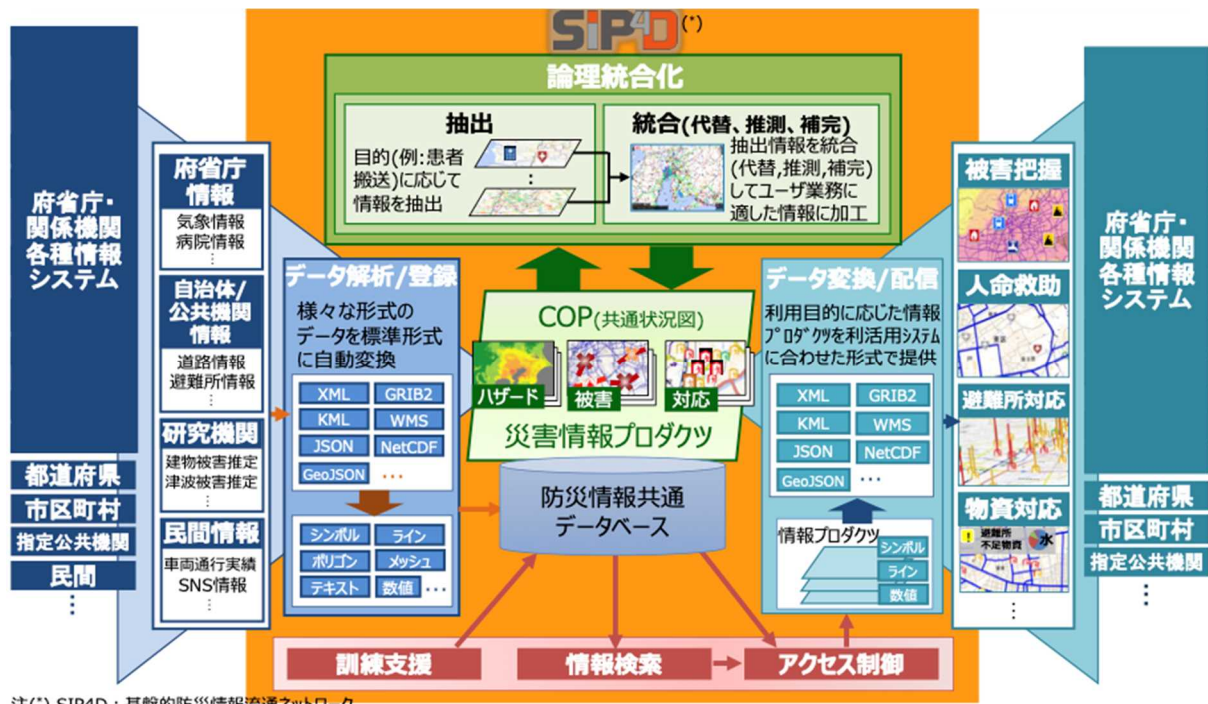
⁹⁴ 実験・観測、モデル化の例では、観測網「MOWLAS」(日本全国をカバー)、ハザードを再現する大規模実験施設等の研究基盤に国・自治体・企業等の防災情報の流通を担うネットワーク(SIP4D)等がある。

⁹⁵ SIP4Dシステム接続概要説明資料(提供データ仕様 第2.8版対応)

([https://www.sip4d.jp/wordpress/wp-content/uploads/SIP4D 接続概要説明資料 v28.pdf](https://www.sip4d.jp/wordpress/wp-content/uploads/SIP4D%20%E6%8E%A2%E6%8E%A8%E6%9C%80%E6%9C%83%E6%9C%84%E6%9C%85%E6%9C%86%E6%9C%87%E6%9C%88%E6%9C%89%E6%9C%90%E6%9C%91%E6%9C%92%E6%9C%93%E6%9C%94%E6%9C%95%E6%9C%96%E6%9C%97%E6%9C%98%E6%9C%99%E6%9C%A0%E6%9C%A1%E6%9C%A2%E6%9C%A3%E6%9C%A4%E6%9C%A5%E6%9C%A6%E6%9C%A7%E6%9C%A8%E6%9C%A9%E6%9C%AA%E6%9C%AB%E6%9C%AC%E6%9C%AD%E6%9C%AE%E6%9C%AF%E6%9C%B0%E6%9C%B1%E6%9C%B2%E6%9C%B3%E6%9C%B4%E6%9C%B5%E6%9C%B6%E6%9C%B7%E6%9C%B8%E6%9C%B9%E6%9C%BA%E6%9C%BB%E6%9C%BC%E6%9C%BD%E6%9C%BE%E6%9C%BF%E6%9C%C0%E6%9C%C1%E6%9C%C2%E6%9C%C3%E6%9C%C4%E6%9C%C5%E6%9C%C6%E6%9C%C7%E6%9C%C8%E6%9C%C9%E6%9C%CA%E6%9C%CB%E6%9C%CC%E6%9C%CD%E6%9C%CE%E6%9C%CF%E6%9C%D0%E6%9C%D1%E6%9C%D2%E6%9C%D3%E6%9C%D4%E6%9C%D5%E6%9C%D6%E6%9C%D7%E6%9C%D8%E6%9C%D9%E6%9C%DA%E6%9C%DB%E6%9C%DC%E6%9C%DD%E6%9C%DE%E6%9C%DF%E6%9C%E0%E6%9C%E1%E6%9C%E2%E6%9C%E3%E6%9C%E4%E6%9C%E5%E6%9C%E6%E6%9C%E7%E6%9C%E8%E6%9C%E9%E6%9C%EA%E6%9C%EB%E6%9C%EC%E6%9C%ED%E6%9C%EE%E6%9C%EF%E6%9C%F0%E6%9C%F1%E6%9C%F2%E6%9C%F3%E6%9C%F4%E6%9C%F5%E6%9C%F6%E6%9C%F7%E6%9C%F8%E6%9C%F9%E6%9C%FA%E6%9C%FB%E6%9C%FC%E6%9C%FD%E6%9C%FE%E6%9C%FF))

⁹⁶ 防災科研クライシスレスポンスサイト(<http://crs.bosai.go.jp>)

必要な形でデータ提供が可能になり、情報共有の効率の最大化を図ることができる。



注(*) SIP4D：基盤的防災情報流通ネットワーク

図 35 SIP4D 概要

出典：防災科学技術研究所「SIP4D システム接続概要説明資料 提供データ仕様 第 2.8 版対応」
 (https://www.sip4d.jp/wordpress/wp-content/uploads/SIP4D_接続概要説明資料_v28.pdf)

〈情報プラットフォームを活用した情報プロダクトの将来〉

防災情報サービスプラットフォームの構築は、Society 5.0 で実現を目指す Cyber-Physical System であり、現在、SIP4D を通じて共有される防災科研や組織が所有するデータ・情報プロダクトを統合している。将来的には、防災情報サービスプラットフォームを活用し、サービス展開が考えられる。

情報プロダクトは、科学的根拠に基づく意思決定が可能となるとともに、根拠となる情報を抽出することや関連の公開データを収集することが可能となる。これら統合的な情報サービスプラットフォームの進展により、多種多様なデータを活用して、災害に対する組織（サービス利用者）の意思決定を支援するための、カスタマイズされた情報や分析ツール類を提供することができる。防災科学技術研究所では、JR 東日本、JR 東海、JR 西日本と、海底地震津波観測網データ(MOWLAS)を鉄道事業者各社の地震防災対策に活用する相互協力協定を締結している⁹⁷。

⁹⁷ プレスリリース(<http://www.mowlas.bosai.go.jp/news/20190319/>)



図 36 災害対応実務を支援するサービス（防災情報サービスプラットフォームのプロトタイプ）

出典:防災科学技術研究所「防災科学技術研究所におけるレジリエンス情報ネットワーク構築に向けた取り組み」
 (レジリエント防災・減災研究推進センター、藤原広行氏資料)

(<https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/resilience/dai37/siry6.pdf>)



図 37 防災情報サービスプラットフォームを活用した情報プロダクトの提供サービス

出典:防災科学技術研究所 提供資料

〈衛星の活用〉

防災研究の国際展開として、人工衛星を活用した災害観測が期待されている。海外の人工衛星や民間の商用・小型衛星も含めて 200 機以上ある衛星のうち最適な衛星を使用することによって、災害時により迅速に観測することができる。防災科学技術研究所では、地上のセンサーやシミュレーションを駆使して、観測すべき衛星・タイミング・エリアを推定し、観測後の衛星データを一元化して解析を行い、災害対応機関へ提供を可能にするシステム開発に注力して取り組んでいる。

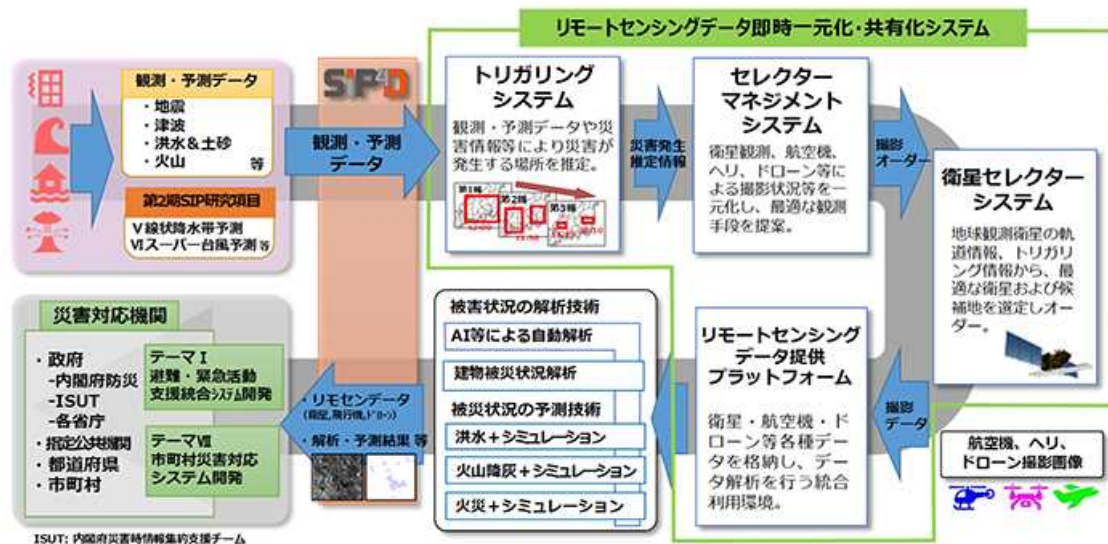


図 38 衛星データを活用した被災状況解析・共有システムの開発

出典：防災科学技術研究所 国家レジリエンス研究推進センターHP (<https://www.bosai.go.jp/nr/nr2.html>)

〈地震観測技術の将来動向〉

地震観測データは、20 年ほど前よりデータの共有が開始されているが、防災分野は幅広く、各ケースをまとめきれておらず、処方箋づくりなどが求められている。

南海トラフ地震に向けて 2019 年からの 5 か年計画として、南海トラフ海底地震津波観測網 (N-net) の整備⁹⁸を進めている。これは南海トラフ地震の想定震源域の観測空白域に整備されるもので、地震と津波をリアルタイムに観測する大規模な海底観測網である。これにより、陸域の観測網のみの場合に比べて地震では最大 20 秒、津波では最大 20 分、早期に検知できることが期待されている。

⁹⁸ 南海トラフ海底地震津波観測網 (N-net) では、南海トラフ地震の想定震源域のうち、まだ観測網を設置していない海域 (高知県から日向灘にかけて) に、ケーブル式海底地震・津波観測システムを構築するものである。事業は、地震計、水圧計等を組み込んだマルチセンサーを備えたリアルタイム観測可能な高密度海域ネットワークシステムの開発・製作である。

3-2-5 宇宙利用分野

(1) 将来の技術を取り巻く環境

2017年に総務省の宇宙×ICTに関する懇談会がまとめた報告書「ICTが巻き起こす宇宙産業ビッグバン」は、将来ビジョンとして分かりやすいので参照されたい(第4章 宇宙×ICT がもたらす私たちの近未来社会)。内閣府の準天頂衛星を使ったマイ農園などのアイデアが示されている。



図 39 宇宙×ICT がもたらす私たちの近未来社会

出典:宇宙×ICTに関する懇談会「ICTが巻き起こす宇宙産業ビッグバン」

JAXA では、産業振興の観点から、企業と共創関係を結び、様々な支援を行う宇宙イノベーションパートナーシップ (J-SPARRC⁹⁹) という取り組みを行っている。2 つ紹介するが、1 つは Space Food X というプロジェクトで、地球では閉鎖循環型の地下都市などを実現しつつ、宇宙では月 1 万人、火星 1 千人、スペースコロニー100 人の長期滞在を実現するといった地球課題解決と惑星移住に向けた活動の加速を目的とするものである。理化学研究所ほか、小売流通、容器メーカー、液体・気体コントロール技術、自動調理ロボット、廃棄物処理技術、養殖技術、遺伝子工学技術、科学教育など様々な領域の企業、研究者等に参加してもらい、2019 年には 2050 年に向けた長期シナリオを発表した。

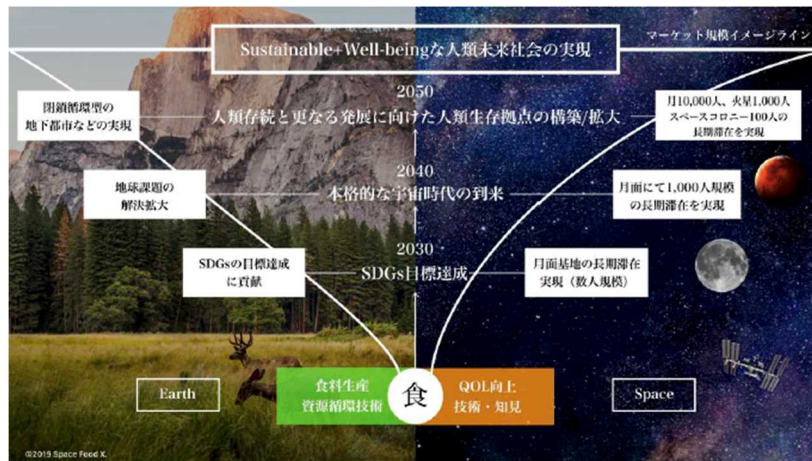


図 40 Space Food X 長期シナリオ 1.0

出典： 2019年8月9日ニュース・リリース資料

J-SPARRC で取り組んでいるもう一つの例として、AVATAR X Program がある。月面や火星等での建造物の建設を AVATAR で実現しようというものである。ANA ほか、30 以上の企業・団体が参加している。



図 41 AVATAR X Program のイメージ図

出典：2018年9月6日プレス・リリース資料

⁹⁹ <https://aerospacebiz.jaxa.jp/solution/j-sparc/>

(2) 注目未来技術

〈ロケット:宇宙輸送技術〉

内閣府宇宙政策委員会において、2014年4月に「宇宙輸送システム長期ビジョン」が策定された。そこでは、2040年代の宇宙利用の姿が想定されている。具体的には、宇宙環境を利用した製造、一般人による滞在型の宇宙旅行や物質運搬等の輸送サービス、エンターテインメント、宇宙医療施設、資源採掘及びエネルギー(宇宙太陽光発電)など、民間による宇宙輸送技術を活用した新たなビジネス展開の可能性が描かれている。たとえば、低軌道領域(サブオービタル)での体験飛行は今でも民間企業が試みているが、2040年代には滞在型の宇宙旅行も民間企業が提供できるようになる可能性がある。

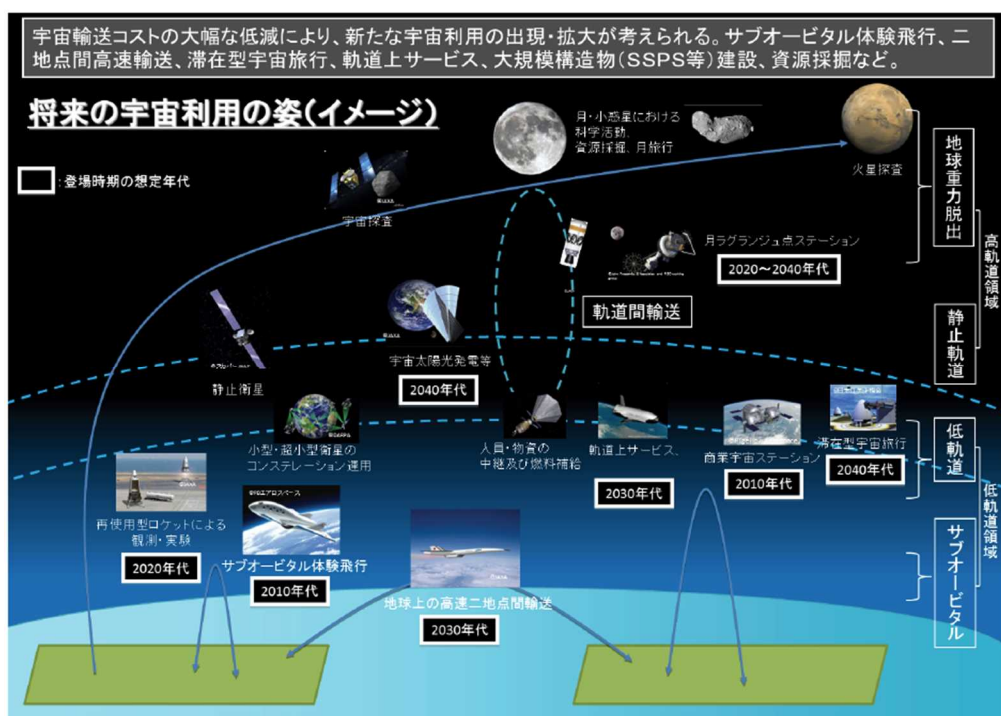


図 42 将来の宇宙利用の姿

出典:宇宙輸送システム長期ビジョン(宇宙政策委員会)

長期ビジョンでは、それを実現するための長期的な宇宙輸送システムのあり方や技術課題等も提起されている。もっとも大きな課題は宇宙輸送コストであり、本格的な利用のためには抜本的なコストダウンが必要とされる。ほかには多機能化技術、デブリ化防止技術、共通基盤技術などがある。

宇宙輸送システムの長期的なゴールとしては、航空機並みの運用性を目指している。いまは使い捨て型だが、繰り返し運用でき、高頻度で大量輸送ができるようなシステムである。段階的に技術を高めていき、そこに到達していく、という発展経路が想定されている。

こうした政府の方針の下、JAXAでも研究開発法人として、同じ方向性で技術開発に取り組んでいる。基本的には、今の基幹ロケットである H3 イプシロンを磨いていく過程の中で技術を

高度化し、最終的に政府の目指すスペースプレーン(SSTO)の実現を目指している。

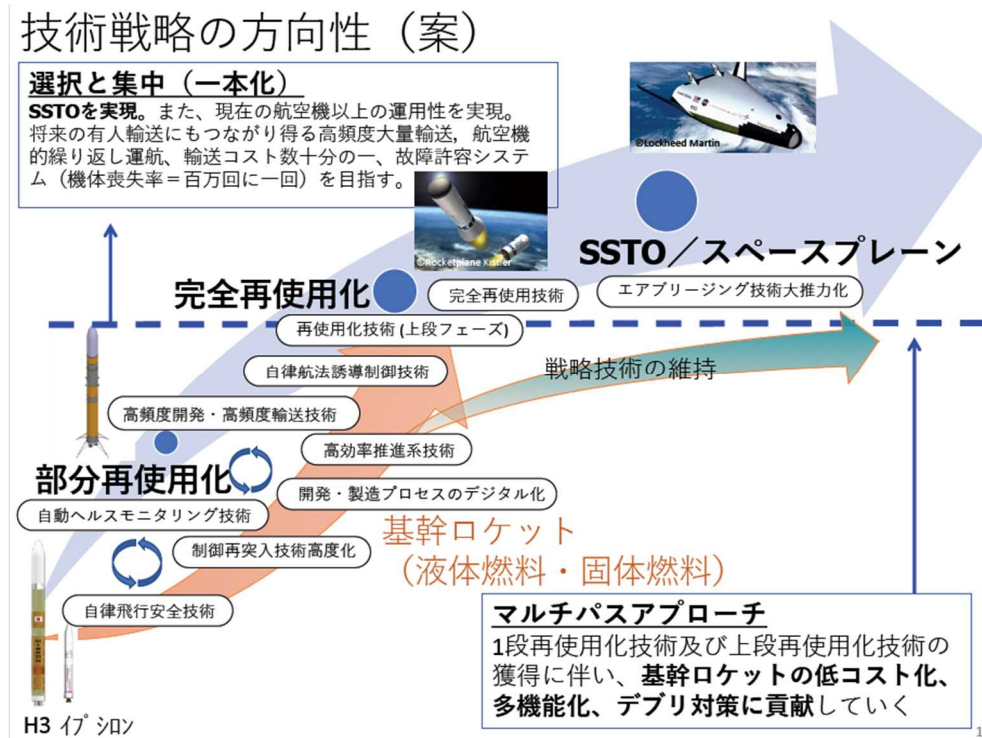


図 43 JAXA における技術戦略の方向性

出典: 将来宇宙輸送システム調査検討小委員会(第3回)資料 3-3

〈人工衛星(宇宙の利用)〉

人工衛星については、地上と宇宙をシームレスにつなぐ超高速大容量でセキュアな光・無線通信インフラの実現に向け、NTT と共同研究を開始したところである。

これは、NTT が参画している光ベースの革新的なネットワーク・情報処理基盤の将来構想である「IOWN(Innovative Optical & Wireless Network)」と、JAXA の「宇宙機のシステム構築技術」との掛け合わせにより、技術障壁のブレイクスルーを加速し、新たな社会インフラの実現を目指そうというものである。

いままでの人工衛星は、高度が 500km から 800km、遠い静止軌道だと 3 万 6 千 km 程度であるが、地上と人工衛星間の電波の遅延が生じてしまう。そこを光通信技術で変えていきたいという NTT の思いがある。それをコラボレーションしてサポートしようというもの。5G や IoT の文脈で未来社会に関する様々な議論がなされているが、これが実現すれば、宇宙を使った通信が社会を支えていくという世界になるのでは、ということが期待される。実現の時期としては 2030 年代を目指している。

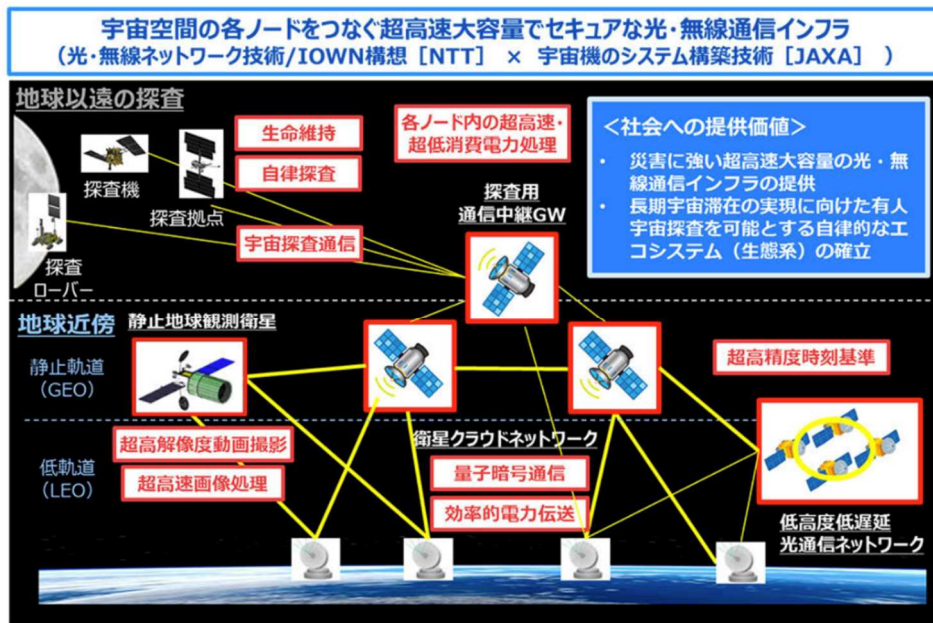


図 44 NTTとJAXAが目指すべき世界観イメージ

出典:2019年11月5日プレス・リリース資料

こうした取り組み以外にも、軌道上サービスとして、軌道上での宇宙機の修理・補修や燃料補給の技術開発も進みつつある。デブリ除去衛星などの技術開発についても政府レベルでもかなり議論されている。たとえば、世界のベンチャー企業が宇宙に何千機も小型衛星を打ち上げているが、それらをつなぎあわせて一つの通信事業をやろうという構想がある。こうしたものがゴミになってしまうと、宇宙は使いにくい空間になる。それを積極的に除去するために、日本では衛星を活用しようという動きがある。破損した衛星などのデブリを捕捉し、大気圏で燃やすという構想である。

〈月、火星の利用、有人宇宙活動〉

米国のトランプ政権では、Artemis (アルテミス) と呼ばれる有人着陸計画を進めている。フェーズ1では、2024年までに小規模のステーションを建造し、そこを拠点に月面に離着陸しやすい環境を整備するということが企図されている。日本政府としても、月周回する基地に参画することを決定している。

JAXAでも、月探査の長期ロードマップを描いており、現在立ち上げ中の水資源探索を行うプロジェクトを皮切りに、最終的には自動的な探査ができる基地の建設を目指している。

水資源の探査にとどまらず、その先の基地活動ということを考えたときに、宇宙飛行士の移動や物の輸送などが必要になる。そのためのローバを日本独自に開発するという検討を現在トヨタなどとはじめたところである¹⁰⁰。

¹⁰⁰ <https://iss.jaxa.jp/future/lunar/index.html>

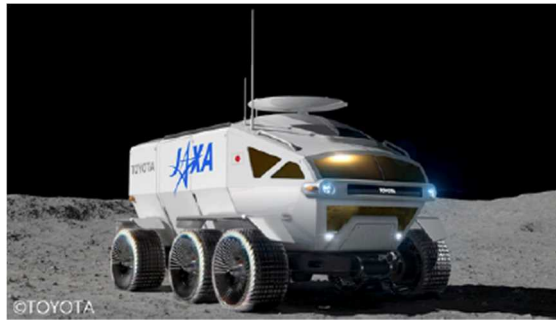


図 45 有人与圧ローバ(イメージ)

出典: JAXA ホームページ

3-2-6 モビリティ分野

(1) アバターによる仮想移動

1) 将来の技術を取り巻く環境

航空輸送の場合、サービスの需要者は世界人口の6%程度に留まる。航空輸送を利用した経験がない理由として、時間的な問題、コスト的な問題、身体的問題(苦手を含む)、航空輸送インフラの有無等からなる。航空輸送サービスは、空港自体の整備や空港までのアクセスの整備等、物理的なインフラが必要であるため、人々のさらなる移動ニーズに応えるためには、ユビキタスマビリティの活用や通信インフラを活用したアバター等が期待される。

中でも、アバター技術は、実質的に“瞬間移動”を実現する技術であり、例えば、サハラ砂漠に配置した端末に瞬間移動を図ることや、アバターの端末の形状により人間視点以外の移動経験を得ることができる(例えば、4つ足のアバターにアクセスすることで、人間では到達できない地点まで行くことができる)。また、空間自体を伝達することで、周りの環境が変わり、認知症予防に寄与することも期待されている。これらは、AR技術との親和性も高い。

アバター技術の進展により、将来的には、リアルとバーチャルな世界をシームレスに移動することができる。また、アバターを介して、僻地に教育や医療サービスを届けることができる。これには、エネルギーや通信へのアクセスが必要となるが、教育面では必要に応じて先人からのアドバイスを瞬時に共有することができるようになる。また、災害場面では、卓越したレスキュー隊員が遠隔操作で関わることもできる。

長期的には、Hyper connected humanity が進展していくものと思われる。これらの社会では、世界中の人的リソースを共有し、平等な参加が確保されている社会が望まれる。アクセスしたい場所に“移動”“することができる。国際的な連携も活発化しているものと考えられている。

2) 注目未来技術

全日本空輸株式会社では、2016年にX-PRIZE財団¹⁰¹の「XPRIZE Visionar」としてANAが連携相手に選出され、「ANA VATAR」プロジェクトを展開している。以下、「ANA VATAR」プロジェクトの取組事例を示す。

〈コミュニケーション型アバター〉

アバター技術の適用場面として、店舗、水族館・美術館(夜間利用)、家庭内モニター、レジャー(釣り等)、障害者・難病疾患を抱える患者の行動範囲の拡大、高度専門人材(整備士等)の遠隔作業等、広範な場面での利用が想定される。

¹⁰¹ X-PRIZE財団は、Peter Diamandis氏(理事長)が設立した財団で、米国西海岸が拠点である。XPRIZE(賞金レース)は、“人類に利益を与える技術開発”をテーマに1996年にローンチし、第1段はGoogle Lunar Xprizeが2007年に開始され、HAKUTO等が参加した。第2段のコンペは2016年に行われ、XPRIZE VisionarとしてANAが連携相手に選出され、賞金総額1000万\$の懸賞を実施することになった。当該コンペの審査は250名の審査員により行われた。なお、発明の知財は、受賞者に帰属する。

店舗での利活用実験では、2019年12月に三越伊勢丹と連携し「Avatar-in store」をコレド室町3に開設した。当該サービスは、遠隔地の利用者がAvatarを用いて、店員とコミュニケーションを図りながら買い物を楽しむ体験ができる。



図 46 アバター専用店舗「avatar-in store」の例

出典:ANA ホールディングス、三越伊勢丹プレスリリース

(<https://www.anahd.co.jp/group/pr/201912/20191204.html>)

〈ハンド型アバター〉

世界初のハプティックテレロボットハンド¹⁰²は、Shadow Robot Company 社、SynTouch 社、HaptX 社の3つの企業がANAの協力を得て開発している。Shadow Robot Company 社は、ロボットハンド(Shadow ハンド)を担い、人の指に相当する把持力と応答速度を持ち、24の関節により自在な手の動きを実現した。SynTouch 社は、指型触覚センサーの開発に関わり、人間の指が感知することができる様々な皮膚感覚(圧覚・触覚・温度感覚)を検出することができる。また、人工皮膚でロボットハンドを多い、人工皮膚の変形によりロボットハンド内の液体分布の変化を検出し、力の強さ、方向、接触点、物体の形状情報を取得している。HaptX 社は、触覚グローブを開発し、「遠隔地にある物体や仮想空間上の物体」の触った感触を感じ取ることができるものである。高出力密度のマイクロ流体アクチュエーターが搭載され、ユーザーの皮膚に触覚をふいっとバックする。ハンド型アバターの開発にあたり、ANAの超遠隔技術(Tracking)も活用している。



図 47 ハプティックテレロボットハンドの例

出典:ANA AVATAR「Avatar robot」(<https://avatarin.com/avatar/hand/>)

¹⁰² <https://avatarin.com/avatar/hand/>

〈釣り型アバター〉

釣り型アバターは、慶応義塾大学のスタートアップの合同会社 Re-al の力触覚技術と釣具を組合せて、遠隔地でも魚の重みや動きをリアルに感じられる釣りのアバターである。当該技術は、力触覚技術(リアルハプティクス技術:現実の物体や周辺環境との接触情報を双方向で伝送し力触覚を再現)、ハイレゾ配信技術(高臨場・低遅延)、シリンダリカルディスプレイ(高精度・高コントラストプロジェクターとシリンダリカルスクリーンの融合)からなる。



図 48 釣り型アバターの例

出典:ANA AVATAR「Avatar robot」(<https://avatarin.com/avatar/fishing/>)

(2) 空飛ぶクルマ

1) 将来の技術を取り巻く環境

航空分野に関しては、経産省の空の移動革命に向けた官民協議会が、ロードマップを定めている。このロードマップは、「空飛ぶクルマ」、電動・垂直離着陸型・無操縦者航空機などによる身近で手軽な空の移動手段を実現することで、物流や人の移動に関わるイノベーションを起こすことを視野に入れたものである。固定翼で飛行機形態のドローンなど、小型無人機の安全な利活用のための技術開発と環境整備等についてとりまとめられている。



図 49 空飛ぶクルマ (「物の輸送」)

出典:空の移動革命に向けたロードマップ「空の移動革命に向けたロードマップ」(<https://www.meti.go.jp/press/2018/12/20181220007/20181220007.html>)

2) 注目未来技術

JAXA では、次の第 5 期中長期計画(2025-) 期間中に実現したいものとして 2 つ掲げている。1 つは、政府が進める電動・垂直離着陸型のドローン開発等に資する電動旅客機のキー技術の獲得である。航空機電動化(ECLAIR)コンソーシアムの将来ビジョン¹⁰³では、今後 20 年間に航空輸送需要が約 2.4 倍に増加する一方で、航空機の CO2 排出量が 2050 年に 2005 年比で半減する目標を達成するため、バイオ燃料の導入や推進系電動化等の技術革新が求められている。

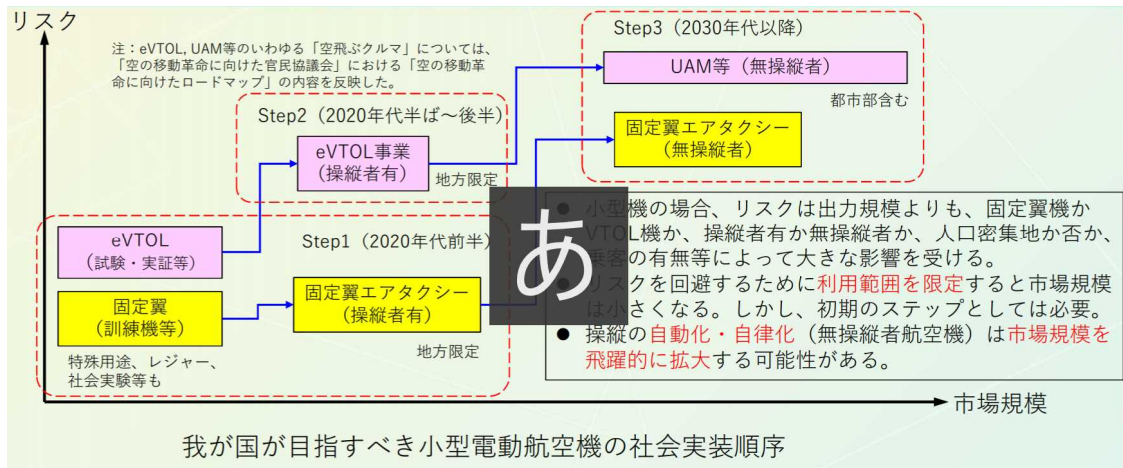


図 50 小型電動航空機の社会実装と順序

出典:航空機電動化(ECLAIR)コンソーシアム「航空機電動化将来ビジョン Ver.1」, 宇宙航空開発機構 次世代航空イノベーションハブ, 2018年12月21日。

ヤマトホールディングスでは、米国のテキストロン社傘下のベル社の自律運航型ポッド輸送機を活用し、同ホールディングスが開発した貨物ユニット PUPA を組み合わせ、30kg 超の荷物輸送のための機能実証実験を行っている。また、日本郵政では、小型無人航空機(ドローン)を用いた荷物(2kg 程度)の輸送実験を行っている。



図 51 貨物用 eVTOL システムの実証実験

出典:ヤマトホールディングス・プレスリリース「貨物 eVTOL システムを用いた空輸/ラストワンマイル一貫輸送サービスの 2020 年代前半のサービス導入に向けた機能実証実験に成功」, 2019年8月27日。
(<https://www.yamato-hd.co.jp/news/2019/20190827.html>)

¹⁰³ http://www.aero.jaxa.jp/about/hub/eclair/pdf/eclair_vision.pdf

もう 1 つが、陸上超音速飛行可能な技術の実現である。「騒音のないコンコルド」を実現しようというものであり、宇宙航空研究開発機構ではこれに向けた研究開発を進めている。

3-2-7 未来社会の基盤・支援分野

(1) 研究開発支援型クラウドファンディング (REDYFOR)

1) 背景等

REDYFOR 株式会社は、2011 年 3 月に開始した日本初のクラウドファンディングサービス「REDYFOR」を運営し、「誰もがやりたいことを実現できる世の中をつくる」としたビジョンの元、「想いの乗ったお金の流れを増やす」ことをミッションに掲げ、クラウドファンディング事業の REDYFOR と、法人向け事業の REDYFOR SDGs¹⁰⁴を展開している。クラウドファンディングには、購入型(実行者がモノ、サービス、体験、権利等のリターンを販売することができるもの)、寄附型(実行者が寄附金を募り、リターンは対価性のないものに設定可能)、金融型(実行者が株式発行やファンドの仕組みを利用し投融資資金を募る)に分かれるが、REDYFOR では購入型、寄附型を実施している¹⁰⁵。

同社では、2017 年 1 月から大学向けのクラウドファンディングプログラム「REDYFOR College」を開始した。背景は、筑波大学の落合陽一准教授より、共同研究のニーズが高まっているものの、若手(研究室の学生レベル)のための研究資金の獲得環境が十分でないとの指摘を踏まえ、若手育成や研究環境の整備等の研究・教育分野への寄附を集めるプログラムに至った。

2) 取組み事例

大学向けのクラウドファンディング事業では、プロジェクトの達成率(プロジェクト開始準備から終了まで)は、97.7%と高く、REDYFOR College では、専任の担当者による伴走型の支援が機能している。現在では 19 校と提携している。その他、組織的な提携ではなく研究者(個人)ベースで 37 校あり、合計で 56 校が参加している。それ以外にも問合せが数多く来ている状況である。

¹⁰⁴ REDYFOR SDGs は、2019 年 7 月より法人向けの SDGs マッチング事業として開始した。過去 1 万件以上のクラウドファンディングサポートから得たネットワーク・ノウハウと、マッチングギフト(社会貢献を目的としたプロジェクトに寄附や義援金を募る際、寄せられた支援の金額に企業が一定比率の金額を上乗せする制度)の仕組みを活用し、SDGs 推進に向けて、企業がパートナーシップを組む際に安心・安全な団体を紹介する事業である。企業様・実行者・支援者が一体となって SDGs 活動を推進することにより、従来の企業 CSR やクラウドファンディングにはない、新たな相乗効果を生み出すことを目指している。ヒアリング調査では、今後の取組として、草の根活動等における投資ギャップを埋めること、企業等とのイベントや情報交換の積極的な取組みを挙げている。

¹⁰⁵ <https://readyfor.jp/crowdfunding/>

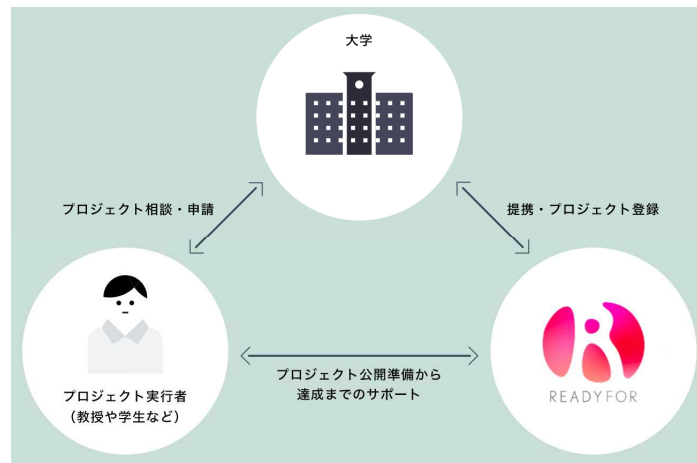


図 52 プロジェクト実施までの流れ

出典: REDYFOR College (<https://readyfor.jp/lp/college/>)

ファンディングは、「研究」、「教育」、「研究環境」、「学生生活」のそれぞれで行われている。REDYFOR College の Web サイトでは、「研究」面では、持続可能な栽培・緑化<九州大学>、副作用のない癌治療(薬物送達、ドラッグデリバリーシステム)<北海道大学>、ヒト・動物の温泉の入浴効果(AAALAC International 認証の先端実験動物学研究施設での研究)<山口大学>、副作用の少ない抗ガン作用を持つ治療薬<奈良先端科学技術大学院>等である。「教育面」では、紛争地域<東京外国語大学>から留学生を招聘する取組みやほたる池の復活<大阪教育大学附属小学校>、土石流の発生メカニズム解明のための大学敷地内の山林での実験<広島大学>等がある。「研究環境」では、重症外傷患者の治療研究<島根大学>、野菜を食べる副菜レシピの普及<東北大学病院>、大学構内の倉庫改修によるギャラリー化計画(地域の制作活動の発信施設)<北海道教育大学>等である。「学生生活」では、部活動・サークル活動、ゼミ活動等(スポーツからレーシングカー開発、商店街再生等の地域開発活動まで)への支援等を募っている。

制度設計にあたっては、大学側の窓口として財務課が多いことから、本プログラムの構築にあたっては国立大学の財務課の担当職員に出向いただく等、大学内での円滑な手続きができるよう、設計上配慮している。

プロジェクトの案件形成及び広報においては、「(当該活動による)未来を見せること」「出してくれたお金がどのような貢献度合いになるか明確にすること(適切なゴール設定にすること)」「何に使われるのかわかるようにすること」を意識している。また、様々な応募があるが、スクリーニングについては、外部の専門家や有識者に依頼して相談させてもらっている。今後は、多様な研究分野にも対応できるようにしたいと考えられており、特に医療分野はニーズが高く、迅速に対応できるよう環境整備を進めるとしている。

REDYFOR College の取組事例を、下記に示す。

REDYFOR College

〈プロジェクト例〉【第2弾】デジタルネイチャー「計算機的多様性」の世界へ

落合陽一(筑波大准教授)

<https://readyfor.jp/projects/ochyaigogo2>

寄附総額:19,065,000 円(目標金額:15,000,000 円)

寄附者:324 人

【取組概要および目標金額の内訳】

機械学習や CG の造形のために、機械学習のための環境構築や 3D プリンターによる造形設備など、IoT/AI などの浸透による「デジタルネイチャー」時代に、不可欠な「物理実装能力」と「数学的モデリング能力」を教育する設備環境を整えたいです。これにより、産学連携による共同研究に参加可能な意欲と経験ある学生(大学院生や卒業研究年次の学生)のみならず、入学したての「低学年の学生」においても、研究教育を行うことができます。

学部生に対する研究環境の整備は、他の公的予算や研究開発予算は目的が決まっているため、彼らにとって自由に使える環境を整備することは、大学にとって難しい課題です。僕らは、社会問題の解決のために、積極的に企業との共同研究や公的プロジェクトに参加していますが、学部生の自由な創造性のために使用できる機材は限られているのが現状です。

未だディープラーニングを研究するための GPU サーバは高額ですし、3D プリンターの研究をするための高精細なプリンターも一般的なプリンターより高額です。これらを整備し、自由な研究教育を行うための予算を確保することが目的です。

REDYFOR College

〈プロジェクト例〉PM2.5 予測システムを今後も継続運用していくために

竹村 俊彦(九州大学応用力学研究所・教授)

<https://readyfor.jp/projects/sprintars2018>

寄附総額:974,000 円(目標金額 300,000 円)

寄附者:71 人

【取組概要および目標金額の内訳】

SPRINTARS(スプリンターズ)は、大気中の PM2.5 などの微粒子による地球規模の気候変動・大気汚染の状況をコンピュータにより再現・予測するために開発されたソフトウェアです。

このソフトウェアを活用して PM2.5 濃度の予測を毎日実施し、ホームページあるいは多く

の報道機関を通して、一般の皆様へ情報を提供しています。特に呼吸器・循環器系疾患やアレルギーのある方にとっては不可欠な情報として利用されています。

このPM2.5予測は、これまでの約10年間、ほぼ私一人で運用を続けてきましたが、私の本来の職務である教育・研究活動に支障をきたすようになってきました。しかし、一方で、日々の生活の基本情報として提供し続けていければと考えております。そこで、サポート体制を構築し、継続的な情報提供を実現していきたいと考えております。

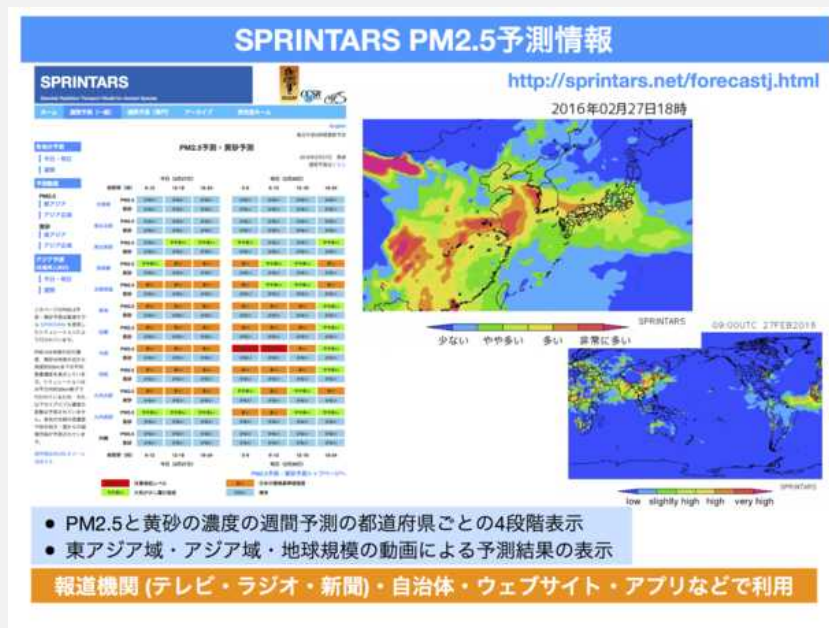


図 53 PM2.5 予測システム

今回のクラウドファンディングを通じて皆さまから頂いたご支援は、現在私 1 人で対応していることを別の担当者でもできるように、技術共有やトレーニングを実施することに使わせていただきます。

〈実施内容〉

- ① 毎日の情報が正しく更新されているかの確認
- ② 不具合が発生した際の対応方法
- ③ 報道機関からの問い合わせへの対応方法 など

上記を行い、私の止むを得ない都合によって、PM2.5 予測情報の提供が滞ったり、システムの運用自体を停止させざるを得ない状況にならないようにしていきます。

トレーニングの対象として考えている一例は、私の研究室にいる学生です。学生の多くは、SPRINTARS を利用した研究を行っていて、PM2.5 予測の運用をサポートすることによって、博士論文・修士論文へ向けた研究のための技術習得、また、実践を通じたプログラミング技術を習得する場となるなど、教育効果も期待できます。

REDYFOR College

〈プロジェクト例〉膵がん腹膜転移の患者さんに希望の光を。新しい治療法の挑戦へ

里井壯平(関西医科大学外科学講座 胆膵外科)

<https://readyfor.jp/projects/suigan>

寄附総額:35,393,000 円(目標金額:10,000,000 円)

寄附者:1,702 人

【支援金の使途内訳 / 試験の詳細】

- 500 万円:有用性と無作為化比較試験の費用(データ管理・維持費)
- 200 万円:Electric data capture system の構築(電子的に臨床データを収集するシステム)
- 200 万円:10 施設にて臨床試験を受ける方を集う広報を行う費用
- 100 万円:臨床試験の進捗状況や問題点を討議するための会議費用

今回の臨床研究は、新しい治療である S-1+パクリタキセル経静脈・腹腔内投与併用療法による生存期間の延長効果を、膵癌遠隔転移患者に対する標準治療であるゲムシタビン+ナブパクリタキセル療法と比較してその有用性を確認するための第3相試験です。

新しい治療:S-1+パクリタキセル経静脈・腹腔内投与併用療法(90名)

現行の標準治療:ゲムシタビン+ナブパクリタキセル療法(90名)

約3年間をかけて全国から 180 名の患者さんの登録を行います。その後、観察期間として1年半、公表までおよそ半年の期間を要するため、総行程5年間の計画です。観察期間の患者さんの登録があまりにも少ない場合には試験自体が中止になることがあります。また試験の結果により新規治療の有用性が確認されなければ薬事承認審査に対する申請は行えません。

薬事承認を得るためのハードルは高く、臨床研究の質や透明性を確保するために第3者機関であるデータセンターでの患者さんの登録、データ管理、モニタリング(適切に試験が行われているかどうかをチェック)、監査などの工程が重要となります。試験終了後データの固定が行われ、統計学的に解析する作業が行われ、その結果が公開されることになります。

REDYFOR SDGs

〈プロジェクト例〉大鵬薬品工業:がん領域の課題に挑戦する活動を応援

<https://sdgs.readyfor.jp/companies/taiho#home>

【対象プロジェクト】

- 「がん領域の課題に挑戦する活動を応援」をテーマに、がんを取り巻く様々な課題(身体的、精神的、社会的、経済的)の解決に挑戦するプロジェクトであること
- プロジェクトの実現可能性が具体的に存在すること

Project Title	Target Amount (¥)	End Date
「がんの治療研究」をみんなの力で応援するイベント開催	1,200,000	1/31
限りある小さな命が輝く場所「横浜こどもホスピス」完成へ	3,000,000	3/9
ここなら話せる！がんの悩みをおしゃべりできる、私たちの居場所	1,500,000	1/31
「知らなかったから」で大切な人を失わない未来をつくるために。	2,000,000	1/31
がん患者の孤独感を減らす。カーゼ帽子を縫う会を全国7カ所へ！	600,000	1/24
がんと向き合う家族の笑顔とStoryで希望を届ける！写真展開催へ	700,000	1/27
高校生発！親ががんで患う子どもたちが、気持ちを共有できる場を	300,000	2/7

図 54 大鵬薬品の支援プロジェクト一覧

(2) 経営における未来世代の視点の反映

1) 背景等

株式会社ユーグレナでは、未来を担う世代と一緒に、環境や健康をはじめとする地球規模の課題に向き合っていくために、未来世代を担うメンバーを執行役員と招聘する取り組みを開始した。具体的には、Chief Science Officer(以下、CFO)を設置し、2030年に向けたユーグレナ社のSDGsに関するアクション、達成目標の策定に携わる。

CFO設置の背景として、同社のファンドは、100億円規模ということもあり、地球と人類の課題解決に資する研究開発等、投資にあたり社会性や社会的価値を重視している^{106,107}。同社の

¹⁰⁶ ユーグレナ社が地球規模の課題解決に取り組む背景には、2005年に同社を創業するきっかけが、バングラデシュでの経験がある。創業者(出雲充氏)が学生時代に訪問した土地であり、栄養失調に陥っている子どもたちの姿から、健康に生活できる栄養源の確保、貧困解消の重要性を認識した。これらの経験を踏まえ、微細藻類ユーグレナの開発に至る。2014年には、「ユーグレナ GENKI プログラム」を開始し、バングラデシュの子供たちの栄養問題の解決に取り組んでいる。このため、同社の中でSDGsは、“自分ごと”として考えている。

¹⁰⁷ ユーグレナ社は、リアルテックファンド(地球と人類の課題解決に資する研究開発型革新的テクノロジーに特化したベンチャーキャピタルファンド)を運営している。投資にあたっては、技術に焦点を当てた

経営層は、ミレニウム世代に位置し、科学技術を活用し社会を豊かなものにする視点やこれまでの収益性本位から社会性本位を重視している視点が強く、同社の株主も社会性を重視している。このような考え方から、同社が未来に向けた取り組みを決めていく際に、事業の将来の社会性を担保する意味においても、将来世代からの声が重要と考えられ、CFO の設置に至った。

2) 取り組み事例

CFO は、2030 年に向けたユーグレナ社の SDGs に関するアクション、および達成目標の策定に携わる会議「ユーグレナ Future サミット」の運営や、各種の関係会合やイベントへ参加し、ユーグレナ社 CFO として登壇等に関わる。

CFO は、18 歳以下で会社と未来を変えるためのすべてに関わる。選定の結果、小澤杏子氏(17 歳)が就任した。任期は、取締役の一人であるため、1 年間である。また、CFO とともに、サミットメンバーを設置し、現在のサミットメンバーの構成は、小学 6 年生から高校 3 年生までの 8 名で構成される。CFO の取り組みは、開始されたばかりであり、メンバーが学生であることから、学業活動を踏まえた活動を模索しながら、将来の社会的課題に対する検討が進められている。

CFO の取り組みは、国内外で関心を持たれ、海外からユーグレナで働きたい等のインターンの希望が出ている。同社では、CFO の取り組みは継続的に行いたいと考えている。30 年間続けることで、30 名の CFO が誕生する。これらの取り組みにより、CFO の履歴が将来の進学や就職活動等で評価される項目として社会的に認知されるようになるとよいと考えている。

【CFO の選定プロセス】

- ステップ 1: エントリー開始(8/9)
- ステップ 2: エントリー締切(8/31)
- ステップ 3: エントリー課題・書類選考
- ステップ 4: 書類選考通知結果の送付
- ステップ 5: 書類選考通過者・面接試験
- ステップ 6: CFO、サミットメンバーの就任発表



図 55 CFO 取り組み

出典:ユーグレナ社 HP より

投資よりアントレプレナーに焦点を当てて投資している。研究開発成果の社会実装を図る上で重要であると考えている。地球や人類の課題解決に資する革新的テクノロジーには、ロボティクス、エレクトロニクス、バイオ、アグリ、エネルギー、新素材、航空宇宙、ビッグデータ、AI、IoT 等を想定している。投資先の傾向としては、研究のユニークさ等から都市部より地方部への投資が約 60%を占めるとされる。2020 年 2 月には、管理体制を改編し、リアルテックホールディングス社(旧ユーグレナインベストメント)に第三者割当を実施し、合同会社リアルテックジャパン(旧合同会社ユーグレナ SMBC 日興リバネスキャピタル)に商号を変更した。日本国内及びアジア地域を対象とした新たなファンドの組成やファンドの枠組みを超えた課題解決に取り組むとしている。

參考資料

参考 ヒアリングリスト

本調査では、中長期の未来技術及びそれを取り巻く社会環境、未来予測活動に係る情報を収集するため、国立研究開発法人¹⁰⁸、民間企業、有識者を対象にヒアリング調査を実施した。

【中長期の未来技術等】 機関ヒアリング(2019年12月～2020年2月にかけて実施)

【未来予測の活用、事例】 有識者ヒアリング(2020年1月～2月にかけて実施)

表 26 ヒアリングリスト

種別	対象機関	対象者	備考
機関	国立研究開発法人国立環境研究所	今村隆史(企画部/環境計測研究センター)	環境研究
機関	国立研究開発法人海洋研究開発機構	高井 研(超先鋭研究開発部門 部門長)	海洋研究
機関	国立研究開発法人物質材料研究機構	西村 睦(経営企画部門長、TIA推進室長)	材料研究
機関	国立研究開発法人防災科学技術研究所	桜井裕真、松本拓己、大堀瑞生(企画部)	防災研究
機関	国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構	森有司、田中志穂(経営推進部企画調整課)	宇宙航空研究
機関	ANAホールディングス株式会社 (ANA AVATAR プロジェクト)	梶谷ケビン(デジタル・デザイン・ラボイノベーション)	モビリティ
機関	株式会社ベジタリア	小池 聡 (代表取締役社長)	植物科学 (農業)
機関	REDYFOR 株式会社	大久保彩乃氏(PR室マネージャー)	ファンディング
機関	ユージェナ株式会社	永田暁彦 (取締役副社長)	CFO 未来執行役
機関	日立製作所 研究開発グループ 技師長 (ビジョンデザイン)	山田 真治	ビジョンデザイン
有識者	一橋大学大学院 経営管理研究科 教授	鷺田祐一	未来予測
有識者	東京大学 医療福祉工学開発評価研究センター 教授	佐久間一郎	医工学

¹⁰⁸ 国立研究開発法人に対する機関ヒアリングは、中長期の未来技術の方向性を把握するために行ったもので、法人としての将来計画等ではなく、各法人で実施している研究開発分野の未来の展開の姿を個人の意見として聴取した。

種別	対象機関	対象者	備考
有識者	理化学研究所 未来戦略室 イノベーションデザイナー	西村勇哉	未来戦略
有識者	日本経済新聞社 論説委員	滝 順一	科学技術

注)種別:機関…機関ヒアリング、有識者…有識者ヒアリング

