CRDS-FY2017-WR-07

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検討（第二回）

平成29年8月28日（月）、8月29日（火）、9月14日（木）開催

国立研究開発法人 科学技術振興機構 研究開発戦略センター
Center for Research and Development Strategy, Japan Science and Technology Agency

サマリー

2050 年以降の社会では、社会基盤間の関係性、システム設計思想、プレイヤーなどにおいて、既存の概念を超えた様々な変化が発生していると予想される。こうした社会生活維持のためには、エネルギーの安定かつ確実な供給、分配に加えて、脅威の度を増す温暖化をはじめとする地球規模の環境問題や、国家競争力の維持などの課題への対処が急務となる。

科学技術振興機構（JST）研究開発戦略センター（CRDS）では、こうした観点から、未来のエネルギー社会において必要とされる科学技術を議論するワークショップを開催した。ワークショップにおいては、2050 年あるいはそれ以降のテーマを扱う観点から、未来のエネルギー社会に関連する学会から若手の参加者を募るとともに、人文・社会系の研究者を交え、将来のエネルギーシステムの議論を行った。

社会のニーズや脅威の対処に必要な科学技術を検討する上では、社会の姿をいかに具体的に設定できるかが鍵になる。2016 年に同テーマで実施したワークショップは自由討議形式をとった。このアプローチは制約のない発想を導出する点で有益であったが、意見共有と統合の点で改善の余地があるとの認識を得た。そこで、今回はホライズン・スキャニング手法（スキャニング手法）を用いて社会像を洞察し、ここで描いた将来社会のニーズを満たす科学技術テーマを論じた。議論の手順は、スキャニング手法に沿い、まず将来社会のシナリオ（社会変化仮説）を構築した。次に、未来のエネルギーの姿に関する仮説（未来イシュー）と洞察された社会変化仮説の組み合わせごとにエネルギー社会のイメージを設定した。最後に、それぞれの社会において発生するニーズや脅威に対処するために必要な科学技術テーマと、実現に際しての課題に関し議論を行った。

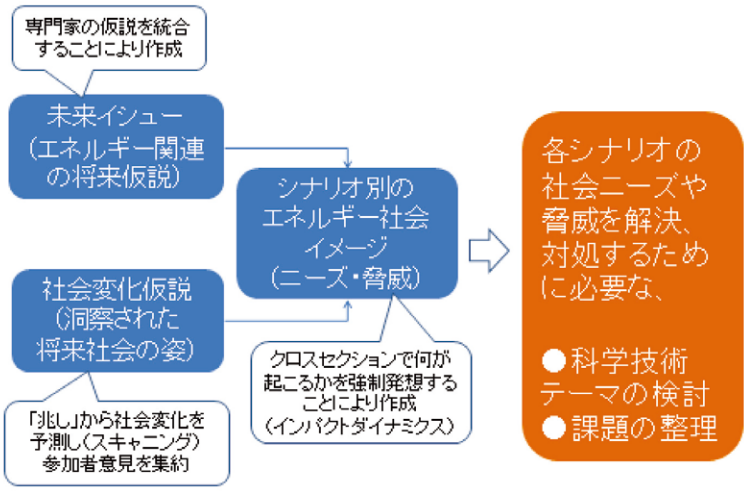


図　本ワークショップの進め方

一連の議論から導き出された結果は以下のとおりである。

エネルギー社会イメージに関しては、2050 年より早期に、時間や場所などの物理的制約や、ライフスタイル、社会的役割、社会規範などの各種の制約に影響されない多様なニーズを尊重する「個」が出現し、こうした価値観や行動様式・選択の変化が社会システム全体に変容をもたらす見通しが示された。また、2050 年までには、国際間紛争、資源問題、地球温暖化などの人類の存続に関わる大規模な脅威への危機感が増す傾向が見られた。さらに遠い未来になると、人類の存続が主要な課題となり、国の壁を越えた科学技術、研究開発の連携が進むとの洞察がなされた。な

お「2050 年」という時間軸は、中長期的な未来の目安として設定したものである。そのため、議論においては 2050 年以前あるいはより長期の未来を念頭に置いた議論もあった。

表　洞察されたエネルギー社会イメージ

未来イシュー	エネルギー社会イメージ
A　エネルギー生産・消費の場所、時間、役割の変化	個々が自立・分散した社会の中で、ネットワーク化して全体を構築するようになる。セキュリティはすべてを横断する普遍的技術課題である。エネルギーはシームレス（いつでもどこでも）に利用することができる。この結果、特徴のある文化、産業を持つ地域が発生し、個々の人々は、住む地域を自由に選択するテーマパーク型の住み方を選択するようになる。
B 移動手段の低炭素化と移動以外の意義の拡大	人は、文化や食など体験を通して感動を得るために、移動欲求を基本的に持つことを前提とする。一方、物は移動させずに入手することを重視するようになる。このようにして、リアルな移動と疑似体験などを通したバーチャルな移動のあり方が大きく変化する。地上に加え空中も移動空間の範囲となる。
C 炭素・物質循環社会	二酸化炭素（CO_2）排出削減に対する取組は、2040 年頃に二酸化炭素分離、貯蔵技術の確立により解決されており、2050 年には既に CO_2 の資源化に向けた体制が整備されている。この時代においては、エネルギーは安価で潤沢に供給されているため、資源問題も解決している。しかし、資源として CO_2 を大量に消費するため、CO_2 が不足する社会が到来している。
D 自立する持続可能な地域社会システム	「地域」を東京以外の全ての地域と設定した。「地域」の発展の方向性は、地域が東京と利便性などの点で同等に向上する場合と、東京にはない役割を担う場合、の２つがある。将来は、地域間の連携を深め、IT や再生エネルギー利用技術に支えられながらエネルギーや食糧を供給する地域が日本を支える。
E 低炭素社会に向けた経済・社会システム	地球温暖防止に向けた科学技術上の課題は 2050 年には既に解決されている。2050 年以降の社会で課題となりうる社会課題には、エネルギー安定供給、科学技術との関わり方、安全保障、情報セキュリティなどが想定される。こうした課題解決のための、社会・経済システムの構築、科学技術確立後の社会実装および社会受容の獲得の進め方の研究が必要になる。
F 新たな価値観の創出と行動の変化	人々は、多様な豊かさを満たす生き方や脅威への対応方法を自由に追求するようになる。この達成のために、引き続き科学技術を利用するが、エネルギー供給･消費に対する考え方や資源循環の概念など、従来の科学技術との関わり方が大きく変化していく。

こうした社会に必要とされるエネルギー関連の科学技術テーマとして、利便性の一層の充実と環境負荷低減など、相反する課題を同時解決するための自立（自律）分散・自動化技術や、資源循環システムなどによる負荷最小化・適量消費技術、また、エネルギーの使い手と作り手の境界、電力・交通などのインフラシステムの境界、産業分野の境界の消失に伴う新社会システム運用技術などが提示された。

科学技術、研究開発上の懸念事項として、人間社会に浸透した新技術が人間生活に及ぼす制御不可能な想定外の脅威の発生や、新技術がさらに別の問題を引き起こす悪循環など、技術開発の影の面が人間に与える悪影響が挙げられた。対応として、サイバーセキュリティ技術の構築、環境配慮への移行の加速、科学技術に過度に依存しない社会の構築の必要性などが指摘された。また、個別技術に加え、社会制度設計の進め方、社会的受容の方法について幅広い議論が行われ、科学技術に関わる専門家の社会的責任の観点から、国際的なルール作りの必要性を指摘する意見もあった。

スキャニング手法については、手法適用の目的や意義に対して参加者の一定の理解が得られると、専門分野や制約を超えた自由な発想を導きだし、議論展開を円滑にする点で有用であった。他方、本手法は主に、10 ～ 20 年程度の短中期の将来について用いられることが多いため、2050 年以降という長期洞察に適用する難しさも示された。また、スキャニング手法をエネルギー分野に適用する上での課題として、エネルギー供給量、トレードオフ、需給調整、信頼性などの議論における定量性がカバーできなかった。将来的には、複数の手法を適用し、結果を比較する試みも有益であると思われる。

今後は、実施可能性や条件設定などをふまえ、提案されたテーマの深耕と検討を継続的に進めていきたい。

目　　次

1．ワークショップの趣旨 …… 1

2．基調講演…… 2

2－1．平竹　雅人（三菱商事）

「新しい未来を作りだそう～ビジネスによる科学・技術の社会化」…… 2

2－2．鷲田　祐一（一橋大学　大学院商学研究科）

「未来洞察のための思考法」…… 17

3．全体討議の進め方…… 28

3－1．概要…… 28

3－2．プロセスごとの概要 …… 29

4．討議結果…… 32

4－1．社会変化仮説…… 32

4－2．エネルギー社会イメージと科学技術テーマ…… 37

4－3．総合討論…… 46

5．まとめ…… 54

付録…… 55

1. ワークショップの趣旨

CRDS では、国内外の社会や科学技術イノベーションの動向及び関連する政策動向を把握・俯瞰し、これに基づき課題を抽出し、国として推進すべき研究開発戦略を提言している。

その活動の一環として、昨年度に環境・エネルギー分野におけるイノベーション創出の基盤となる科学技術の専門家と、「エネルギー社会の未来像」や関連する国として推進すべき研究開発テーマを議論するためのワークショップを開催した。2017 年度は、続編となるワークショップを開催した。本報告書はこれらの活動の成果を社会・産業・行政の各関係者と共有するために発行する。

2050 年以降の社会では、社会基盤間の関係性、システム設計思想、プレイヤーなどにおいて既存の概念を超えた様々な変化が発生していると予想される。また、こうした社会生活維持のためには、エネルギーの安定かつ確実な供給、分配に加えて、脅威の度を増す温暖化をはじめとする地球規模の環境問題や、国家競争力の維持などの課題への対処が急務となる。

2050 年以降のエネルギー関連の科学技術を検討するためには、可能なかぎり多方面から想像力を働かせ、社会の姿をいかに具体的に洞察できるかが鍵になる。昨年に同テーマで実施したワークショップは自由討議形式をとった。このアプローチは制約のない発想を導出する点で有益であったが、洞察のための意見共有と統合の点で改善の余地があるとの認識を得た。そこで、今回はホライズン・スキャニング手法（スキャニング手法）を用いて社会像を洞察し、ここで描いた将来社会のニーズを満たす科学技術テーマを論じた。

本ワークショップにおいては、2050 年あるいはそれ以降のテーマを扱う観点から、未来のエネルギー社会に関連する学会から若手の参加者を募るとともに、人文・社会系の研究者を交え、将来のエネルギーシステムの議論を行った。

※スキャニング手法の詳細については、**2－2.** 参照

2．基調講演

2－1．平竹　雅人（三菱商事）

「新しい未来を作りだそう～ビジネスによる科学・技術の社会化」

ワークショップにおいて、ホライゾン・スキャニング手法で 2050 年断面のエネルギー社会像を描いていく上で、「思考の枠組みを広げて議論を行う」のが良いと考えた。エネルギーを中心とする各学会からご推薦された 40 名の精鋭の研究者の方々との議論に先だって、JST からのご要請に合わせて、恐縮ながら、私のエネルギー・環境に関連する経験を中心に「10 の視点」にまとめ共有させて頂く。ビジネスマンのレンズから見た場合に、また平竹というレンズを通して見たときに、世界がどう見え、「変化の兆し」をどの様に捉えているかをお話ししたい。また、レンズのもとはどうなっていて、レンズはどのような経験によってできたのかというようなことをお話ししたい。

5 月迄 5 年間ドイツに駐在していたが、宰相ビスマルクの言葉に「愚者は経験から学び、賢者は他者の経験から学ぶ」という言葉がある。「他者」が「歴史から学ぶ」という言葉で理解されているときもある。日々、人とのつながりの中から学び合い、それを活かして、新しいアイディアに繋げていくことが重要と思う。

2050 年の未来を考えることは簡単ではない。一方で、2050 年の未来はある日突然現れるのではなく、少しずつ現れてくるのだと思う。「変化の兆し」を敏感に感じ取っていくことが重要だと思う。変化の兆しを捉える縁として、自ら 10 の視点を持ち考えてみては如何だろうか。例えば、本日お話するような自らの「10 の視点」を整理して、アンテナを張っていく。不思議なことにアンテナが立つと情報がキャッチされていく。日々アンテナを調整し、一人ひとりが敏感なセンサーとなって多様な「変化の兆し」をとらえると、未来が少しずつ見えてくるのではないかと思う。

変化の兆しを捉えて、未来がどうなるか想定し、未来への心構えとすることも重要であるが、加えて、今をどのように認識し、どのように行動するかがより重要である。未来のことは誰が決めるのかわからないが、自らの今日の行動は、皆自分で決められる。これからの未来は、今日の皆の決断により変わっていく。そういう意味では、「どのように変化の兆しをキャッチし、決断して今に責任を持って行動していくか」がこれまで以上に重要になってくる（**図 2.1.1**）。

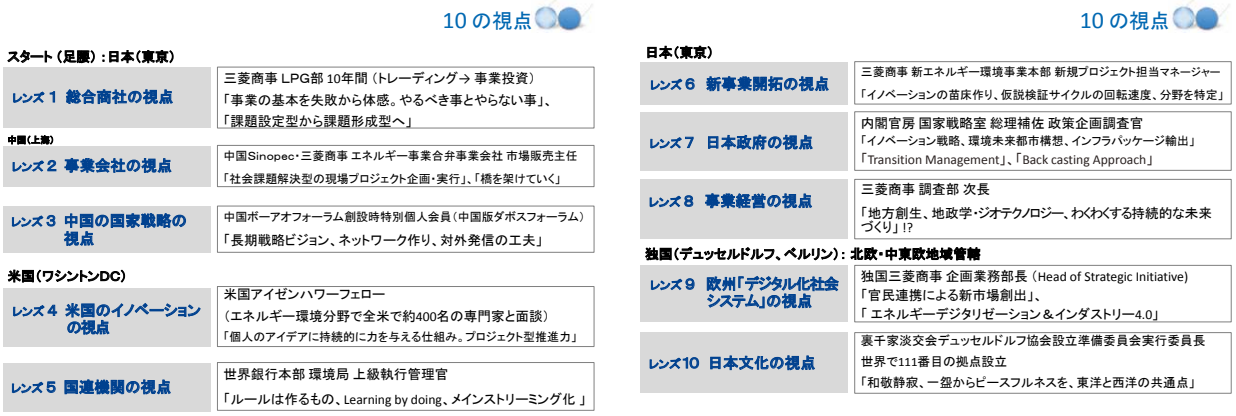


図 2.1.1

「10 の視点：レンズ 1 総合商社の視点」

私のエネルギー事業のキャリアの始まりで、三菱商事 LPG 部での 10 年間に、液化石油ガス（プロパンガス、ブタンガス）を中東から輸入し、アジア地域に販売するトレーディングに始まり、大型冷凍液化石油ガスターミナルの事業投資等に取り組んだ。特に上海のタクシー全てを LPG 車に転換し、それに見合う LPG ステーションを整備していくとのプロジェクトは忘れがたい。

事業投資の基本であるプロジェクトマネージメント、ファイナンス、リーガル、マーケティング、関連の新事業の立ち上げ、海外駐在し現地事業会社での経営管理、営業活動、そして最後には事業売却プロセスを経験した。事業売却を経験したことで、事業価値とは何か、三菱商事の役割は何か、損を減らすことは利益を出すことと同じ位に重要なこと、タックスヘブンを活用したシールド、税効果の威力など事業経営の基本を体感したと思う。やるべきことというのは大体わかるが、より重要なのは、やらないことを整理する事。当たり前のようだが、例えばこのプロジェクトは難しいと思った場合、絶対にやらないことが重要ということを当時学んだ。

「10 の視点：レンズ 3 中国の国家戦略の視点」

中国の南、ハワイと同じ緯度の海南島に風光明媚なボーアオという町がある。そこで開催されたボーアオフォーラム（BFA）に 2002 年に参加した。スイスのダボスフォーラムに倣って、世界中から政治家、経済人、文化人が集まって議論する場を作ろうとしていた。最も印象に残っていることは、各国のトップが忌憚のない意見を、ダボスと同様にいつもとちょっと違う雰囲気の中で交わしていたこと。

オープニングセッションで、小泉総理が心に残るすばらしいスピーチをされた。隣の席の竹中大臣も、自分は近くにいるけれどもこの半年で一番いいスピーチとのことだった。その後、ホストの朱鎔基総理がスピーチをされた。それに続く質問コーナーで、フィリピンのラモス大統領が当ててくれて、その時に何語で質問すべきかを考えた。

日本語で質問すれば、日本の若者からの質問とはっきりと分かると思い、日本語で質問することにした。当日は日本語への通訳もしっかりしており、可能な時は、参加者が出来るだけそれぞれの母国語で話し、その心を伝えることが重要と考えた。また日本語で質問をすれば、小泉総理のスピーチの内容に戻るのではないかと考えた。そして、「国家の関係は重要だけれども、それ以上に市民と市民の関係の構築が重要と思うが如何でしょうか」といった質問をした。「その例として、今年サッカーのワールドカップが日本と韓国で開催される。日本と韓国のワールドカップ共催において、スポーツを通じて、韓国との間で一つの目標のもとに、こんなにも気持ちを分かち合えるということを実感したこと」を申し上げた。朱鎔基総理は、「あなたがおっしゃるように市民と市民の関係が重要、中国の市民と各国の市民が仲よくなってほしい」旨のご回答。そして朱鎔基総理は、「今日の小泉総理のスピーチは非常にすばらしく、こんなことを言ったら内政干渉になるかもしれないけれども、小泉さんが続いてほしい」との言葉があった。言葉を伝え合い、心に響き合えば、お互いを受け入れてエールを送り合えるボーアオという環境の意味はここにあると感じた。

BFA は、中国が世界に対して、中国の変化がどうなっていくかを伝えていくために、中国全土に放映され、各国語にも通訳され発信されていた。そういう中でこうした話が出てきたというのは、面白いと感じた。当時、中国が WTO に加盟したタイミングでもあり、この瞬間に中国は大きく変わる一歩を踏み出したと感じた。

人の努力を見て学んでいくことは重要。BFA のような対外発信とネットワーク作りの工夫は、

我が国もより強化していかなければならない。そういう意味で、我が国の長期的なネットワークをどうつくっていくのか。 これは政府間のネットワークも然り、一国の中で、政府の中のネットワーク、また産学間もそうだし、官と民のネットワークもそう。民というのは個人という意味でもあり、これからは個人と個人が連携し、それをどう発信していくかを更に考えていく必要があると思う。

中国人のネットワークのつくり方は、誰から紹介されたかということが重要。また、誰かに人を紹介するということに慶びを感じている様にも見える。もし､自分が紹介した人に問題があると、その人の信用（クレジット）につながる。逆に言うと､私のクレジットじゃなくて紹介者のクレジットで行動することができるフレキシブルさがある。

恐らく、オープニングセッションでの発言の結果だと思うが、翌日中国側主催のパーティに招待された。会場に着いて驚いたのは、何十テーブルもある大宴会場でなんと 1 番テーブルに案内された。中国政府要人 3 名、中国最大のエネルギー会社の董事長など 3 名、ダボスでも活躍されている香港企業の会長に､小生というテーブルだった。一人の若者でも意識を持って､発言をして､面白いと思ってくれて 1 番テーブルにいる。 発言してみようと思って、決断して、何か行動を起こすことによって、誰にでも、こういう変化が生まれるかもしれないという話である。

「10 の視点：レンズ 4 米国のイノベーション」

米国国務省によるプログラムである「アイゼンハワー・フェローシップ」に選抜され、3 カ月間全米を回った。このフェローに選ばれると、秘書役のアシスタントがつき 1 年前から準備してプログラムを考えてくれる。大統領を含めて米国の誰とでも会え、どこにでも行けるとの説明を受けた。当時、世界銀行環境局の上級執行管理官として、3 年間ワシントンに駐在していた。もともとの専門分野もあって、エネルギー環境分野の様々な方々にお会いする事にした。全米約 15 カ所を回り、約 400 人と面談した。プログラムの最初にある大学に行き、30 人位の教授陣のいる部屋に通され､「ミスター平竹、どうぞ」と言われて、どうぞって何だろうと。時間は 1 時間とられており、どうぞと言われたので、私も思うところをエネルギーについてお話をした。何とか切り抜け、1 時間これでどうにか終わったと思っていたら、急遽、ここからもう 1 時間、ディスカッションしたいということでさせていただいた。2 時間のセッションを切り抜けたら、直ちに言われたのは、今日のアイディアは極めて面白いので、この大学にプログラムを立ち上げるので、1 年間のプログラムで一緒にやるからぜひやろうと言われた。このスピード感にまず驚いてしまった。終わった瞬間に次のアクションが決められて、しかも 1 年間の次のプログラムをオファーしてくるという、これはすごいなと。イノベーションというのはこういうふうにやってきたら起きるということを個人的に実感した。

米国ワシントン DC で国務省に行くと、北朝鮮がミサイルの発射実験をしたとの情報があり対応する必要があるので、参加予定者の中で 3 名位しか出席できないとのことだった。少し緊張感のある国務省の状況ブリーフをしてくれた。その時に、なぜ、今日、これだけ緊急の対応をしているかというと、10 年後、20 年後に大きく影響してくる一歩が踏み出されたからと言っていたのが非常に印象的であった。「未来を決めるのは、現在なのだ」ということを現場で感じた。

2006 年にミサイル発射実験を行い、現在何が起きているか。そのときは日本海に届いたが、今は米国まで届くものが開発され、そこに多様な弾頭を設置する可能性が 10 年後に起きている。国務省は 2006 年のあのタイミングで、その状況を判断していたけれども、その後のアクションにより、想定と違った未来に進んでいったというふうに見える。変化の兆しがあり、それを捉え、そ

の瞬間瞬間に考えて行動するということが、結果に大きく影響するということを、改めて実感する（**図 2.1.2**）。

図 2.1.2

アイゼンハワーフェローは、どこにでも行けるとのことで、それではフェローとしてしかなかなか行けない場所を自分の目でみて感じようと思い、急遽プログラムを一部変更し、米国の最先端の科学技術と英知が投入されている言われる Oak Ridge、Lawrence Livermore といった国立技術研究所を回ることにした。

Oak Ridge では、入り口に掲げられていた 5m ぐらいの大きなアインシュタインの写真が印象的だった。アイゼンハワー大統領は戦後、核を平和利用していく、原子力をエネルギー・電力として使って社会に役立てるということ、つまり「Atoms for Peace」に尽力した大統領であった。私もアイゼンハワーフェローとして、ここに来たことのご縁と平和の使者としての重みを理解しようと思ったのを覚えている。日本に投下された原爆が製造された場所を見ると同時に、現在もこの施設の隣で、核兵器の最終組み立てが行われているとの話もありその重みをひしひしと感じた。Oak Ridge の CTO と米国の最先端の技術ポートフォリオについて意見交換した。2006 年の段階でシェールオイル、シェールガスの採掘技術の研究が活発に行われていた。核技術研究もやっているのだけれども、米国の国益にとって最も重要な戦略の一つは「Energy Independence（エネルギー独立）」なので、最終的に米国が独立的に、自立してやっていくためには、液体燃料の輸入の問題を解決しなければならない。地政学的視点から液体燃料の自国生産が悲願であり、最優秀な頭脳がフレキシブルに集まり、新しい技術の革新によって競争力を高めるべく官民連携し取組んでいるとのことだった（**図 2.1.3**）。

図 2.1.3

Lawrence Livermore には世界最速の一つのスーパーコンピューターがある。核兵器の設計を担当しており、自国を守るために必要との説明があった。加えて、世界最速のスーパーコンピューターを使うことは、長期的なビジョンや戦略的思考にも深く関与している。最速のコンピュータはある意味で磁石の役割をもっていて、世界中の最先端の研究が集まってくると。国家の存亡にかかわるような分野にしっかりと予算と人材を配分していく必要がある。いかなることがあっても、国家として、時には例外的にでも資源投入を続けていく必要があるという話には頷けた。

レジリエンスという言葉は、非常にフレキシブルに企業との連携をやっているとの説明の中で出てきた。「アメーバ型プロジェクト」と表現したが、アメーバのように離合集散を繰り返しながら、必要なメンバーが目的を共有しながらプロジェクトを進めていく。ある重厚な国家戦略がどんとある場合でも、その運用・実施に当たってはある意味でアメーバ型といえる様な、小さなプロジェクトを多数並存させている。うまくいったらやり続けるし、失敗したらやめる。だから、アメリカの場合、特に安全保障という形は確固としてあるが、実施の仕方というのは非常にフレキシブルな面もあるということを学んだ（**図 2.1.4**）。

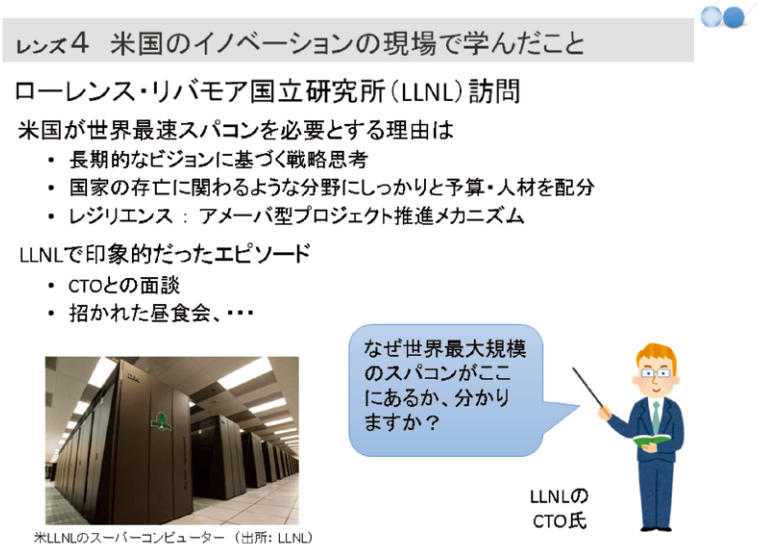


図 2.1.4

米国でノーベル賞級の「エンリコ・フェルミ賞」を受賞した原子力物理学者として高名なアート・ローゼンフェルド博士とは、エネルギーの未来について約４時間議論した。

その結果、「米国にはノーベル賞受賞者が中心となった組織があるから、ここのノーベル賞学者のこの先生と、この先生とこの先生に、こういうふうに話しなさい」と言われ、直ちにワシントンにある学会の先生３人を紹介してくれた。米国の強さの源泉は科学技術分野に限らないかもしれないが、面白いアイディアを見つけたら、自分の出来る最高の方法で惜しみなく支援すること。米国のイノベーションは、こういう所から生まれてくると感じた（**図 2.1.5**）。

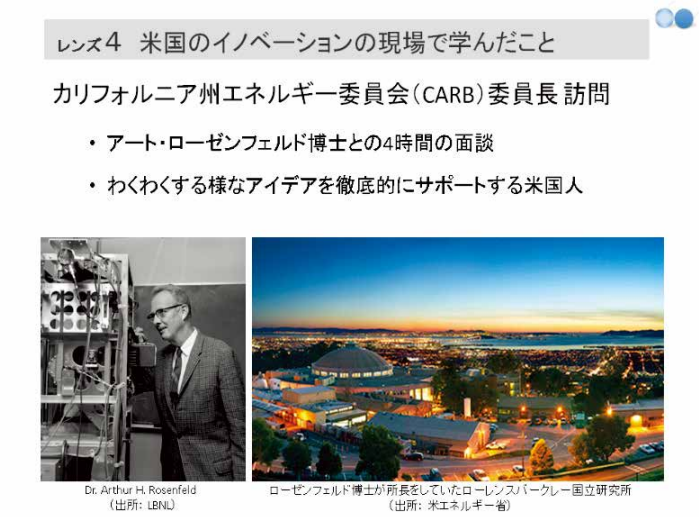


図 2.1.5

余談だが、アート・ローゼンフェルド博士のところに伺って、最初に見せられたのは、日本の電気冷蔵庫の効率改善トレンド。日本は、1970 年代から現在に至るまで 40 年間で 10 分の 1 に改善しており、携帯電話の充電器はもっとすごいと。日本人のお客さんであったこともあるのだろうが、ローゼンフェルドさんみたいな米国でも尊敬されて、有名な学者が、議論の端緒に、気さくに、かつ真剣に示されたのが、日本の電機冷蔵庫の効率化改善トレンド（**図 2.1.6**）。この雰囲気で、生涯印象に残るような議論が始まったのが印象的。

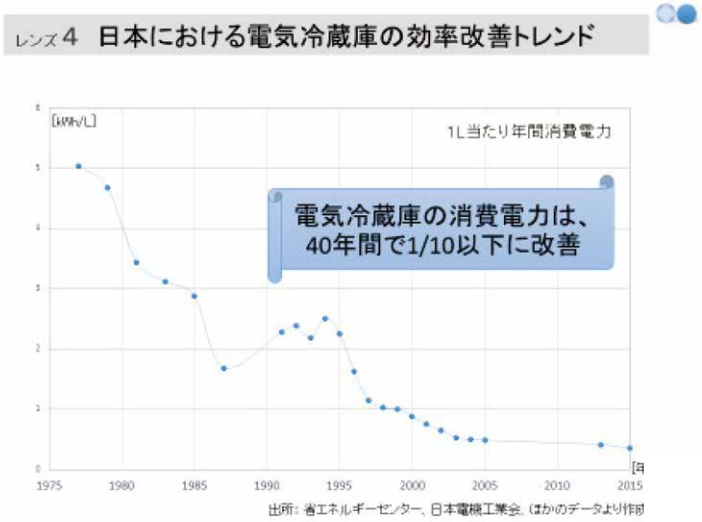


図 2.1.6

「10 の視点：レンズ 7 日本政府の視点」

世界銀行環境局にいるころ、日本政府関係者に様々なアイディアを具申していた。ワシントン DC の世銀のオフィスで、官房長官をされていた方に、恐縮ながら環境エネルギー戦略とそのアクションについて 1 時間半にわたってお話させていただき、議論させて頂いたことは忘れられない思い出。その時の議論をペーパーに纏めた。それを政府の中で読んでいた方も居られ、帰国後に政府でコンベンショナルなエネルギーと新エネルギーの両方を理解している人材が必要との要請があり、内閣官房に出向することになった。

ビジネスマンの目を通して、事業を通じた社会システムイノベーションの推進のために、「都市」をキーワードに環境、エネルギー、金融、不動産・インフラなど多種多様な分野を一括りにする複合的な事業創造の枠組み作りを進めた。政府の役割として、ルール変更による事業化の後押しを考え、総合特区法の成立に関わった。また日本の特技の輸出分野で考えたのが鉄道技術や、再生可能関連技術などのインフラのパッケージ輸出である。その際に意識したのが都市や地域の横連携で、国が地方自治体を支援するだけではなくて、地方自治体同士が横連携していく。また、国と国だけではなく、都市と都市もしくは地域と地域が連携することを考えた。こういう横連携を環境未来都市構想においてどのように作るかということで、第 1 回環境未来都市構想のフォーラムを開催し、全世界 40 近い都市から政治家、官僚、科学者、実務家等をお招きし、グローバルに環境未来都市をどう作ればいいのか議論。村上周三座長を中心に、小宮山宏先生、黒川清先生はじめとする皆さんの闊達な議論の場から生み出されたビジョンの現実化への一歩が踏み出された**(図 2.1.7)**。

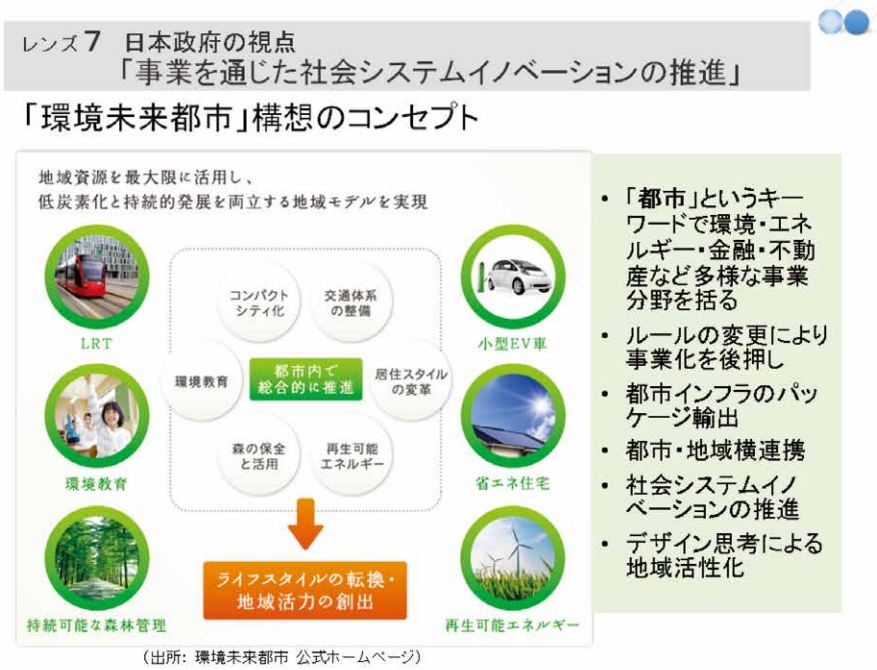


図 2.1.7

「レンズ 2.5.6.7 ビジネスマンのアクション」

「お金儲け」をするのがビジネスマンの目的で、儲からない仕事を主に考えることはない。根本原理は、商人は商人の分を果たす、すなわちお金儲けで社会に貢献することを考える。しかし、より持続的に儲かる仕組みを考える時代に変わってきたと感じる。今までは経済価値が圧倒的で、

プラスして環境価値、社会価値があったと思う。今、変化の兆しとして、より環境価値、社会価値を追及していこうという意識が強まってきている。

企業でも、「地方創生」ということが真正面から議論されはじめている。日本が人口減少する中で、限界集落にどう対処したらいいか、どんな貢献が出来る可能性があるのかなども議論されており、「変化の兆し」を感じる。今まで経済価値の追求は得意としてきたが、環境価値を追及し、さらなる地域の視点から社会価値の追求をはじめている。よちよち歩きで考え始めているので、より多くのステークホルダーと話しながら、一緒に考えて実現できたらと考えている。

ビジネスマンには揺るぎない信念が必要である。「忠恕（ちゅうじょ）のアクション」としたが、真心と思いやりを持ちグランドデザインを描くことが重要と思う。我々はグローバルなビジネス展開を通じて、日々、様々な課題に直面している。真心を込めて、思いやりをもって一つ一つの課題への回答を探すことが重要。と同時に、より俯瞰的に問題に向きあうことが重要になってきていると感じる。特に大きな変化のタイミング、例えばドイツでのエネルギー転換、デジタル化といった大変化への対応に特徴的なのは、グランドデザインを描きながら進めることにあると思う。またそれに対して、自らのビジョンを語りかけていくとのアクションが、信頼を深め、事業を現実にする大きな力を持つとドイツの現場で実感した。

それから、渦をつくり出し、渦の中心にいるということ、すなわち自ら動かしていくということが重要。自分がつくり出した「渦」は自分の日程で動かせる。工夫するということが非常に重要である。また、線形的に予測できない変化に対応する準備をするとの視点が重要。過渡期経営（トランジションマネジメント）が今、ヨーロッパでは方法論としてよく活用されていて、その一つに「Dutch Research Institute for Transitions（DRIFT、通称：ドリフト）」がある。ドリフトは過渡期にA地点からB地点に、特に非線形的にこれを持っていくときの手順などを整理している。ポイントは熱（意）のある「アリーナ」（場）をつくることらしい。切れ味の良い、熱意ある人たちを集めて「場」をつくり出していくことがポイント。サンドボックス、特区づくりなどもアリーナづくりの一つ。米国のアメーバ型のプロジェクト推進メカニズムなどもアリーナづくりの一例と思う。「変化の兆し」をとらえるのに、一次情報を重要視しており、おもしろいと思ったら必ず自分で聞きに行くことにしている。ドリフトの所長に、この研究は日本ではブレークする可能性があると伝えた。日本で一番有名なコメディアンのグループは、ドリフターズというというジョークからロッテルダムの研究所での議論を始めた。

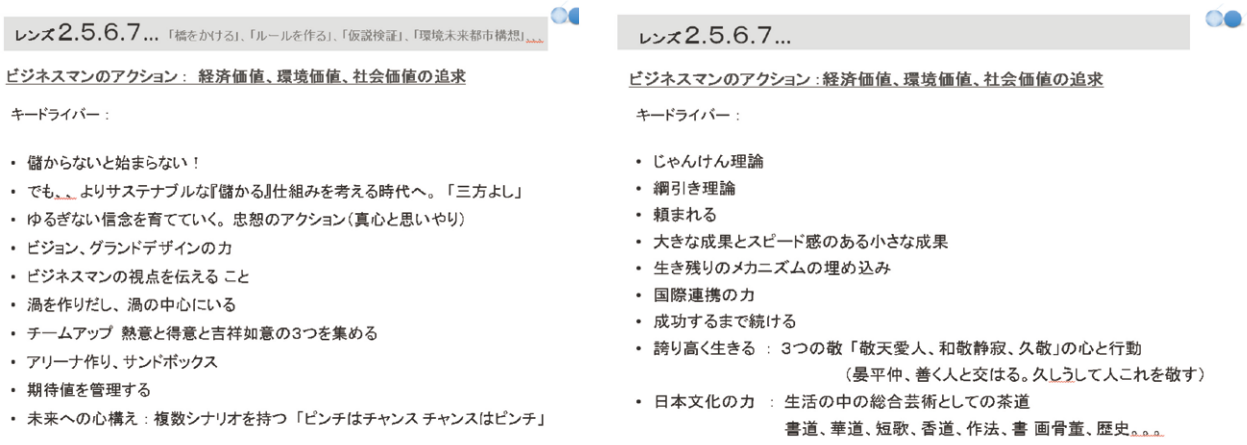
国際連携などでは頼まれることも重要である。ある課題を組織にどう落とし込んでいくかの一番有効な方法の一つは、頼まれることであるということを会社の先輩から教わった。相手から信頼を得なければ、何も頼まれない。どんな小さなことでも何か頼まれるということからはじめて、その信頼に応え、信頼のサイクルの中から、アイディアを紡ぎだし、コミュニケーションによりイノベーションに繋げてほしい。

コンプライアンスは非常に重要で、規則を厳しくすることも効果を持つ。より本質的に考えると「誇りを持つこと」が行動を変えると思う。コンプライアンスだけではないが、「誇り」というものがすべての行動の原点になるのではと思う。

どう生きていくかということで私がいつも大事にしているのは、「３つの敬」。敬天愛人（天を敬し、人を愛す）、和敬静寂（わけいせいじゃく）、久敬（きゅうけい）の心と行動が必要である。「晏平仲（あんぺいちゅう）、善く人と交はる、久しうして人これを敬す」というのは、晏平仲はとにかくいろんな個人とつき合いました。ところが、この人の立派なところは何かというと、長くつき合えばつき合うほど、その人のすばらしさが伝わってくるという。最初につき合ってみて、こ

の人はおもしろそうだなと思っても、しばらくつき合ってみたら、何だこの程度かと思うときがあるかもしれないですが、そうじゃない。晏平仲みたいな人に自らなり、そういうつき合い方をする。つまり、つき合いを大事にして、ご縁をとことん大切にして、長くつき合っていくということがこれから重要である（**図 2.1.8**）。

図 2.1.8



「レンズ 2.5.6.7 スマートグリッドコントロールシステムの実証化@ドイツ」

ドイツで手がけたスマートグリッドコントロールシステムの実証化のプロジェクトは、蓄電池をデジタルシステムの一部として捉え、プラットフォームに組み込んだ（**図 2.1.9**）。プレイヤーとしてプラットフォームの中に組み込まれ、ビジネスモデルを一緒に考えていくプロセスに参加することが重要。出来上がってからでは中に入れない。プロセスに参加し、プロジェクトを俯瞰して事業モデル・パートナーを探すためのツールとしていく。何より重要なのは、ドイツは、大きな変化に全く新しい組み合わせのチームで対応していく意思をもっており、更にそれを実行する環境を整備すべく政府も効果的な役割を果たしている。エネルギーでは、ドイツでは、火力ゼロの世界を想定しエネルギー転換戦略を進めている。今、すぐできるのではないが、苦しくてもその目標を立てて､そこに向かってチャレンジしていこうとしている。勇気を持って未来を見つめ、社会の変化に対応すべく我々も忍耐強く議論していかなければいけない。

ドイツでは、エネルギー社会の在り方について議論を重ね、自らの考え、ビジョンの発信を続ける中で、ビジョンが人を動かす力を体感することが出来た。大きな変化に対応していくために、如何にビジョンを持ち、そのビジョンを実現する小さな一歩を整理する力を養う視点が重要と思う。

図 2.1.9

「レンズを磨く：思考の枠組みを広げる「ビジネスとの連携」」

科学・技術の社会化ツールとしてのビジネスとは、ビジネスを活用することによって、科学とか技術を社会に実装する速度をどんどん速めていくことを意味する。またビジネスという観点からの合理性を組みこむことでもある（**図 2.1.10**）。

誰かと連携するという事は簡単ではない。例えば電気工学科と電子工学科が連携するだけでも大変なことである。まして全く違う分野の人たちと連携するというのは簡単ではない。意外かもしれないが、ポイントは、個性ということが非常に重要であり、一人の人間としてつき合っていくことからはじまると考えている。

図 2.1.10

「レンズを磨く：思考の枠組みを広げる「科学技術」の重要性」

ジオテクノロジー（Geo-Technology）について、これまで以上に科学技術の重要性が社会に大きな影響を与えると捉えている。地政学の重要性への認識が広まっているが、更にジオエコノミクスなどの見方がされ、現在は、ジオテクノロジーとの見方も重要になってきている。特にデジタル化社会の中で、サイバーの世界地図が作られようとしており、これがデジタル関連技術の集積度合によって大きく変わってくるという。そのため、サイバー世界地図の中では、科学技術が今までのポリティクスとか、エコノミクスと同様もしくはそれ以上の大きな要因として存在感を増してくると見られる（**図 2.1.11**）。

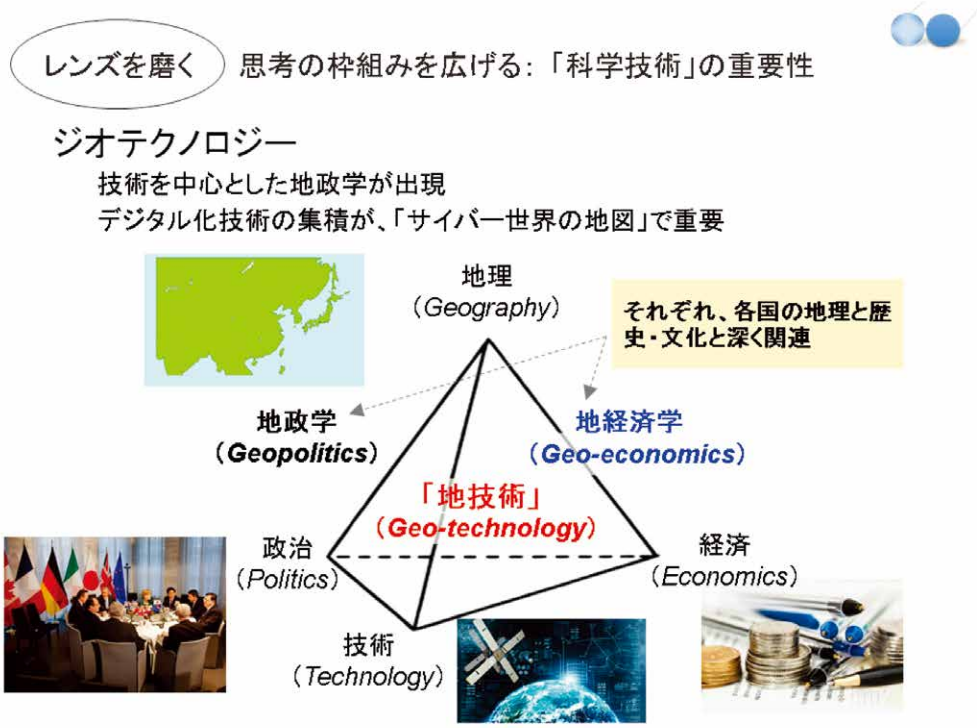


図 2.1.11

「レンズを磨く：思考の枠組みを広げる 鏡の世界」

カナダのバンフスプリングス国立公園の中にあるレイクルイーズという湖の写真。カナディアンロッキーが湖に映り込んでいる。これは現実の世界で今、起きていることのほとんどが、サイバー世界で確立されていくことの示唆である。「Mirror of Image」（鏡のイメージ）のように、現実世界がサイバー世界に映しこまれていくと考えられる。これまでサイバーセキュリティというと、特定の人が特別にやることのように思われるが、現実世界がすべてサイバー世界に映しこまれると、全ての人が、またそれぞれの立場に応じて、サイバーセキュリティへの対応能力を磨いていく必要がある。恐らく小学生位からサイバーセキュリティに関する認識と行動を変える必要がある（**図 2.1.12**）。

更に思考の枠組みを広げていくと、サイバー世界もしくはデジタル化が進む中で、ぜひ、これから我々が持っていく必要があると思っているのは、社会価値の追求の意識を持つことである。我々はこれまでの経済価値に加え、環境価値と社会価値を企業体として進めようとしているが、個人としても社会的価値の追求が非常に求められる。

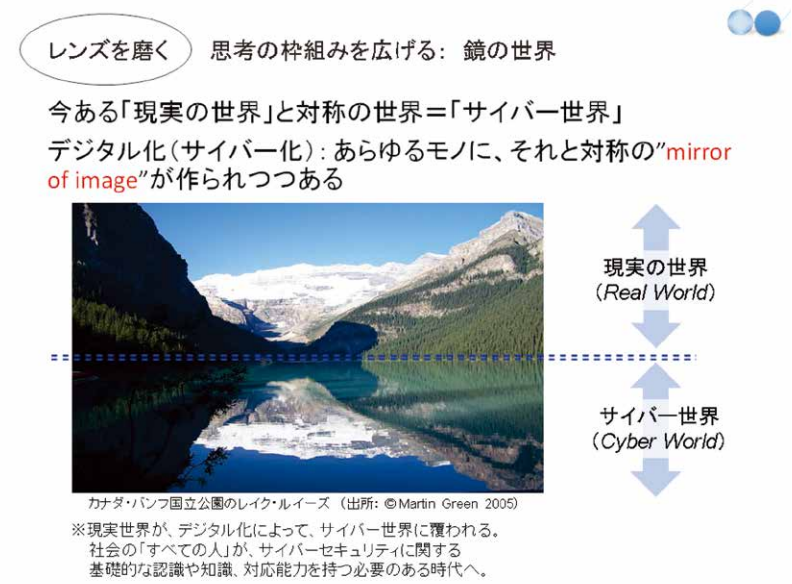


図 2.1.12

サイバー世界、デジタル化との社会変化の中で、哲学や倫理観がこれまで以上に重要になってくる。なぜかというと、これからは個人の力、影響が重要になるからである。潤沢な情報源や資源が共有されることにより、アウトソーシング社会に変化していく。そこから個人が創造的に生活していくような社会が今、デジタル化社会の中で生まれつつある（図 2.1.13）。

サイバー世界、デジタル化の中で、「自立分散型社会」というのはエネルギーだけじゃなくて、我々の全ての生活の局面に影響する。我々一人の自立した個人ということが求められるし、それができるようになる。さらには、そのことによって社会へのかかわり方も変化し、より貢献できる時代が来る。デジタル化に支えられる「分散型社会」という大きなトレンドが起きている。分散型はエネルギー分野だけでなく、製造業分野に当てはめればインダストリー 4.0 や第四次産業革命につながり、また働き方の変化などにも分散型社会の波が押し寄せているように思う。

図 2.1.13

「レンズを磨く：思考の枠組みを広げる デジタル化時代の心構え」

人工知能も、我々のすべきことをなんでもやってくれるということではない。人工知能も、１億円でできる人工知能もあれば、アプリの人工知能もあれば、１兆円をかけてつくった人工知能などいろんなものが出てくる。人工知能が善悪の判断をするために動きつつある今、我々が意思を持っていくことで、判断の辞書をつくるのだったら、人工知能の判断のための辞書をつくる人たちはどうあるべきかを広く考えていくことなどが重要である。

ビッグデータやAIが本格的に到来する前に、今、2017年というタイミングで我々一人一人がどういう意識を持っていくかが未来につながってくる。シンギュラリティー（特異点）といわれるが「AIの意図」が確立される前の段階で、我々が意思をしっかり持つということが重要。数十年後に、2017年に生きていた人は、一体何をやっていたのかと、あの時にこういう方向の玉を撃っておいてくれたら、世界は右の玉と左の玉、もしくは上下でもいいのだが違ったよねと。しかも、個人が力を持つ時代に、なぜ誰も、何もしなかったのかと問われのではないかということを考える。

「レンズを固定：変えるべきでない不動の経営哲学」

三菱商事は三綱領という不動の経営哲学を持ち、何をやるにしてもこの三つから考えている。最後のInternational Understanding through Tradeは、全世界的、宇宙的視野に立脚した事業展開を図ることを意味する。「宇宙的視野に立脚したビジネスとはなんだろう」とわくわくしながら会社を受けに行ったのを思い出す。その気持ちは今も変わらず、行動原理となっていると思う**（図2.1.14）**。

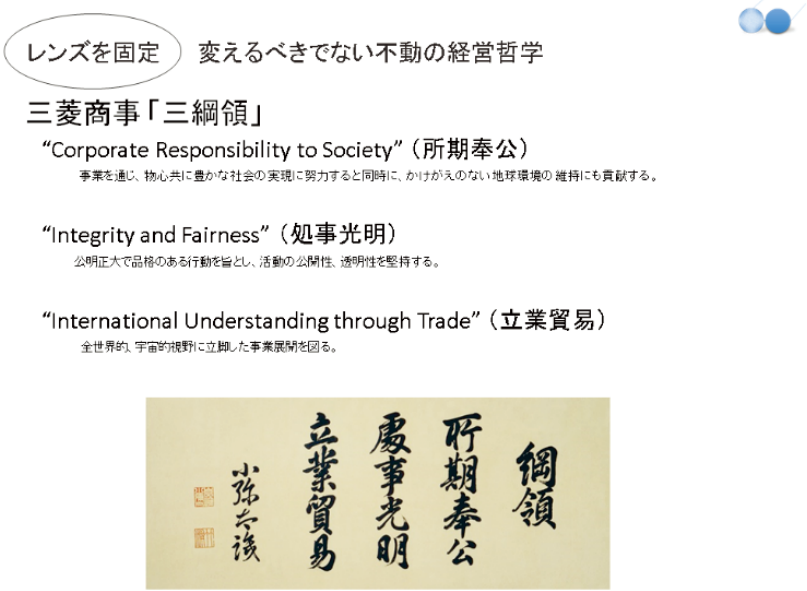


図2.1.14

「10の視点：レンズ10 日本文化の視点」

茶道は総合的な芸術である。昨年スロベニア首都リュブリャナで開催されたしたお茶会に参加した。スロベニアの方々を中心に350人位の参加だった。裏千家の千玄室前家元（大宗匠）が、平和を願いお茶をささげた。スロベニアの人たちが身を乗り出しながら、張り詰めたような緊張感の中でお手前を凝視している。中には、ひきつけられるように席から立ちあがり、静かに、真剣なまなざしで見つめる子どもの姿もある**（図2.1.15）**。

図 2.1.15

こんなにも「文化の力」はあるのだなと思った。そのときに大宗匠が、「平和、平和と前を向いて言うのではなく、和やかな気持ちが平和をつくる。和敬静寂というのは何かというと、和やかな気持ちを持って相手を敬って、静かな気持ちで時を過ごすということなんです」と話をされた。今日、この日に、この場から確かに平和は実現していると実感した。

終わりに、個人の知識は広げていく必要がある。科学者・研究者には、それを深めていく力がある。これからは、学生とも専門家とも、町のおじいさんとも、ビジネスマンとも多様な個人との連携の時代がくる。個人の力を横につなげていくことが重要。蓮は下で全部つながっており、蓮根という果実が生まれる。

さらに、それだけではない。科学者は魚の役割もすることが重要ではないか。魚が一匹で動き回ると蓮が揺れる。つまり、個々の魚が動くことによって社会を大きく動かすことができる。自分一人だけではなく仲間を見つけ、流れをつくっていくことができる。しかも、その相手には、今までの専門の科学者だけではなく、大学生とか高校生など様々な人たちがいる。合成生物学の最近の変化を見ていると、普通の個人、いわゆる専門の科学者だけではなく高校生などいろいろな個人が貢献しているのを見て驚く。こうした中で、壁をなくし分野の再結合、新結合を起こしていく（**図 2.1.16**）。

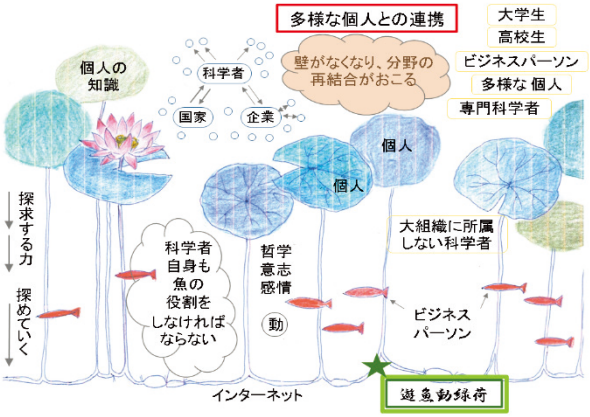


図 2.1.16

最後に、京都の寺田屋にある坂本龍馬の扁額「遊魚動緑荷」の言葉をご紹介したい。「遊魚動緑荷（ゆうぎょりょっかをうごかす)」は、魚が動いていくことによって緑荷、蓮の花を動かすことを意味している。これからは個人の創造力を生かせる社会が来る。特にデジタル化によって、今までの数千年間もしくはもっと長い人類の歴史から大きく変わる流れがサイバー世界、デジタル化によってもたらされる。そのときに遊魚となって社会を動かして、ワクワクするような未来づくりに自ら参加していくことをやっていく。魚が自由に遊べる環境を整備して仲間を見つける。それから、挑戦し、失敗し、また、挑戦する中で渦をつくり出していく、流れをつくり出していく（**図 2.1.17**)。

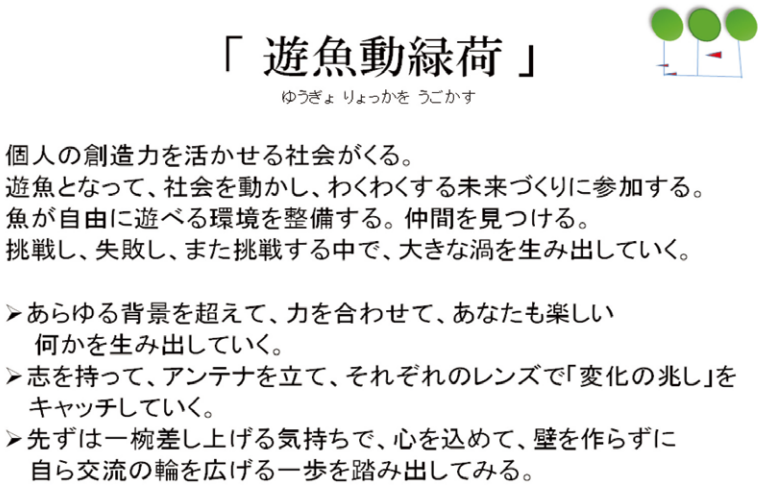
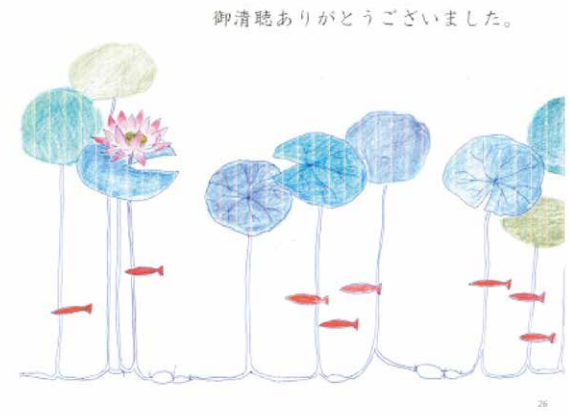


図 2.1.17

そのときに重要な三つのポイントとして、あらゆる背景を超えて、その人から学ぶ。学べない人なんていない。みんな、それぞれの経験を持っていて、何かその人から一つ学ぶ、光を当てるとも言えるかもしれないが、光を当てて学んでいくように生きていく。あとは自分が楽しいことができないといけない。だから、自分が楽しい何かを一緒に生み出していく。志を持ってアンテナを立て、それぞれのレンズで変化の兆しをキャッチしていく。まずは一盌を差し上げる、和敬静寂の心で、本当に和やかな気持ちで相手を敬って静かに時を過ごすという、そこからぐっと心を込めて生きていく。壁をつくらずに自ら交流の輪を広げて、一歩を踏み出してみる。それによって新しい未来をつくっていくということができるのではないか。



２－２．鷲田　祐一（一橋大学　大学院商学研究科）

「未来洞察のための思考法」

「未来洞察」は、英語では Foresight といい、Technology foresight などの形で使われている。この数年、Foresight という言葉が日本でも定着してきている。未来洞察活動は、技術開発、企業経営、行政施策などについて、中距離の未来について、多様な未来シナリオを構築し、戦略的な意思決定を行うことを目的とする。

今回のワークショップにおいては、洞察の対象年を 33 年後としている。未来洞察手法の最適とする将来までの時間は通常 10 年から 20 年後である。長距離を対象とするための企画上の工夫はしたが、これだけ長距離の予測シナリオを手がけた経験がない。そこから先の 10 年の洞察は参加者の創造力に高く依存するので、期待している。

手法の特徴は「スキャニング・マテリアル」により、未来の小さなウイークシグナルを大量に提供した上で、創造性や専門性を超えたインダクションを個々の参加者が行い、帰納推論的、機能的に未来がこのようになるのではないかという参加性の高いシナリオを構築することにある。研究者の方々は類することを日常の仕事で経験されているであろうが、一つのルールにまとめ無駄なフリクションを減らして、効率よくシナリオをつくる方法と理解していただきたい。

もともと 1960 年代終わりに、Stanford 大学が開設した Stanford Research Institute によって開発された手法である。その後、米国や欧州各国を中心に 1970 年代から実施され、企業内において構造的に未来のシナリオを大量につくる組織を構築している。日本でも 1990 年代から徐々に普及し、産業界では「ビジネス・インテリジェンス」と呼ばれ、トヨタ、IBM、ロレアル、KDDI、三菱ケミカルなど多くのグローバル企業で使われてきている。国内でも、一橋大学をはじめ、東京大学、東京工業大学などの大学機関、科学技術・学術政策研究所 科学技術予測センター、国立環境研究所、情報通信研究機構、社会技術研究開発センター、新エネルギー・産業技術総合開発機構、理化学研究所など数多くの研究所や行政機関で利用されてきている。

研究者が科学技術から離れて、社会やビジネスについても含めて広く議論していく点については、ビジネスと研究は離れているものではなく、むしろ、ビジネスを使いながら研究をしていくということが本当は大切と思っている。面白いと感じていただけたら、ぜひこの手法をうまく活用していただけたらと思う。

手法の目的は、今ある技術の可能性をスタートラインとし、目の間に不確実性があり、この不確実性のためにその先が見えにくいとした場合に、この先どうなるかを考えるために、何か仮説を置き、その先の可能性を議論することにある。こうして、機会領域の探索をしたり、企業の場合は施策を考えたりする。こうした一連の横のステップをここではシナリオと呼ぶ（**図 2.2.1**）。

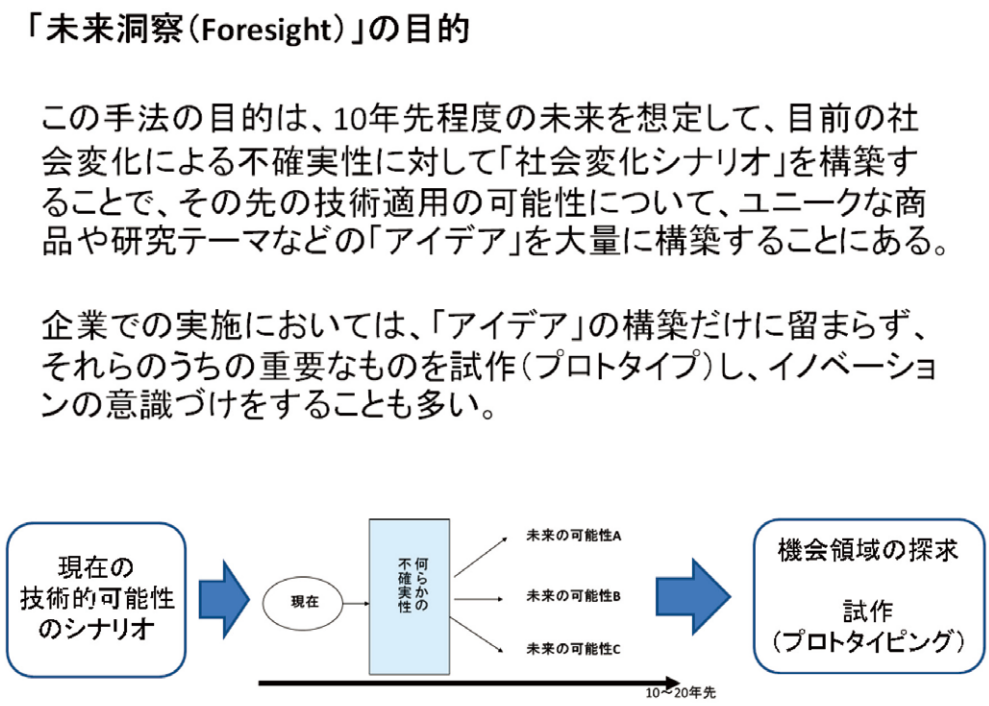


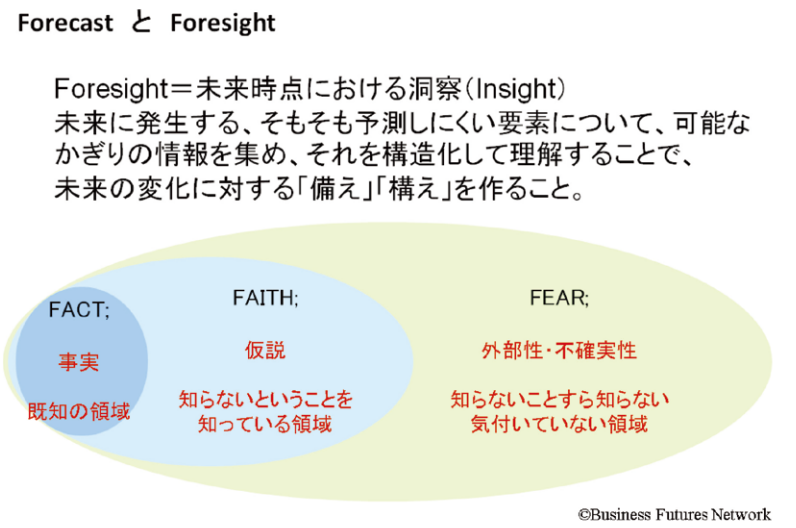
図 2.2.1

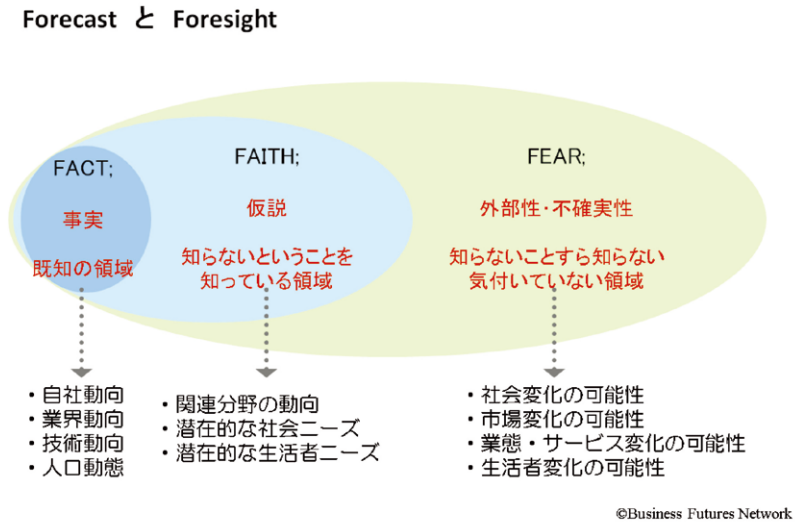
Foresight に似た言葉に Forecast がある。Forecast は外れやすく、特に 10 年先ぐらいの技術予測は外れやすい。1991 年、経済企画庁総合計画局・2010 年技術予測研究会報告をみると、日本のパーソナル通信の市場規模は 2000 年段階で約 2000 億円、2010 年段階で約 5000 億円規模であろう、と説明している。実際には、1999 年段階でのパーソナル利用での携帯電話関連の市場規模は総計で約 1 兆円、2005 年段階で既に 2 兆円を超えた。つまり、政府の予測の 5 倍以上のペースでの成長を実現したということである。日本の特にパーソナル通信市場は、ビジネスモデルとしては敗北したと言わざるを得ない。ずれが起こった原因は不明だが、ずれてしまったことは大問題である。

エネルギーに関する技術予測も外れやすいものの一つである。外れる理由には、こういう未来になるべきだという期待の高さがある。欧州でも「欧州の電力の 22%が枯渇しないエネルギーに置き換わる」（欧州委員会　再生可能エネルギー使用を促進する指令案：2000 年 5 月 11 日）としていたが、実際には 12%で、2009 年に「2020 年までに 20%」と目標を書き換えている。日本の環境省も、「2010 年には風力発電で 300 万 kW の電力を供給」（環境省（環境・エネルギー産業発掘戦略（P20）：2002 年 12 月 5 日））としているが、実際には 2014 年段階、最大容量で 250 万 kW である。

エネルギーの場合は政治の問題に左右されるということが多い。また、目に見えないところで生まれ始めている新しい技術が一気に状況をひっくり返すことがよくある。こうした点を包含したシナリオを強く期待するが、いずれにせよ、外れやすい現実を理解していただければと思う。

Foresight は洞察であり、外れても構わない。外れてほしい悲観的なシナリオや当たってほしい楽観的なシナリオなど、大半は外れるかもしれない複数のシナリオをつくる。その際考えなければいけないのが、Stanford 大学出身者による**図 2.2.2** に示される FACT、FAITH、FEAR である。


Forecast と Foresight
Foresight＝未来時点における洞察（Insight）
未来に発生する、そもそも予測しにくい要素について、可能なかぎりの情報を集め、それを構造化して理解することで、未来の変化に対する「備え」「構え」を作ること。
FACT;
事実
既知の領域
FAITH;
仮説
知らないということを知っている領域
FEAR;
外部性・不確実性
知らないことすら知らない気付いていない領域
©Business Futures Network


Forecast と Foresight
FACT;
事実
既知の領域
FAITH;
仮説
知らないということを知っている領域
FEAR;
外部性・不確実性
知らないことすら知らない気付いていない領域
・自社動向
・業界動向
・技術動向
・人口動態
・関連分野の動向
・潜在的な社会ニーズ
・潜在的な生活者ニーズ
・社会変化の可能性
・市場変化の可能性
・業態・サービス変化の可能性
・生活者変化の可能性
©Business Futures Network

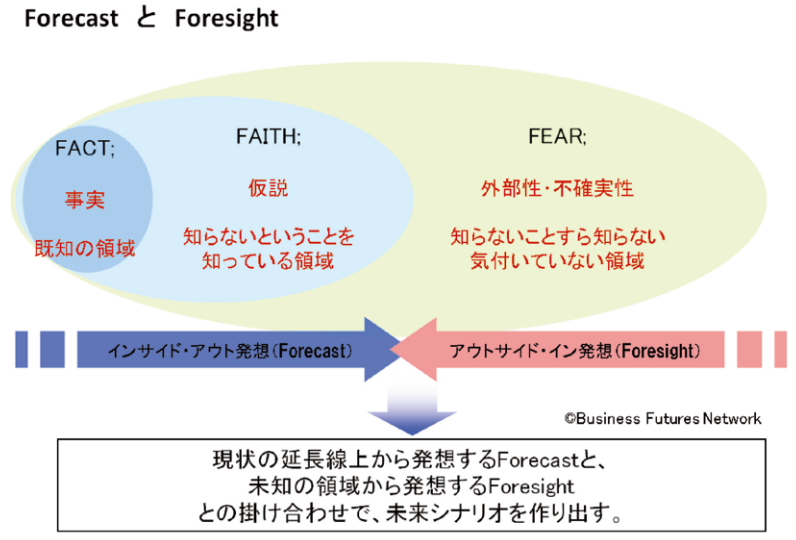

Forecast と Foresight
FACT;
事実
既知の領域
FAITH;
仮説
知らないということを知っている領域
FEAR;
外部性・不確実性
知らないことすら知らない気付いていない領域
インサイド・アウト発想（Forecast）
アウトサイド・イン発想（Foresight）
©Business Futures Network
現状の延長線上から発想するForecastと、
未知の領域から発想するForesight
との掛け合わせで、未来シナリオを作り出す。

図 2.2.2

一番左側に FACT（事実）すなわち今の事実、次に FAITH（仮説）すなわちこう信じたいということがある。ここまでは科学技術の日常的な行動でも一般的である。FAITH を平たく言うと、知らないということを知っている、つまりここがわからないということを表す。命題が立てば問題の 8 割は解決したというように、知らないことがどこかを同定できれば、非常に大きい手がかりになる。

ところが、左から右に向かうと、必ずその外側ができる。ここではＦ並びで FEAR とする。これは経済学では外部性 Externality、シナリオの中では不確実性 Uncertainty という。実はこの外部性とか不確実性を人間は直感的に恐れとして感じる。言葉にすると知らないことすら知らない、気づいていない。いわゆるやぶ蛇のことである。この知らないことすら知らないという領域をいかに減らすかが、ワークショップの大きな目的になる。広く浅いレベルで十分なので、少しずつでも FEAR の領域を減らすことにより、仮説を立てられる領域が広がる。これを目指していくのが Foresight の大きなフレームワークになる。

FEAR に関連する情報を見ると、社会変化の可能性、市場変化の可能性、業態・サービス変化の可能性、生活者変化の可能性というように、全部「変化」がつく。つまり定義が変わる。定義が変わるという事態を恐れずに、定義が変わると話はこれ以上できないという科学的な概念を突破することに慣れていただきたい。

非常に定義に準拠した、きちんと地に足がついたインサイドアウトについては、今までの Forecast のあらゆる手法を使わないといけない。一方､定義が変わってしまうような曖昧な話（アウトサイドイン）のために別のデータセットをつくらないといけない。この別のデータセットこそがスキャニング・マテリアルから始まる、もう一つのデータセットである。スキャニング・マテリアルの話は、真偽は別として、こういう話が実際に世の中に出回っているということが大切である。大量の記事を短い時間にお願いしているのは､余り深読みしてもらいたくないからである。スキャンという言葉が出ていると、広く浅く見ることが大切で、これがいわゆる帰納推論である。

理由はわからない何らかの傾向をウイークシグナルという。この別のデータセットと今までのインサイドアウトのデータセットの二つを合体させて、より地に足のついた、しかも現状から少し突破しているようなシナリオをつくっていくことが今回の手法の特徴になっている。

知らないことすら知らない状況は非常に危険な事例に、東日本大震災の福島第一原発事故などがある。「科学で解決できないこと」を「存在しないこと」にしてしまい、その結果「知らない」こと自体を意図的に忘れた事例である。科学では解決できないことは当然ある。もう一つに、解決できるはずだが、発生確率が低いといつの間にか存在しないことにしてしまう。存在しないことになるといつの間にか知らないことになってしまう。実際には古文書を見ると数百年前には似たような津波が来ている。想定外という言葉の怖さの一つの事例である。中国で新幹線が落雷で止まり、衝突事故を起こして政府が埋めたのは、FEAR の特徴である。自国では経験したことがない大事故が発生したときに、どう対処すればよいのか、本当に「知らなかった」事例である。知らないことすら知らないという初めて経験したことが起こると埋める。これは減らしたいということがポイントである。

洞察問題（Insight Problem）という言葉がある。茂木健一郎氏の「あは！体験」もいわゆる帰納推論の話である。脳科学の世界でも未解明だが、普通の分析では無理だが、知恵の輪、Ｔパズル、迷路などやっているうちに答えを見つけることが実際に人間にはできる。未来の問題もこれに近いのではないか。Foresight の日本語訳がなかったので、当時、私がいたメンバーと一緒に、未来洞察という非常にストレートな名前をつけたのは、こういった背景があった。

手法において様々な考え方を使い分けることを意識していただきたい。まず、エビデンスに基づいてきちんと論理的に話をしよう、科学的に話をしようという「演繹推論」がある。これは未来イシューとして、今考えなければいけないさまざまなエネルギー関連の事象として提供する。スキャニングは帰納推論なので必ずしもエビデンスに基づいていなくてもいい。ただ、いろいろ幅広く見た結果、思ったり感じたりしてことを兆しという言葉で議論していただきたい。これらからマトリクスをつくって機会領域ごとに予測をするためのインパクトダイナミクスを作る。このように思考のやり方を変えていきながら、その都度、とる思考の方法を意識して議論していただきたい（**図 2.2.3**）。

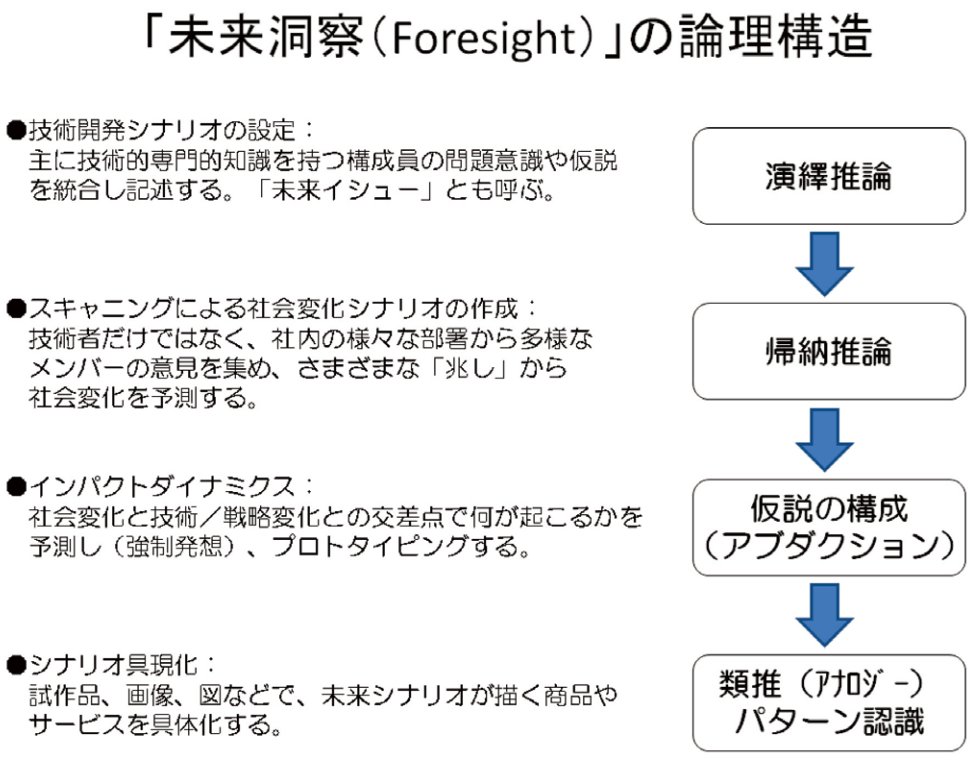


図 2.2.3

いろいろな人たちがスキャニング手法を活用してきた。Loveridge（2008）によれば、スキャニング手法の原型が最初に学術の世界に記録されたのは、Harvard Business School の戦略論の教授であった Aguilar（1967）が「Scanning the Business Environment」を発表した時である。Aguilar の考えを元にして、1969 年に米国生命保険協会の Arnold Brown 副会長（当時）が高騰する保険料率の算定の一助にするためにスキャニング手法を協会の判断材料として採用した。その後、ビジネスの世界に広がっていく中で、1974 年になると、SRI の「Long Range Planning Service」という部署が、最新のビジネストレントやその潜在的な可能性をディスカッションするオムニバス形式のプログラム「Corporate Associates for Environmental Monitoring (CAEM)」を開始した。翌年には経営戦略論の創始者的研究者である Ansoff が、スキャニングが重視する「弱いシグナル（未来の芽情報）」に着目した論文を発表した。その後、SRI は同組織を発展させ、「The Business Intelligence Program (BIP)」を発足させた。1977 年に Arnold Brown が、同僚の Edith Weiner と Hal Erich とともに、未来洞察コンサルティング企業 WEB 社をニューヨーク市に設立し、民間企業や公共団体へのサービスを開始した。SRI の BIP はこの WEB 社が開発を

続けてきたスキャニング手法を正式に導入し、現在のスキャニング手法の基礎が確立した。その後、BIP はスキャニング手法を中核にすえた未来洞察活動を世界の 200 社以上のクライアントに提供するようになった。BIP の設立者たちが中心になって、80 年代に Business Futures Network 社を設立（Business Futures Network, 2015）。欧州やカナダでの普及啓蒙と、手法のさらなる開発を中心的に担うようになっていった。この頃、その他の未来洞察コンサルティング企業（シナリオ手法で有名な Shell グループ、BP グループ、米国 Institute for the Future 社、米国 Global Business Network 社、SRI consulting 社など）も次々に設立され、スキャニング手法の担い手は、学術ではなく実務の世界に移って行った。

人間はどうしても線形思想になりがちであるが、線形の発想の外側にある小さな出来事であるウイークシグナルが結局は洞察が外れる原因になっている。こうした出来事を集めたデータベースがスキャニング・マテリアルである。スクラップブックではない。今回のワークショップ準備のために参加者の方には 200 ほど読んでいただいた。外れた話ばかりと思われた方もいると思うが、わざとそうしている。外れる方向性を狙ったものがスキャニング・マテリアルの特徴である（**図 2.2.4**）。

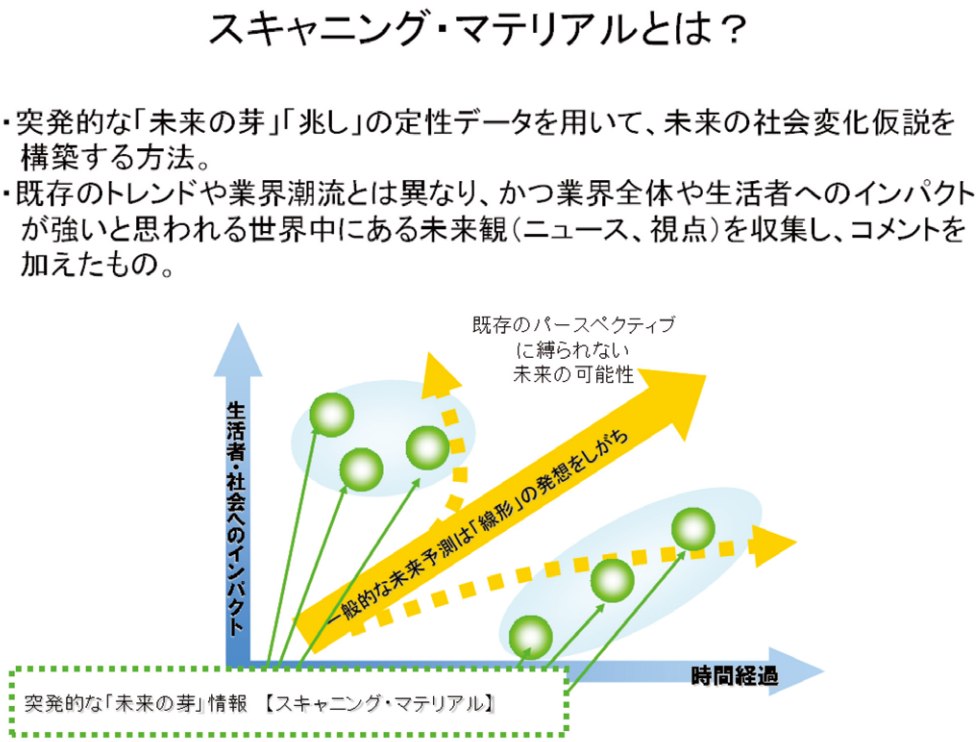


図 2.2.4

スキャニング・マテリアルの上部にはこの情報を見つけた人の主観に近いコメントを入れている。クアラルンプールに捨てジャンボ機がいっぱいあるという話が何で未来と関係があるかと思うが、これをスキャニング・マテリアルとして採用した人は未来と関係があると感じている。こうした話がデータとして配られ、これを使って帰納推論をする（**図 2.2.5**）。

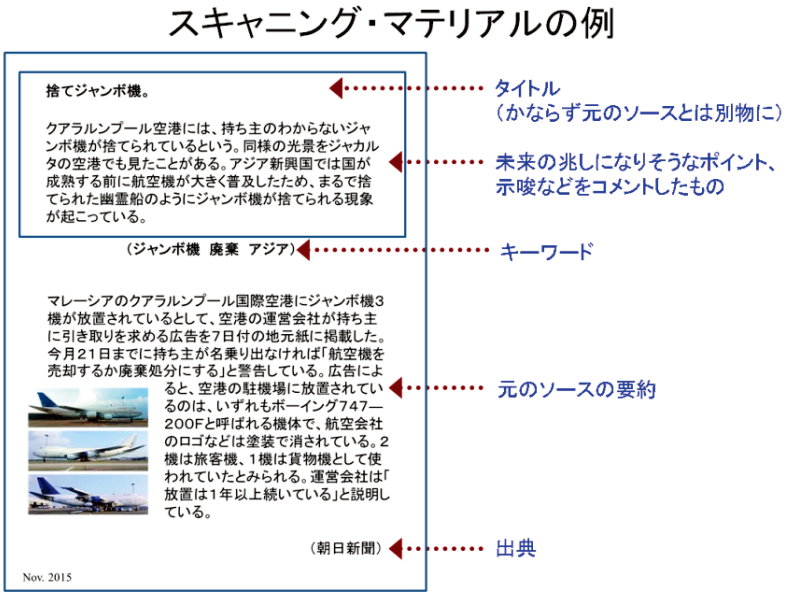


図 2.2.5

次に、参加者にアイディアを書いていただくためのディスカッションから始まる。こうやって、発散と集約のプロセスを踏みながら、何となく全体としてこういう変化がありそうだ、ということをまとめる作業を行う（図 2.2.6）。やっていくと、意外とまとまった話になる。ある程度まとまって、しかも面白く、技術の可能性だけでは見えないところに落ち着くことを期待している。

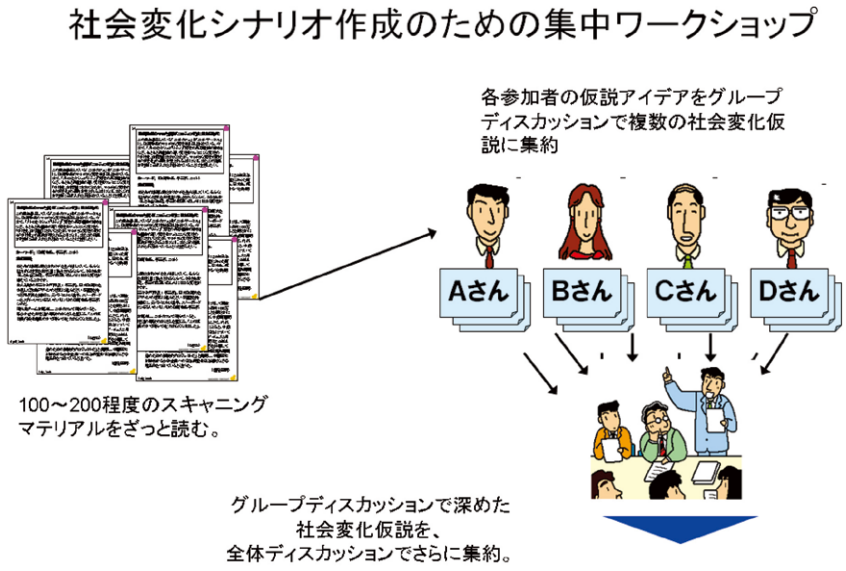


図 2.2.6

こうして出てきたシナリオをマッピング化して塊をつくり、内容の解釈をしていくと、未来年表をつくることができる。日本人の複数の組織で共通に現れる傾向がある。2025 年ぐらいのところで、それまでは楽観的だが、急に悲観的になり、ある種相が変わってしまう。今は快適で楽しい生活があり、一層向上させるための規制改革をする。そうすると、オリンピックが過ぎて 5 年

ぐらいで、新しい摩擦や、大きな制度破綻が起こるおそれがある。その先は超管理社会がくる（**図 2.2.7**）。ただ、人工知能が 2045 年頃に人類を超えると言われているが、人工知能がシンギュラリティを迎えるよりもずっと早い段階で、人間側が先に相転移することが見えている。このワークショップでは 2050 年以降を想定しているが、それより前に相転移の時期があって、それを超えていくことを考えなくてはならないのであれば、非常に難しいテーマである。

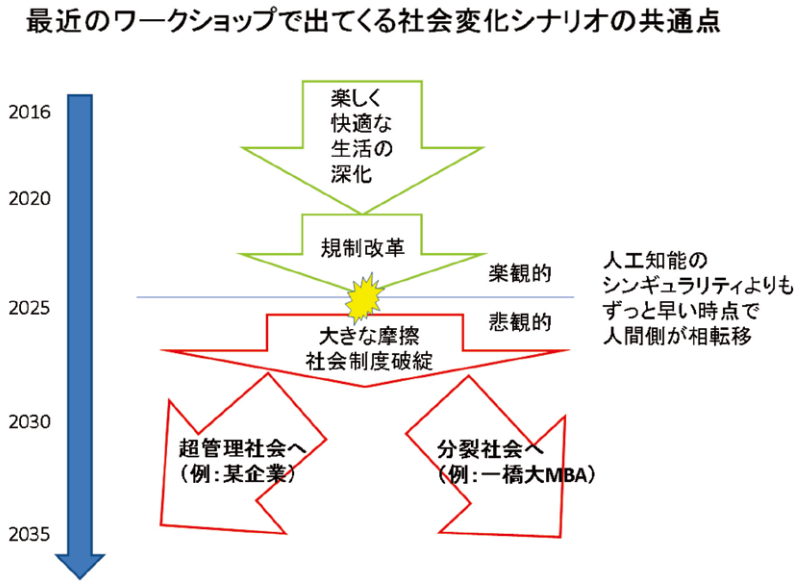


図 2.2.7

表側に社会変化の仮説を並べ、表頭に未来イシューを並べるとマトリクスができる。このマトリクスを全部埋める作業を行う（**図 2.2.8**）。これにより、今考えられているさまざまなエネルギー関連の出来事と、これから先に起こるかもしれないと私たちが考えたシナリオを総当たり戦にして強制発想する。

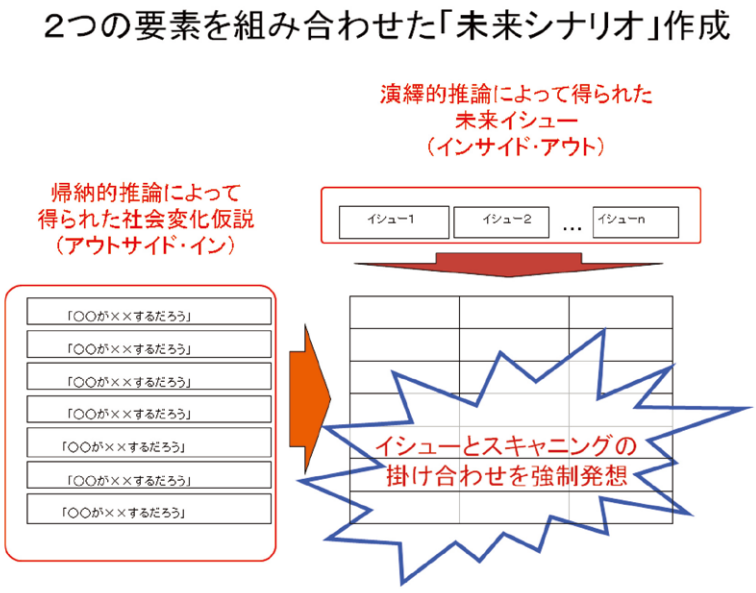


図 2.2.8

企業では、デザイン思考を使って、クロスポイントで出てきたアイディアごとにデザインをつくったり、プロトタイピングにも使われる。こうした意味で、企業活動と研究開発のビジョン、アイディアは非常にシームレスであることが感じられる。2015 年に東京モーターショウで展示されたトヨタの「KIKAI」はスキャニング手法によるシナリオ作業をもとにしたコンセプト開発で生まれた。「近未来の自動車は、機械部分を隠すのではなく、積極的に見せることで、むしろ愛着をもって使われる生活の道具になるのではないか？」というシナリオを具現化したものである。どこか懐かしくかわいい雰囲気も演出されているが、内部構造は AQUA からの流用でハイブリッド車である。機械を隠しブラックボックス化する現在の流れとは違う未来の兆しを表現している。

2002 年に、KDDI と「ユビキタス情報研究会」と未来洞察を実施し、2008 年の秋葉原を考えた。当時まだAKB48 も大規模再開発もなかった秋葉原が渋谷に並ぶ若者のデートスポットになり、リュックを背負ったオタクが「クールでかっこいい」対象になり、ウェアラブル端末を使って個人情報を駆使する生活を描くシナリオをビデオ制作した。その後、「クールジャパン」が世界的な動きになり、2014 年にグーグルグラスが話題になった。2002 年に 2008 年の秋葉原を考えた時にはほとんど話題にならなかったが、2014 年になって注目されたということである。15 年ぐらいの未来を見る力しか発揮できていないが、そのレベルの範囲では、面白いことができている。本ワークショップでは、エネルギーをテーマにこの 2 倍の不倒距離のシナリオを飛んでいただきたい。

スキャニング手法に関する参考図書
鷲田祐一編著「未来洞察のための思考法　シナリオによる問題解決」勁草書房

コラム「世界の未来洞察（Foresight）活動の動向」

今回のワークショップで採用されたホライゾン・スキャニング手法は、未来洞察（Foresight）活動の一環といえる。Foresight 活動は、もともとは「技術普及予測」研究領域から出発したものではあるが、昨今の世界の学術研究の流れの中で、「技術評価」研究領域やイノベーション研究領域と融合して、STI（Science , Technology & Innovation）研究領域へと発展進化してきている。曖昧だった定義が徐々に STI として定着しはじめている。このため、Foresight 活動の定義はいまだに揺れている部分が多いが、「体系的なアプローチによる将来展望」が共通する部分としてある。欧州委員会では、「関係者の参加を得て、体系的に未来に関する知見集約と中長期ビジョン形成を行うプロセスであり、将来に向けて現時点でなすべきことを決定し行動に向かわせるもの」であるとしている。未来を「考え、議論し、創造する」ことを 3 本の柱として掲げ、多様な関係者の参加と実践指向（単なる予測ではなく、行動により未来を創る）を強調し、単なる調査結果の分析と提言で終わるのではなく、具体化に向けた発展的な議論や政策検討への寄与などの事後評価まで含む活動とされている。こうした前提に立って、これまでの Foresight 活動を整理すると下表のようになる。

第一世代	技術フォーキャストが中心。技術動向自体の影響が大きい。技術専門家や予測専門家の手に委ねられている。
第二世代	技術とマーケットとの関わり合いに着目。技術発展は、マーケットへの貢献・影響の観点から議論される。産学の参加。
第三世代	社会の様々な関係者の視点を入れ、社会トレンドや制度調整など広範な社会的側面を扱う。
第四世代	予測の役割が、科学・イノベーションシステムの領域にも拡大。複数組織が他の活動と連携しつつ計画・実施。
第五世代	様々な予測活動が融合して実施される。STI システムの構造、及び、広範な社会・経済的事項における科学技術的側面に注目。広範な政策アプローチの中に予測活動が位置付けられる。

出典：　Georghiou, 2007; 横尾 , 2014

ホライゾン・スキャニング手法は、もともとは Environmental Scanning あるいは Scanning という呼び名であったが、OECD が Foresight に取り組むようになったころからこの呼称に統一されるようになってきた。OECD の取り組み、および英国の取り組みを主導してきた Manchester 大学ビジネススクールの研究者たちによって Foresight 活動の代表的な手法としてホライゾン・スキャニングが注目されるようになり、重要度を増してきている。

最近の欧州各国の技術評価組織が追いかけている Foresight 活動のトピックを示したのが下図である。エネルギー問題、環境問題、ICT、生命科学などが共通に挙がっている。日本との最大の違いは、地震や大雨などの自然災害に関するトピックが少ないことと、少子高齢化などの人口問題が皆無であることである。

日本では、他国のように国主導の Foresight 活動の試みが弱く、むしろ企業への導入が先行しており、この事実が日本の一番の特徴ともいえる。しかし最近では NISTEP がホライゾン・スキャニングを実施するための準備を進めており、ようやく諸外国と同等の立ち位置にたどり着きつつある。NISTEP は諸外国の Foresight 研究者とネットワークを強化してきている。

Country/Region	Current topics
France OPECST	Energy, Environment, Emerging technologies, Life sciences
Finland Committee for the future	Energy technologies, Nanotechnology, Education, Welfare & poverty, Climate change, Forests
Italy VAST	Aerospace, Energy policy
Greece GPCTA	ICT, GMO, safety, Climate Change
European Parliament STOA	Eco-efficient transport, Sustainable Management of Natural Resources, Security of Internet
United Kingdom POST	Biological Science, Health, Physical Sciences, ICT, Science Policy
Germany TAB	Biotechnology (incl. gene tech), Environment, Energy, Health, Sustainability, Innovation barriers
Sweden PER	ICT, Renewable fuels, Ageing, Climate change, Fish populations, Social welfare
Catalonia CAPCIT	Limited number of studies (GMO, a health topic and Nanotech)
Denmark DBT	Renewable energy, Sustainable transport, ICT, Synthetic biology; Obesity, Water supply
The Netherlands Rathenau Institute	Biotechnology, Synthetic biology, Converging technology, Nanotechnology; Usable body, Resource dependency, Security and Privacy
Switzerland TA-SWISS	Life sciences and medicine, ICT, Nanotechnology, Climate change/mobility (biofuels), Social and cultural TA
Norway NBT	Ageing and telecare, Nanotechnology, Synthetic biology, Cognitive enhancement, ICT; Health, Sustainability & Climate change, Security and Privacy
Flanders IST	ICT, Transport, Energy, Life sciences, Ageing

Source: Technopolis Group

参考文献

Georghiou, L.,“ Future of Foresighting for Economic Development”, UNIDO Expert Group Meeting on the Future of Technology Foresight, May 2007

横尾淑子 , 2014,「世界における予測活動の最近の動向」, 科学技術動向 , 2014 年 5・6 月号（144 号）, pp4-9

EUROPEAN PARLIAMENT, (2008), “Technology Across Borders Exploring perspectives for pan-European Parliamentary Technology,” AssessmentScience and Technology Options Assessment.

3．全体討議の進め方

3－1．概要

ワークショップのプロセスの概要を**図 3.1** に示す。ワークショップにおいては、まず、スキャニング手法に沿って、将来社会のシナリオ（社会変化仮説）を構築した（①）。次に、未来のエネルギーの姿に関する仮説（未来イシュー）と洞察された社会変化仮説のクロスセクションごとに、エネルギー社会のイメージを洞察した（②）。最後に、それぞれの社会において発生するニーズや脅威に対処するために必要な科学技術テーマと、実現に際しての技術的、社会的課題について議論を行った（③）。

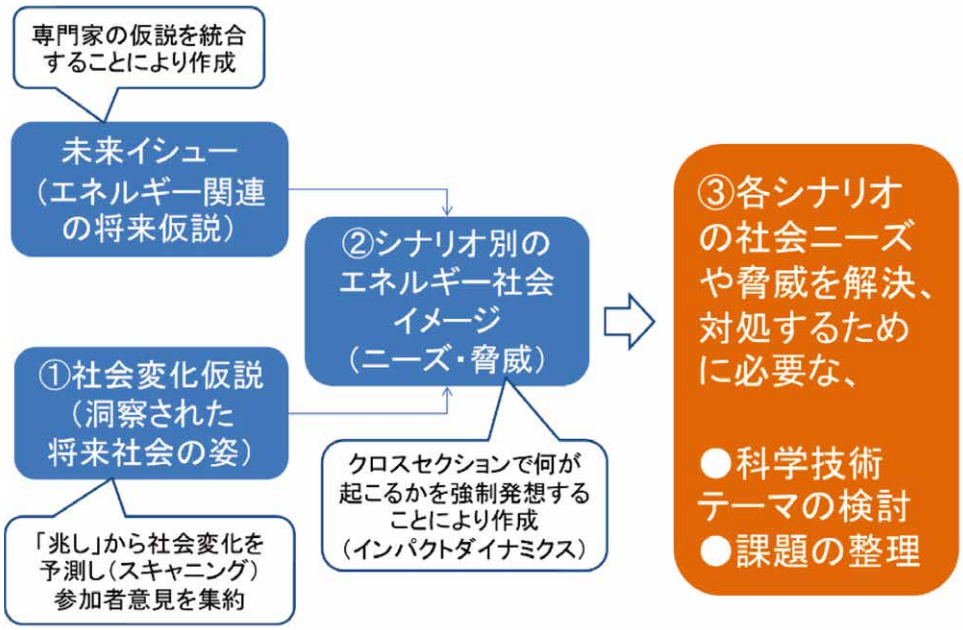


図 3.1　本ワークショップの進め方

3－2．プロセスごとの概要

（1）社会変化仮説の構築

将来社会の姿を洞察するために、ニュース情報等に基づく 200 個の**「スキャニング・マテリアル」**を作成した。スキャニング・マテリアルの作成にあたっては、非連続な未来シナリオの予見につながる事象を含ませる一方で、2050 年以降という長期を洞察する設定において支障のないように、具体性を高める観点から技術的な内容を通常のスキャニング･マテリアルより多めに揃えた。全てのワークショップ参加者はそれぞれこのスキャニング・マテリアルを通読した後、議論の多様性を保つために、出身学会や専門領域が異なるメンバーからなる 5 グループに分かれて議論を行い、将来社会の姿を表現する**「シナリオアイディア」**をグループごとに作成した。

こうして作成されたシナリオアイディアを各グループが発表し、参加者全体が内容を共有したところで、類似度や関係性を整理し可視化するために、各シナリオアイディアが、27 項目（悲観的、楽観的、現実的、非現実的（夢）、2030 年までに実現、2050 年までに実現、2100 年かそれ以降、産業界主導、官主導、学主導、ユーザ主導、社会に影響が大きい、産業に影響が大きい、国家に影響が大きい、脅威への対抗、社会のニーズを満たす、ニーズベース、シーズベース、家族、個人、共同体、教育・学習、労働、余暇・レジャー、移動、健康・医療、消費）のどれに相当すると感じるか（複数回答可）を評価するアンケートに参加者全員が回答した。この回答結果にコレスポンデンス分析を行うことにより、シナリオアイディアを分類するとともに集約した。この集約されたシナリオアイディアを**「社会変化仮説」**と呼ぶ。

（2）未来イシュー

エネルギーに関連した未来シナリオである**「未来イシュー」**を設定した。未来イシューとは、未来洞察の主語の役割を果たし、今回のワークショップにおいては、エネルギーに関する人間と未来社会の関わりという大テーマを構成する要素を分割し、詳細の議論のための小テーマとして設定するものである。未来イシューは、専門的背景に基づき演繹的に設定するため、作成にあたっては、2050 年を見据えたエネルギー関連の科学技術に関する検討を行っている政策文書を参考にした。参考とした政策文書は、環境省 中央環境審議会 地球環境部会 長期低炭素ビジョン、内閣府 エネルギー環境イノベーション戦略、経済産業省 長期地球温暖化対策プラットフォーム報告書である。こうして作成した 11 個の未来イシューの案に対し、エネルギー政策の専門家他の意見に基づき優先度付けを行い、最終的に 6 個を抽出した。設定した 6 つの未来イシューを**表 3.1** に示す。

表 3.1　設定した未来イシュー

未来イシュー	説明
エネルギー生産・消費の場所、時間、役割の変化	エネルギーは「消費に応じた生産」から、「賢く使う・貯める」になり、「自家消費、自立分散」を前提とし融通する「循環財」に。システム最適、運用改善、ICT 制御、模調整力活用により系統が安定運用。効率最大化と CO_2 排出最小化が両立。水素等によるエネ貯蔵・輸送システムが確立。消費可視化、効率化、行動科学を応用したデマンドレスポンスが実用化。
移動手段の低炭素化と移動以外の意義の拡大	モータ駆動自動車が主流となり、低炭素エネルギー由来の水素やバイオ燃料が動力源に。電気自動車がエネルギー需給調整や災害対応の役割を果たす。都市構造コンパクト化、モーダルシフト、輸送距離短縮、物流情報化、積載率向上、意識変革等により、効率的低炭素物流や自動運転、安全で高利便性の移動が一般化。
炭素・物質循環社会	CO_2 分離、炭素循環利用が実現。材料・燃焼技術向上により CCUS 付や高効率の火力発電が確立。低温排熱回収技術が発達し、排熱やエネルギーカスケード利用が実用化。エネルギーハーベスティング技術も一般化。潜在的資源を回収し新規需要化する循環社会が確立。家庭廃棄物をほぼゼロ化する技術と制度が完成。
自立する持続可能な地域社会システム	多様な風土を活かした地域経済活性化と地域文化力向上。エネルギー自給地域社会が実現。ゼロエミ地方自治体の再エネブランド住民誘致、域外資金自立が実現。高効率農業機器、施肥・水管理など適切な農地管理や計画経済により農業企業化進む。電化、水素・余熱利用進み、廃棄物処理施設が地域エネルギー拠点に。
低炭素社会に向けた経済・社会システム	低炭素型製品輸出により日本の経済力が向上。低炭素燃料と化石燃料の同価格化により低炭素産業が価格競争力を持つ。炭素価格経済や炭素投融資判断が一般化。インフラ間シェアリングエコノミーが発達し、コミュニティ内での自立的需給調整を助長する経済システムが発達。公共エネルギーは余剰電力を活用し、業種横断的な省エネが実現。
新たな価値観の創出と行動の変化	消費者ニーズに対応した高品質生活とエネルギー消費最小化が両立。最小限の高品質製品をシェアする無理ないライフスタイルが普及。CO_2 排出レジャーの仮想化が進む。環境貢献情報の容易入手で楽しみながらエコを自発的に実践。ライフスタイルに応じた労働一般化し、労働生産性が向上。再エネの供給状況にあわせた晴耕雨読型コミュニティができる。

(3) インパクトダイナミクスの構築

作成された社会変化仮説と未来イシューから、**「インパクトダイナミクス」**を作成した。参加者は、専門分野に基づき未来イシューごとのグループに分かれ、インパクトダイナミクスの各クロス領域のセルにおける**「エネルギー社会イメージ」**（エネルギーに関連する社会の姿やその社会におけるニーズや直面する脅威）を具体化するための議論を行った。議論においては、未来イシューごとに社会変化仮説をクロッシングすることによって、インパクトダイナミクスをつくり、それぞれのクロスするセルにおいて発生するシナリオを強制発想した。

（4）科学技術テーマの導出

インパクトダイナミクスの各セルにおいて思い描いた 2050 年以降の日本社会のイメージをもとに、その社会で予想されるニーズや脅威に対応するために開発すべき科学技術や研究開発テーマ、および実施上の課題について検討した。ここでは、インパクトダイナミクスの未来イシューごとにグループを作成し、各未来イシューのグループごとに、社会ニーズや脅威を解決、対処するために必要な科学技術のテーマの検討、課題の整理を行った。検討のために用いたシートを**図 3.2** に示す。

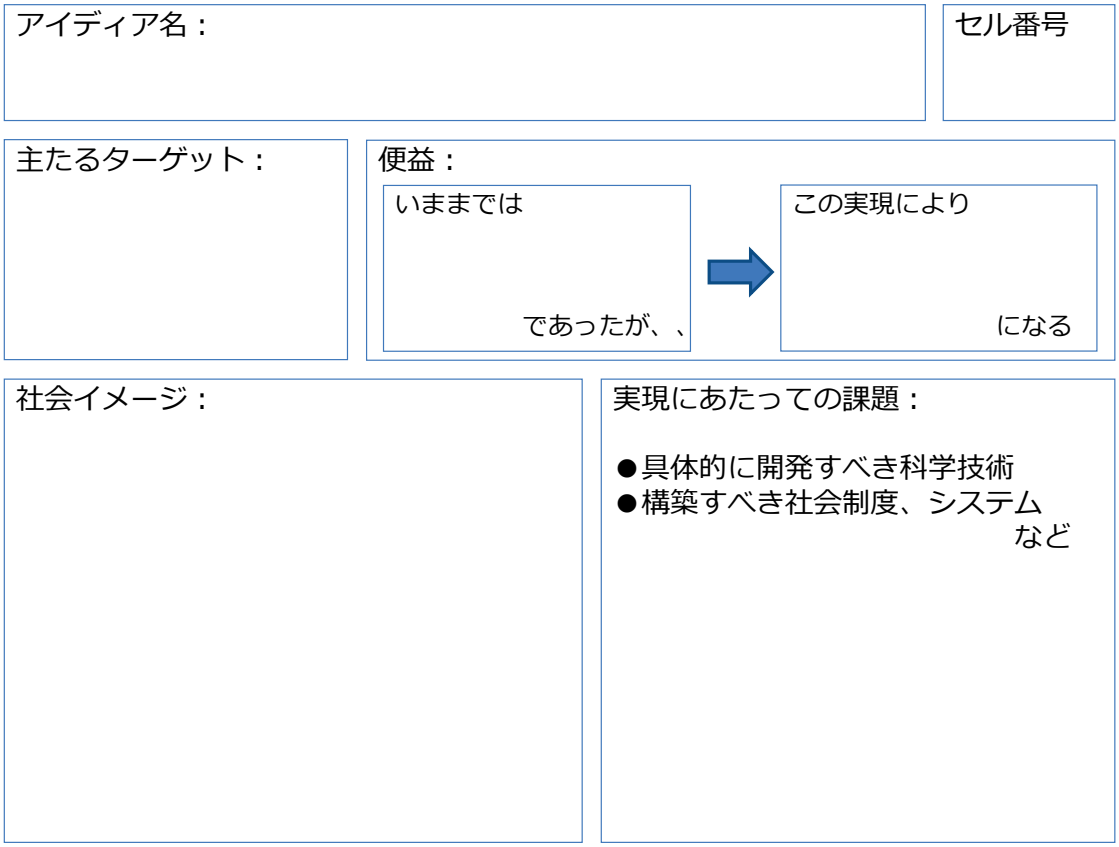


図 3.2 科学技術テーマの検討に用いたシート

４．討議結果

社会変化仮説に関する発表内容を 4-1. に、エネルギー社会イメージと科学技術テーマに関する発表内容を 4-2. に、また、各発表後の質疑応答およびコメントについて 4-3. にまとめた。

４－１．社会変化仮説

（1）シナリオアイディアの概要

グループ別の討議に基づき、指定のフォーマットに従って発表された各シナリオアイディアの概要は以下のとおり。なお、「2050 年」という書き出しは、この段階においては、中長期的な未来について議論するための目安として 2050 年と設定したものである。実際には時間軸の認識にグループ間である程度のばらつきがあった。

＜グループＡ＞

シナリオ１「2050 年は人の時間が有り余ることで紛争が勃発する」AI の発達により省力化が進んで人の時間が余り、宗教間の紛争や戦争が発生する。また、昆虫型 AI ロボット兵器などで他人を攻撃するといったことも発生する。

シナリオ２「2050 年には立体的な空間利用として地下が利用される社会になる」異常気象や核戦争により地上に住めなくなると、地下都市で地熱などを利用しながら生活するようになる。地上のスペースを使い天気を制御しながら食べ物を生産する。

シナリオ３「2050 年には立体的な空間利用として宇宙が利用される社会になる」宇宙開発のためのエレベーターや宇宙太陽光発電が開発され、宇宙ステーションで発電した太陽光を地上に超長距離送電するシステムができる。宇宙ステーションでは AI や、ロボットが働く。宇宙出身の子どもも出てくる。

シナリオ４「2050 年には一極集中型から分散型社会になる」人が好きな場所に住みながら、収入を得て、快適に過ごすことができる。ICT や AI によりテレワークが発達し、ドローン、物流発達により田舎に住んでも便益がある。小型分散型発電が発達し、電気代がただになる。一方、インフラが劣化し更新コストがかかるようになる。

＜グループＢ＞

シナリオ１「2050 年、いつでもどこでもエネルギー」世界中、いつでもどこでもあまねくエネルギーが得られる。大量エネルギーが前提にサービスが提供される。宇宙発電、ハーベスティング、再生エネルギー（再エネ）、水素社会を全て活用する社会になり、無線給電も行われる。

シナリオ２「2050 年、完全自動運転が実現し、物も人も自由に移動できる」いつでもどこでもあまねくエネルギーが供給される社会が実現すれば、道路の概念がなくなり、三次元空間、水陸空間で人と物の移動が実現する。基本的に免許が不要のため、自分で運転したい人が免許で制約される。他方、エネルギーが不足する社会であれば、自給自足、地産地消のような原点を回帰する社会になる。

シナリオ３「2050 年、自然環境に適合した生き方を選択する社会が実現する」人類は地域、社会、自然、風土と共生しながら定住による安心感とエネルギーを得て活動していく。

シナリオ４「2050 年、究極のオンデマンドサービスが実現」エネルギーの生産コストが下がり個人でエネルギーを作るようになる。農業は各家庭でセルフ化される。3D プリンターで供給されるデータに基づき物を自給自足するようになり、究極のオンデマンドサービスができる。やがては、

個人個人が孤立し、バーチャル空間でつながる社会になる。

＜グループC＞

シナリオ１「2050 年、自給自足エネルギーのグローバルネットワークにより、地球温暖化問題は解決される」2030 年に気温が 3 度上昇して世界が地球温暖化を実感すると、自給自足エネルギーのグローバルネットワーク化（自然エネルギー、未利用エネルギー、微生物、水素変換、エタノールなどあらゆるエネルギー利用と国内外電力網の高効率活用）が起こり、2050 年には温暖化問題が解決する。

シナリオ２「2050 年、仮想現実 (AR・VR) 技術の進化により、情報のみが動き、人が移動しない社会」業務、教育、レジャーが VR で時と場所を越えて体感できる仮想現実の社会になっている。渋滞などの移動制約もなくなり、移動手段は激減する。価値観の分裂が起きるという社会問題が発生する。

シナリオ３「2050 年、陸空両用電動スカイカーが普及。物流は道路からドローンへ。家無し族も現る？」2040 年に CO_2 排出が禁じられ全モビリティが電動化される。電源からの温暖化影響ガス排出はほぼゼロになっている。無線給電が整備され、航続距離や充電時間の問題が解決している。都市への人口集中はさらに進み、渋滞時に飛ぶ陸空両用電動スカイカーが実用化される。物流は道路からドローンになり、給電レーンで充電、買物、配送するので家庭にストックする必要がなくなる。モビリティホーム族が出現し、電動モビリティホームが家族を学校や職場に送った後、無人運転により水を補給し、下水やごみ処理場を回る。

シナリオ４ “In 2050, free energy opens up a world of possibilities but threatens survival of humanity”． 2050 年にエネルギーが無料になり可能性を開くと同時に人間が絶滅する可能性も開いてしまっている。エネルギーが無料になりエネルギーを消費し過ぎてしまうと地球温暖化が進む。無料のエネルギーを使って塩水を飲水に変える動きが出てくる。地球温暖化を起こしながら、解決しようとする世界になる。

シナリオ５「2050 年、教祖が人気職業 No1 になる」2050 年には AI やロボット技術が発展し多くの職業を担う。劇的に生産性が向上して社会が豊かになる一方で、社会の急速な変化と、AI により職や自己実現の場を奪われた人々は高いストレスを抱える。AI への反発からテクノロジーを拒否する人々が、テクノロジーを規制するコミュニティを各地で成立させる。精神的な安定を求めた人々が、新たな宗教を創立する。

シナリオ６「2050 年、気候制御技術が武器として利用される」地球温暖化に伴い異常気象が頻発している。水不足や海水面の上昇などのデメリットの一方、耕作可能地ができるメリットもある。こうした利益・不利益の差から温暖化対策の積極性に国の間で差が出てくる。異常気象の一定の制御技術として台風の進路の制御もできるようになる。

＜グループD＞

シナリオ１「2050 年、国全体の社会インフラ・生産システムが高度自動化してつながる」食料、製品を含む生産システムや、サプライチェーン、道路、鉄道、輸送、電力などの社会インフラも自動最適化・メンテナンスされ、必要な労働力が減少する。大部分の労働力が不要となり余暇時間が増えることにより、働きたい人と働かない人が二極化する。

シナリオ２「2050 年、電動化・自動化で自動車は所有からインフラへ」自動運転でカーシェアやライドシェアが普及し、車の所有意識が変化する。稼働率が低かった個人所有の自動車はシェ

アによって運用が効率化される。物流の車も自動化により効率化され、車両数が減る。日本では自動車産業が大幅に縮小し、労働力が不要になる。

シナリオ３「2050 年､余暇の過ごし方が多様化する」労働力が不要になり､テレワークが拡大し、余暇時間が増える。趣味がより多様化、先鋭化する一方で、多くの人には理解されない趣味でもつながることができる社会になる。

シナリオ４｢2050 年､セキュリティの高度化が必然となる｣社会インフラが IT で自動化されると、サイバーセキュリティの脅威が顕在化し、セキュリティ産業が主要な産業になる。国のセキュリティや防衛産業の重要性が増すとともに、サイバー分野だけではなく軍事技術開発にも力を注ぐようになる。シナリオ１から４はつながったストーリとして考えている。

シナリオ５「2050 年、より合理的な国際連携が求められる」安全保障の観点からも、合理的な国際連携が求められる、あるいはそうすべきである。エネルギーについては、再エネに富む国と化石資源が多い国などで戦争回避のためにも相互の合理的連携が求められ、こうした国際連携が重要になる。

＜グループＥ＞

シナリオ１「全てのものがオリジナル！模倣品ゼロ！ 2050 年、あらゆる工業製品が〝カスタムメイド〞になる」社会動向や個人志向の多様化に伴い、工業製品が多様化する。製造業の AI 導入やモジュール化が進み、単体の効率化より汎用性、単純化、簡単化が世界標準になる。製品化は早期に低コストで実現し、多様な個人、少人数集団、地域などの最終ユーザのニーズにリアルタイムに対応できる。オーダメードにより無駄のない高価値のものづくりが可能となる。

シナリオ２「2050 年、移動は人々の創造的な活動に変化する」移動に使う時間を減り、移動中を豊かに過ごす時代になる。飛行機、電車、車、徒歩とそれぞれ利点を用途や要望により使い分ける社会になる。通信手段での代替、自動運転での利便性向上などパーソナルな移動手段が出てくる。家ごと移動する選択肢も出てくる。年代により移動に求める価値は異なるが、社会全体の移動量は減る。

シナリオ３｢2050 年､近くで働く､遠くで働く｡個人に寄り添う､働き方｣顔を見合わせる働き方と、遠隔での働き方に二極化する。このためのコミュニケーションを補完する技術として、うそを見抜いたり、うそに対応するためのコミュニケーションツールがでてくる。

シナリオ４「2050 年、老いも若きも二か所居住。リアルな自然の中で人間らしく。頭も心もリフレッシュ、地域活性化も実現」遠隔医療、AI 技術、テレビ会議、自動走行などの技術が、従来のテレワークを超えた原点回帰のための技術となる。二か所居住は空き家対策になるし、交流人口や半定住人口が増加することで地域の活性につながる。移動によって地域活性化を刺激し、第二の故郷を自分でつくる。

シナリオ５「2050 年、主要なファーストフード業界で昆虫由来バーガーが提供される社会になる（“多様な源”の食物を食する社会となる)」2050 年に世界人口が 97 億人となり､全世界の人々による大量廃棄型の食生活は環境制約上難しくなる。一方、昆虫が加工、錠剤化され、日常生活の一部としてとらえられている。このため、より多くの食糧が利用できるようになり、食料保障問題とエネルギー保障問題が同時解決している。

(2) 社会変化仮説の構築

グループ別の議論の結果創出された 24 のシナリオアイディアへの参加者へのアンケートを行い

（有効回答数 23）、有効回答をコレスポンデンス分析した。アンケート項目とシナリオアイディアの関連性からプロッティングを行い、各クラスターの意味を解釈するための軸を設定した（第 2 軸までの累積寄与率は 48%）。クラスターを構成するシナリオアイディアの関係を**図 4.1** に示す。

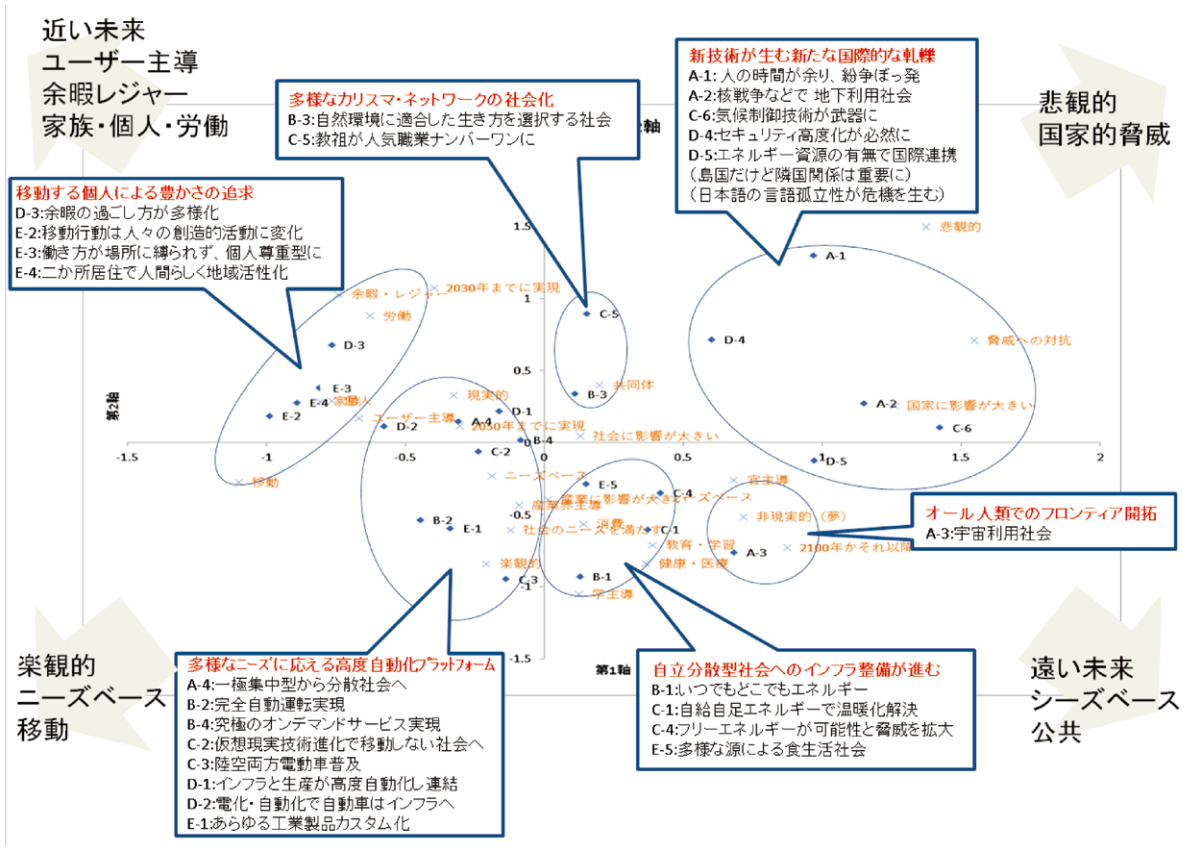


図 4.1　シナリオアイディアの分析結果

次に、グラフ内のアンケート項目とシナリオアイディアの位置関係から 24 のシナリオアイディアを 6 つのクラスター（社会変化仮説）にまとめ各クラスターの解釈を行った。ここでは、実現する年（斜めの軸）、悲観的－楽観的軸、社会のニーズに伴うニーズベースの技術開発－達成された技術に基づくシーズベースの技術開発軸、個人・ユーザ・消費者・市民－国家・脅威軸などを確認した。各クラスターに含まれるシナリオを熟読し、代表的なタイトルをつける作業を行った。各クラスターから示される未来社会の概要を**表 4.1** に示す。

表 4.1　シナリオアイディアのクラスター（社会変化仮説）が示唆する未来社会

社会変化仮説	説明
1．移動する個人による豊かさの追求	各種の交通手段とテレワークが豊かに普及し、多様なツーリズムにより余暇生活は発展する。移動自体が手段ではなくクリエイティブな活動であるという認識が芽生える。このような考え方は、勤務体系、居住の在り方にも影響を与え、移動の活発化・日常化によって多拠点居住が普及する。
2．自立分散型社会へのインフラ整備が進む	上意下達型の社会インフラが終焉し、必要なエネルギー生産を実践する地域も出現する。技術革新によりエネルギー価格が低化し、生活用エネルギーの自前確保が簡単になるが、節約意識の崩壊や、インフラへのテロが懸念される。食用外資源の開発により、食糧問題は改良している。大量消費社会から、適量分散消費社会への移行が実現する。
3．多様なカリスマ・ネットワークの社会化	生活者の精神的な変化が起き、自立分散型の社会ビジョンが確立する。反面、人々は精神的な繋がりを求めるようになり、精神的な指導者あるいは AI のように人間ではない指導者に注目が集まる。そのようなカリスマ的存在が、日本中に点在する適量分散消費社会どうしを繋ぐネットワークのように機能している。
4．多様なニーズに応える高度自動化プラットフォーム	移動やバーチャルリアリティに関するキーテクノロジーが普及し、こうした技術を前提にした社会が形成されている。生産システムや物流産業の自動化・高効率化が労働力不足を補っている。適量分散消費社会に合わせ、カスタマイズされた工業製品の適量生産により、資源消費量は縮減している。多様で高度な自動化プラットフォームを無数の AI とロボットが支えている。
5．新技術が生む新たな国際的な軋轢	日本列島近辺の地勢リスクが高まり、日本が何らかの国際的・軍事的な紛争にまきこまれている。国際紛争からの防御や資源確保に多数の新技術が用いられ、技術が人類文明への脅威になっている。また脅威に対応するための技術も大量に求められる。
6．オール人類でのフロンティア開拓	地球温暖化や戦争による生存環境の著しい悪化などによって、国際連携による、宇宙、大深度地下、海底など本格的なフロンティア開拓が進められている。この開拓に関連する科学技術開発が進められる。

４－２．エネルギー社会イメージと科学技術テーマ

（1）エネルギー社会イメージの概要

インパクトダイナミクスに基づき、セル（36 セル：6 つの社会変化仮説×6 つの未来イシュー）ごとの具体的なエネルギー社会イメージが各参加者により議論された。描出されたエネルギー社会イメージの概要を、未来イシューごとに**表 4.2** に示す。

表 4.2　洞察されたエネルギー社会イメージの概要

未来イシュー	エネルギー社会イメージ
A エネルギー生産・消費の場所、時間、役割の変化	個々が自立・分散した社会の中で、ネットワーク化して全体を構築するようになる。セキュリティはすべてを横断する普遍的技術課題である。エネルギーはシームレス（いつでもどこでも）に利用することができる。この結果、特徴のある文化、産業を持つ地域が発生し、個々の人々は、住む地域を自由に選択するテーマパーク型の住み方を選択するようになる。
B 移動手段の低炭素化と移動以外の意義の拡大	人は、文化や食など体験を通して感動を得るために、移動欲求を基本的に持つことを前提とする。一方、物は移動させずに入手することを重視するようになる。このようにして、リアルな移動と疑似体験などを通したバーチャルな移動のあり方が大きく変化する。地上に加え空中も移動空間の範囲となる。
C 炭素・物質循環社会	二酸化炭素（CO_2）排出削減に対する取組は、2040 年頃に二酸化炭素分離、貯蔵技術の確立により解決されており、2050 年には既に CO_2 の資源化に向けた体制が整備されている。この時代においては、エネルギーは安価で潤沢に供給されているため、資源問題も解決している。
D 自立する持続可能な地域社会システム	「地域」を東京以外の全ての地域と設定した。「地域」の発展の方向性は、地域が東京と利便性などの点で同等に向上する場合と、東京にはない役割を担う場合、の２つがある。将来は、地域間の連携を深め、IT や再生エネルギー利用技術に支えられながらエネルギーや食糧を供給する地域が日本を支える。
E 低炭素社会に向けた経済・社会システム	地球温暖防止に向けた科学技術による解決上の課題は 2050 年には既に達成されている。2050 年以降の社会で課題となりうる社会課題には、エネルギー安定供給、科学技術との関わり方、安全保障、情報セキュリティなどが想定される。こうした課題解決のための、社会・経済システムの構築、科学技術確立後の社会実装および社会受容の獲得の進め方の研究が必要になる。
F 新たな価値観の創出と行動の変化	人々は、多様な豊かさを満たす生き方や脅威への対応方法を自由に追求するようになる。この達成のために、引き続き科学技術を利用するが、エネルギー供給･消費に対する考え方や資源循環の概念など、従来の科学技術との関わり方が大きく変化していく。

（2）科学技術テーマのまとめ

ここでは､エネルギー社会イメージに基づき議論された研究開発テーマの概要をまとめた。なお、各シナリオのアルファベット番号は未来イシューに、数字は**表 4.1** の社会変化仮説に各々対応する。

未来社会イシューＡ：エネルギー生産・消費の場所、時間、役割の変化

このシナリオでは全般的に、個々が自律して分散化した社会がネットワーク化し、日本を形成する未来を描いている。シームレスにいつでもどこでも必要な量だけエネルギーが獲得できるようになると、各地方で様々なエネルギーや食料が地産地消され、新しい文化や産業が生まれる。こうした特徴のある地域を住民が選んで住む社会になる。この実現のために、エネルギーと情報を統合したインフラが必須になるというのが共通認識である。セキュリティは、全てに横断的で普遍的な技術課題である。

シナリオＡ１　IoT センサーなどによるエナジーハーベスティングにより供給されたエネルギーを自動でシェアリング、ローカルで消費することにより原価コストゼロのエネルギー分配を行う。

実現には地域のエネルギー資源に合わせた技術、ピア・ツー・ピアネットワークのエネルギー交換システム、流通システムが必要になる。インフラサービスの充実により住民を獲得する地方創生の競争が始まってくると、画一的な行政サービスで特徴に乏しかった自治体が行政サービスを充実させ、パッケージ化して提供するようになる。こうして、エネルギーや食料を産出し、分散かつ IoT 連携した半自給自足型のコミュニティが、アプリケーション型のインフラサービスを提供することによって、エネルギー本位の分散型地域決済通貨や、エネルギー利用で得たポイントを観光、交通などに使える物々交換的な社会システムが拡大する。

シナリオＡ２　フィンテックやブロックチェーンなどのエネルギーマネジメント版が構築される。誰でもどこでもエネルギーを授受できる環境を確立すると、個人がエネルギーを自由に提供可能となり、電力取引方法も多様化する。場所を問わずに無線給電で必要なときに必要なだけ電力を授受し、リアルタイムに売買できる仕組みができ、電力取引の決済単位が個人、物単位になり、社会構造が変わり、エネルギー資本主義が形成され、分散型コミュニティが物々交換に近い形でエネルギーをやりとりするようになる。そのために、自律分散的に決済情報をリアルタイムに処理する仕組み、多様な電力のグリッドのインフラ環境、セキュリティを確保した上で電力取引する個を認証する基盤、電力のカラーリング、発電方法のオープン化とデジタル化の技術、個人単位で蓄電のシステムを持つ技術が必要になる。受電、余剰をシェアする集中と分散のバランスがとれた社会制度設計を検討する必要がある。

シナリオＡ３　人々はエネルギー源を選べるようになり、エネルギー源を取捨選択できる社会になり、イデオロギーが生まれ、政党や宗教が生まれる。こうした社会のために、ポイント・ツー・ポイントの配電技術、多様なエネルギーハーベスティング、電力のカラーリングやオープン化が必要になり、エネルギーのバランスをとるための制度設計、市場経済原理に基づき電力を融通する制御技術、ソフトウエア定義による電力制御法が必要になり、価値交換をマッチングする流通市場も成熟させる必要がある。電力を情報化して自由にやりとりができるようになると、エネルギーをできるだけ使わず仙人のような生活をしたい人が出てくる。

シナリオＡ４　通信は品質が落ちても便利さゆえに社会に受け入れられた。いつでもどこでも電力が得られる便利さをかなえるための、AI、無線給電、エナジーハーベスティングが必要になる。さらに、材料も含めた軽量化が進み、個々が自律しながらインフラを通じてネットワーク化され、遊魚緑荷を動かす社会になる。サプライチェーンの自動最適化により、社会インフラを構成する多種多様なシステムのエネルギーや情報がやりとりされる。大規模自然災害時にも、局所最適化と帯域的な最適化を同時に行うマルチエージェントによりリアルタイムに対応できる技術が必要になる。

シナリオＡ５　IoT やサイバーフィジカルの考えが当たり前になり、今まで以上に様々なものがネットワークに接続され、情報をとり、操作される時代になる。一方で、サイバーセキュリティは、国家単位の警察や軍事組織だけでは対応が難しい状況になり、一定の組織が全てを牛耳らないように、超国家的な対応を行う国際的組織ができている。制御可能なセキュリティ技術、各国が権限を持った組織が相互監視する技術的、根本的なセキュリティ要件、権限に関する法制度の両面の対応が必要になる。

シナリオＡ６　化石燃料を使わずにエネルギーを地上で無尽蔵に得るために、再エネのみで安定供給をする蓄電技術が必要になる。また、太陽光を地表に送ることでエネルギーソースを恒久的に確保し、軌道エレベーターを用いて送電する。こうした技術を実現するための材料開発、活動の基盤を宇宙に移す場合のエネルギー発生、蓄積、輸送の方法ならびに、宇宙ごみ対策が課題になる。

未来イシューＢ：移動手段の低炭素化と移動以外の意義の拡大

移動には、人や物がリアルに移動する場合と、バーチャルで移動する場合が考えられる。人にはそもそも移動欲求があり、基本的にリアルで移動したい。しかし物はできるだけ移動せずに入手したい。その際の課題にインフラとしての道路や空間の問題を考えなければならない、といった共通認識に基づき議論を行った。

シナリオＢ１　2025 年頃を視野とし、現存する技術を組み合わせた実現を前提にした。一つ目は、ロボットとドローンとバーチャルリアリティを組み合わせた観光である。実用化されているビジネスを参考に、現地でロボットが感知した、見る、聞く、話す、食べる、におい、食感といった情報を送る。ドローンの法規制やロボットの五感技術の開発が課題である。二つ目は、実際に物や人が動き、モビリティに車輪があるイメージについてである。電気自動車（EV）はバッテリの容量、コストの問題がある。移動中に給電する社会が実現すれば、バッテリ容量制約から解放されて軽くなり、EV が飛ぶこともできる。高速道路に 10km だけ無線給電するコイルがあれば、モビリティが積むバッテリは今の半分になる。市中でも交差点などに無線給電施設があれば EV が使いやすくなり、渋滞時には無線給電用のコイルが装備されている空中の第二、第三車線で移動する。無線給電用コイルはドローンへも給電し、道は電力を得る施設になる。

シナリオＢ２　いつでもどこでもエネルギーを得られる社会が実現し、移動体は道や周囲からエネルギーを得て自動運転し、渋滞もなく、事故率も低減されている。車輪のない車が増えれば事故率も減る。そこで、浮遊する車を作り、道路と無関係な移動を実現し、道路の改修を不要にする。浮遊装置の開発に加え、交通領域法規を再整備する。

シナリオＢ３　ロボットに頼らずに生きる人々のコミュニティが各地に存在する一方、ロボットは便利なので、生活レベルを落としたくない人や、老化や障害等でロボットに頼らざるを得ない人が出てくる。移動をロボットの自動運転に任せておけば、どこにでも行けるが、人には自分で動きたい欲求がある。そこで、後天的な DNA 修飾や、遺伝子発現の制御によって筋力や回復力などを飛躍的に向上させる。究極の低炭素モビリティは足である。100m 先のコンビニに行くのに車に乗らないが、1 km 先なら走っていくイメージである。自然環境への適合にも考慮している。課題としては、副作用の抑制、法制度による制約、倫理問題などが考えられる。

シナリオＢ４　自動車は空中で動くようになり、道路はコミュニケーションの場になる。完全自動運転が実現して趣味では車を持つが、個人所有は一般的でなく、マンションや町内単位で共有するようになる。VR 等の技術革新で移動しなくても、3D プリンターでデータを転送、再現することができるようになる。自動車メーカーは既存の自動車が売れなくなり、海外移転し、新規の製品を開発する。既存の道路空間の活用方法の議論が産官学で活発化する。技術的な開発のハードル、空中利用の交通法規、保険をどうするかという課題がある。道路を全然使わない、新しい乗り物を導入する際の事業者団体等からの抵抗の懸念がある。

シナリオＢ５　他国を詳しく知り得る情報ネットワークが構築されるがゆえに、国の機密情報や知的財産が強固に守られるようになる。2100 年近くの社会のイメージで、科学技術の進展により技術力を有する国はさらに豊かになり、豊かな恵まれた国に対する憧れがより強まる。また、社会が便利になり技術が進むに従って様々な価値観が生まれ意思統一が難しくなる。海外から自国の重要情報を奪いにくる悪事に対し、通信アクセスをブロックし、アクセス元の文化を考慮したウイットに富んだ切り返しをし、武力衝突を回避する。こうした成熟社会ができていてほしい。知る権利との衝突が課題であり、知りたいという人間の欲求には重要機密を定義し対応する。

シナリオＢ６　一つ目は、2100 年で環境問題や紛争等で人間が宇宙の開発を行うにあたって、宇

宙空間で生存可能な環境をロボットやAIを使って、整えるための輸送手段の構築である。問題点は技術面とコスト。一国でできるものではない、複数の国でもできないかもしれない。二つ目は、宇宙旅客貨物市場を形成するための国際規制と宇宙旅客貨物輸送の企業、ターミナルの市場経済的研究である。三つ目は、極限的な状況になったときに、人、物、情報など、我々は人類に寄与できる何を移動させるべきか、したいのかを問う。課題としては、動物だけでなく生態系も乗せなければいけない。人類が将来に向かって、宇宙に何を運んだらいいのか決定できないかもしれない。

未来イシューC：炭素・物質循環社会

グループの共通認識として、エネルギーは安価に潤沢に供給され、エネルギー問題は2040年には解決する一方で、CO_2が不足する社会になっているとした。2025年ではCO_2は減らす対象であり、さらなる省エネの加速が求められている。しかし、2040年になるとCCS技術が成立し、CO_2、省エネの問題はほぼ解決し、どこでもエネルギーが得られる社会になる。CCSでCO_2を回収するので、CO_2を資源化する動きが生まれる。2050年になると、CO_2を製造に用いる社会になり、化石燃料由来のCO_2が不足し、CO_2をリサイクルする方向に発展する。さらに2070年になると、CO_2を求めて紛争が勃発し、難民が宇宙へ移住する。

シナリオC１　自動運転やテレワークによる時間と空間の共有を加速するための、行動意識変革と仕組みが必要になる。人と物をリユースし、個人の持ち物や公共インフラを共有することで省エネと個人が対価を得る市場原理が導入され、。ネガワット、仮想通貨、クラウドファンディングなどが組み合わさり加速する。乗り物に乗りたい意思があると自動的に乗り物が前にある、行動したいとき仲間が集まるなど、時間の制約を受けずに自由な生活を送り、かつ省エネルギーが可能になる。行動機会、行動意思の総体化、共有により真のシェアリングエコノミーが形成され省エネが進む。

シナリオC２　自律分散型社会へのインフラ整備が進み、いつでもどこでもエネルギーが得られ、省エネルギーの問題は解決している2040年頃の社会においては、多くのインフラ設備、発電設備がつくられる。一方、メンテナンス機会が激増し、CO_2還元部品を用いた高回収率のCCSシステムが構築される。とCCSシステムのコンパクト化、CCSの回収効率向上技術、回収方式の構築、還元技術、構造品製造技術が課題である。

シナリオC３　身の周りの全製品の脱化石資源化システムを整備する。全工業製品の原料がわかり、脱化石資源と純リサイクル炭素由来が選択できるようになる。2040年頃には化学製品のリサイクル技術が導入されている。ロハスやオーガニックフードのように、脱化石資源と純リサイクル炭素由来など、炭素源に関する価値観を共有する集団が出てくる。その結果、食品トレーサビリティと同様に、脱化石資源100%の有機原料を証明する炭素資源の保証ラベリングの技術が必要になる。リサイクル率に依存して消費税率も変わる。バイオマスやCO_2還元が普及し、余剰な再エネが得られることが前提である。

シナリオC４　多様なニーズに対する高度で自動なプラットフォームができ、分散エネルギーの導入、ドローンによる物流の革命、労働形態の変化に合わせた分散社会が成立している。こうした比較的狭いコミュニティ内でCO_2還元技術により生産した有機材やコミュニティ内で排出された廃棄物を利用して生活消費財を、その場でカスタマイズ生産、利用、再生する物質循環ができる。企業はモジュールの設計データ等を販売するようになり、コンポーネントのモジュール化が進む。また、非常に高機能なコア製品の部品のみを生産して提供するので、最低限の高付加価値の生産

設備が十分な生産系になる。そのために、3D プリンターのような小型成形加工装置の開発、何回も再生可能な材料開発、劣化診断や寿命予測が必要になる。

シナリオＣ５　CO_2 を利用した人工降雨技術を、観光地やオリンピックなど重要行事のための天候制御や、耕作利用地の有効活用や、国家保安などの目的に使う。手法としては、宇宙エレベーターを使ってドライアイスを散布するなどの手段を検討する。一極集中型の、防御策としての国土強靭化から、自然災害をコントロールし、かつコントロール方法を強みにしていく。CO_2 の濃縮・回収方法に加え、効率の良い回収方法、気候制御技術、宇宙エレベーターの材料開発などが課題になる。

シナリオＣ６　2100 年頃を想定し、CO_2 物質循環と宇宙利用社会を組み合わせる。宇宙技術が進化し、宇宙でのエネルギー供給、植物栽培、鉱物探索が進む。また、宇宙エレベーター、ロケットなどで定期便が存在し運航され、人口が 100 億を超え、宇宙への移住が進む。国や宇宙を越えて移民も出てきて、地球住民と宇宙住民の二極化が進む。再エネ利用技術、CO_2 の貯蔵・回収技術、CO_2 からの燃料製造技術も成熟し、エネルギー資源が地球及び宇宙に十分に供給される。宇宙でのレアアースなど資源探索が始まっている。宇宙での太陽光を用いた植物栽培が行われ、貨物ロケットや宇宙エレベーターで生産物が地球へ輸送されている。宇宙ごみのリサイクル法が制定され、宇宙で衛星などが製造されている。大量輸送の運搬方法や宇宙エレベーター開発、短時間での資源探索方法の確立、地球と宇宙のエネルギーの分配方法の確立なども課題である。

未来イシューＤ：自立する持続可能な地域社会システム

「地域」の議論における共通概念として、地域を東京以外の全地域と想定した。地域の影響力は向上し、地域が日本を支える時代が到来することを共通認識とした。その方向性として、一つは地域の利便性が向上し、都会化して、東京のような能力を保有するようになるというパターンと、もう一つは地域が都会にはない役割分担を担うようなエリアになるとした。

シナリオＤ１　IT 技術の進展によって都市施設やインフラがネットワークで適切にリンクし、個人や企業が保有していた車や家、会社などが IT 技術によってシェアされる都市になる。個人所有の意識が大幅に変化し、在宅勤務など働き方にも変化が起き、地方の利便性と魅力が向上する。また、再エネの進展によって、地方のクリーンな都市が実現する。エコであることに加え、IT 技術によるシェア社会になっていることがポイント。東京との差がなくなり、地域に応じた付加価値がに生まれ、居住者が増加していく。技術の担保、シェア意識の変容が課題である。

シナリオＤ２　エネルギー・食糧を地域から都市に効率的に供給するための雇用が生まれるとともに、週末に都市から高速輸送システムで移動する人々を交えた社会が形成される。都市で暮らしているのか、地方で暮らしているのかも明確でなくなり、過疎化は死語になる。地方では、どこでも個人向けに直接電力を配電できる無線給電とコンセント電力の個人課金システムがあり、地方のエネルギーで作った水素、液体燃料などを自分で選ぶことができる。食料も地方から効率的に配送され、東京にいても地方に税金を払う。この結果、情報だけでなく、エネルギーや食料も自由にやりくりでき、日本全体でどこにいてもつながりを感じられるエコシステムができあがる。課題としては、コスト、地方間の競争激化への対処制度、安全安心、倫理、セキュリティ、人、物の長距離の高速輸送システムの効率化がある。

シナリオＤ３　従来、輸入に頼ってきた食料とエネルギーの自給が必要になり、主に都市部で AI に職を奪われた人が地方において、仕事に従事するようになる。農業、畜産業、漁業の拡大政策、リサイクル実現により、人々がやりがいを感じながら自立する持続可能な地域社会システムが構

築される。この結果、食料の地産地消型完全リサイクルとエネルギーの需給問題が同時解決できる。全てリサイクル可能な素材で社会を構築するので、完全リサイクルシステムのための技術構築が重要。また、自給自足のための農業、畜産業の拡大と優遇政策が必要。高齢化による絶対的な労働力不足のため、肉体労働をアシストする技術課題がある。また、エネルギー需給のためには糞尿の利用や下水の熱利用、廃棄物のエネルギー有効活用も課題になる。

シナリオＤ４　ソーシャルファブリケーションの中で、特にデジタルファブリケーションの視点から考えた。IT が進み、仮想現実で社会がつながり、老齢化社会が進むと、都会に属さないライフスタイルも出てくる。自分のアイディアを実現する装置の力を借りて、個人が製造業を立ち上げ、製造業の会社は競争入札的に技術を集めるようになる。業務エントリーしておいて、技術への要求があるとコンペになり、企業にもよい技術が手に入る構成ができる。地方に住んだままでも仕事ができるので、地方活性にもつながる。実現にはデジタル技術、セキュリティ等の法整備、技術の組み合わせについてプラグイン的な仕組みを用意する必要がある。

シナリオＤ５　一つ目は、電力を地方から東京のみでなく全世界に向けて売るコンセプトである。自然変動電源の平準化のためには余剰設備を持たなければいけないが、地球全体でネットワークを結べば、昼夜変動や季節変動を効率的に吸収でき災害時のセキュリティが確保される。課題として、国際連携上のリスクが増える。二つ目は、国内で戦争が発生し、都市部の疎開のために地下を開発する。居住地の多重化など、移動に違和感がない時代であれば実現する。ただし、地下での簡易的な住居の建築方法、高速移動手段、快適性やエネルギーの確保が課題。三つ目は、気候変動や海面変動、天災により地上に住みづらくなり国際的なあつれきが高まる中、各国共通資源の地下で、自国及び世界各国の主要都市をターゲットに都市構築のための技術を開発する。地下内部の食料調達や酸素供給システムなどのライフラインの構築やトラブルが発生時の復旧が課題。また、所在明示システムや地下に移住するための優遇政策も必要になる。

シナリオＤ６　2050 年より先の未来では、地域に偏在する再エネを均等化させ、供給を安定化させる必要がある。そこで、宇宙エレベーター上の太陽光発電システムと、送電システム、構造物輸送技術を確立し、エネルギーを地球に送るとともに、地球の熱や CO_2 を宇宙に放出する。初期コストと、宇宙への大量の物資輸送技術、大規模宇宙構造物の構築技術、運用・維持技術が課題。

未来イシューＥ：低炭素社会に向けた経済・社会システム

2050 年以降では、低炭素社会は既に実現していることを共通認識とした。その一方で、技術の受容が重要視されると考えられることから、一般消費者が受け入れられるルール作りについても現実的に考えた。

シナリオＥ１　個人の移動（モビリティ）と物流（アベイラビリティ）について、時間に追われる速さへの追求から速度の価値に応じ最適化された世界になる。AI で雇用が減り、テレワークで通勤・通学がなくなることで、移動総量は減り、移動は余暇や創造的活動のためのものとなる。安全の観点や、風景を見るなど楽しむための移動は低速移動にシフトし、遠距離移動にはさらに速度が必要なため、低速移動と超高速移動に二極化する。低速移動の場合は、拠点内は自動運転電気駆動低速シェアモビリティがあり、拠点間は超高速真空チューブ移動体のような物流と幹線移動になる。低速移動体の都市空間確保のための構造改革が必要ということと浮上問題の克服、超電導を冷やすエネルギーを再エネでどう賄うかという課題がある。

シナリオＥ２　自律分散型社会では、エネルギーの貯蔵、輸送、転換を効率的にし、かつ使用者の負担感と経済的負担の両方を軽くする必要がある。そうでなければ、対策自体の持続可能性が

怪しくなる。エネルギーの利用効率は、有効活用されていないものをマッチングすることによって、総合的な効率を改善する。熱も電力同様に輸送、貯蔵が困難だが、資源として認識していないものを有効活用して化石燃料を節減する研究を進めていく必要がある。技術を開発しても、ユーザにとっては電気、熱には変わらないので、社会的な合意を得るのが課題になる。

シナリオＥ３　AI が多くの人の職を奪うことによって AI への反感が増長し、精神的に不安定な人が増える。そのような人たちに、AI 活用により安価な余暇を提供して、充実感を与える。また、地産地消、自給自足を実現するために、AI によりシェアリングや運用コストの低減を行い、自然志向の人々に快適な暮らしを提供する。また、AI の適用範囲を適切化するための制度や倫理などのルールをつくる。倫理観の設定に関するルール作り、電力消費に伴う環境負荷、仕事が命といった人たちをどうするかなどが課題。

シナリオＥ４　親しみやすい AI ロボットを普及、促進することにより、AI やロボットに対して抵抗感を持っている一般の消費者の抵抗感を低める。AI やロボットの革新的技術を世に広く普及させるために、一般消費者の中の AI やロボットに関する革新者やオピニオンリーダーを発掘して、効果的なコミュニケーション方法を探索する。意見発信者やコアユーザをどう特定するかが課題である。

シナリオＥ５　2050 年ごろまでには自律分散型のエネルギー生産が普及し、エネルギーは十分に供給されるようになるが、国家安全保障に必要とされる軍用機などの運転には高密度のエネルギー供給源が必要とされる。アメリカは、石油の輸入が途絶えた際のジェット燃料確保として、バイオ燃料や超小型超大容量バッテリの研究開発を進めている。軍事利用研究開発への巨額の投資への同意獲得と、既存の研究開発の延長線上にない新素材・技術の必要性（探索研究の強化）が課題である。また、サイバーセキュリティに関するガイドラインや規制が必要になる。生物分野では、アシロマ会議において、遺伝子組換え技術を開発した研究者が自主的に Nature 誌を通して、技術ドリブンの規制を設けた。これにより、遺伝子組換え生物の封じ込め技術ができ、多様性が守られている。既に莫大な利益を生み出している情報通信分野においては、遅きに失している感が否めない。また、遺伝子組換えとは違って、情報通信では特別な開発設備がいらず、個人の活動は制限できない。国際規約には批准の問題もあるので、強い制約にはならないかもしれない。

シナリオＥ６　地球環境の居住条件が悪化し、新しい居住空間を求めて宇宙で生活するためのエネルギー、水、食料、薬品を、分子レベルで循環させ、外部からの供給を最小限にする技術を実現する。こうした宇宙開発を通じて開発された技術を、地上で物質循環を促進するための技術としてフィードバックする。地球の上に残りたい人は残る、宇宙に住みたい人は住むという分散化が進む。

未来イシューＦ：新たな価値観の創出と行動の変化

人間による科学技術の利用と関わり方の変化の視点からアイディアを創出した。AI ではなく愛であるところを感じていただきたい。また、日本のポップカルチャーの創造力が世界を魅了するのに、そのアイディアをなぜ日本が技術化できないのかという問題意識を持ち、技術者が遊魚になって寄り添っていく視点を提言した。

シナリオＦ１　世界はテレコミュニケーションにより結ばれているが、相手の言語、習慣、文化、慣習への理解が個人によって大きなばらつきがあり、創造的な活動の障壁となっている。その際に、相手の言語、文化、慣習のビッグデータやコミュニケーションを円滑化するトランスレーター、3D ホログラムによる視覚的な相手の表情解析や、心情の把握などを含めた意思疎通ツールなど、

拡張機能を備えたAIを使って誰もが国際的に活動できる社会が到来する。ヘッドホンやコンタクトレンズに機能が内包され、視覚的にも場面を共有できる。レジャーの仮想体験にも展開できる。周囲の雰囲気のコントロールややさしい雰囲気も演出する。心の病気の治療や心に寄り添うようなAI、仮想体験としてふだんできない体験や、人間より視覚、聴覚能力が発達している動物の能力を体験するなど、他者理解が進むことで愛につなげる。課題としては、文化・慣習のコミュニケーションへの反映、行間の意味理解（忖度、以心伝心）、表情解析による心情理解などがある。

シナリオＦ２　自律分散社会のインフラの整備が進むと、エネルギー以外のあらゆるものを自律分散する価値観が生まれる。宇宙ステーションの中の物質循環を地球上でも具体化したもの。ごみ処理も自律分散し、ごみ処理自体の概念が家庭から消滅する。排出されたごみを処理機に入れると自動的に分解され、直ちに物が原料になり、3Dプリンター様の装置で欲しいものに再生される。こうして、家庭内で自立して物質が循環していく。また、本来農業は大規模自動化でコストを低減するが、地球温暖化が進むと、農業生産自体が不安定になっていく。そのため農業も自律分散型にし、家庭内で地産地消されるようにする。植物に充電コンセントをつけて、電気などエネルギーを夜間に与え、生育速度を上げる。また、昆虫ではなくリアルな肉を食べる欲求を満たすために、家で細胞を培養して肉にする。技術開発に加え、社会的ルールの制定や安全性が課題である。

シナリオＦ３　技術者、科学者が先導役になってエネルギー環境技術や適用技術を生み出し、地球温暖化や低炭素社会への対応、自然災害に対するセキュリティに立ち向かうための行動を組織で起こす集団が出現する。従来はイデオロギー的であった環境保護活動が、サバイバルに立ち向かう頭脳集団が自らコミュニティをつくって実現に向け社会実装するようになる。こうして、様々な起源の食料開発やエネルギー自給を行うための省エネ技術、低炭素技術や高効率化、シェアリング技術を開発、運用する。コンセプトに賛同し、新技術を活用したいと願う人が参加することで、よりスムーズにコミュニティでは受け入れられて、実用化に向かう。コミュニティでは、リーダーとメンバーの意思機能が十分にローリングしながら、低炭素社会への貢献も十分に意識しているメンバーにより、技術のための技術ではなくて、社会全体のための技術が実現される。実現に当たっては資金上の課題があり、開発技術を実用化し収入源にする。また究極の自律分散型的なコミュニティの非常時対応も一つの社会実装の大きなテーマになる。

シナリオＦ４　エネルギーが潤沢に供給されても局在化、偏在化するならば、エネルギーを求めて動かなければいけない。そこで、陸海空を完全自動で自由自在に移動、居住できるスーパーモバイルハウスを作り、計画的エネルギー狩猟採集社会を構築する。津波のように固定化されているがために致命的になる災害も計画的に回避できるようにする。こうすることで、グローバル化から郷土への回帰、さらに、家族や個人を大切にする価値観が家が動くことによって、具体化する。実現に当たっては、自分が動いて、その場にあるものからエネルギー、水、土や構造物をつくる革新技術が必要になる。具体的には、光材料合成のようなイメージを考えた。

シナリオＦ５　一つ目がブロックチェーン技術を拡張した流通管理システムである。ネットワークにつながった全端末上で、取引情報が瞬時にわかるブロックチェーンを拡張し、地球上で取引されているお金、エネルギーなど、全てをデジタル化し、取引を管理するシステムが構築される。紛争が不透明感と不公平感から起こるとすると、このシステムを使えば不透明感はなくなる。不平等はどうしても生じるので、例えばエネルギー利用に格差ができたとしたら、義務化して不平等感を払拭するシステムにする。情報をやりとりできるインフラを、誰もが使えるようにすることと、みんながそのシステムに合意することが課題になる。二つ目は、やる気スイッチを逆に使っ

て、ある特定の行動に対するやる気を別行動のやる気に変えるというアイディアである。エネルギーを大量に消費するライフスタイルを選ぶ人たちにも省エネに協力してもらうために、やる気変換スイッチを適用して、省エネに対する活動のモチベーションを上げる。切ったモチベーションを何のモチベーションに転用するかは倫理的な課題である。その他、心理科学や行動科学からもアプローチができる。街灯をブルーにするだけで犯罪が減ることを転用して、省エネに向けた心理学的なアプローチがある。ここに VR を使ってもおもしろい。

シナリオＦ６　シナリオ F1 にかわる技術として、コミュニケーションにおけるテレパシーが実現する。宇宙進出を果たしている世界では国家の概念がなくなり、個々のコミュニティ、宇宙ステーションなど各所属集団単位でフロンティア開拓を始めるようになる。離れた位置でも瞬時に情報を同期する量子コミュニケーションを活用したネットワークが構築される。課題としては、ネットワークから断絶された世界のフォローができない懸念がある。また、移動ができないことがストレスになるので、存在そのものの転送技術に関心が高まる。

４－３．総合討論

（1）シナリオアイディアについて

質問　昆虫食推進の目的は、食料の一候補の意図的な増産か。それとも、他の生物を助ける食物連鎖保全か。

コメント　環境制約や持続可能性を前提にしている。今の欧米型で牛肉に似た昆虫の大量生産を繰り返さないように、食べ物の好みを分散化し、一般的なお店でも供するという意味。

問題提起１　セキュリティなど、AI ですべてを解決することはできないのではないか。

コメント　サイバーセキュリティはある程度テクノロジーで対応できるが、ナショナルセキュリティは難しい。また、AI 同士の物理的な戦争をどこでとめるかという問題がある。

コメント　ロンドンオリンピックではサイバーアタックが約 2 億回あったことからも、東京オリンピックでは交通､エネルギーなどあらゆる分野でのサイバーアタックが予想される。機器レベル、システムレベルなど、各人の研究分野においてサイバー対応を今後考えていく必要がある。

コメント　セキュリティについて、コンピュータ社会が進んでウイルスに感染して国が転覆する話がある。技術力や国際競争力の保持に労働力を集約すべきという議論があった。

問題提起２　エネルギーの技術予測が外れる理由に政治がある。この点について言及はないか。

コメント　デジタル化で生産コストが急激に下がり、製造業が大きく変わり、社会のニーズを満たす時代になると、国の概念も変化する。米国、中国、ロシアなどにはデジタル化に関する知識が集積され、競争力の源泉になり、国家力は強まるかもしれない。あるいは、個人の力が日常生活のレベルでより重要視され、国家力が下がっているかもしれない。ただ、国家的競争、国の枠組みなどの安全保障は残るだろう。

コメント　1000 年以上続いている国は世界で日本だけ。非常に特殊な文化と歴史を持っている。我々の中にあるユニークネスの力を見直す必要もある。

問題提起３　エネルギー問題は、国境を持っている国とそうでない国で考え方が違う。対外的に日本はどのように見えているのか。

コメント　スウェーデンには島国的で、ヨーロッパに属していないという意識もある。イギリスも同様。でも、隣国が動き始めると独立性は保てない。フィンランドや韓国も似た状況である。最近は認識に変化がある。日本も同様なのではないか。

コメント　スウェーデンへの領空侵犯数が急激に増え、徴兵制を再開した。隣国のエストニアは、NATO のヘッドクオーターをタリンに置くことでセキュリティの担保としている。科学技術を生存のためにどう活用していくかは、科学者だけではなく国民全体が議論しなければいけない課題である。

問題提起４　日本は地震、台風など自然災害が多いが、こうした自然災害の影響はどうか。

コメント　頻繁に地震が起こるところに原発を建てるのではなく、安定したところに建てるといった、適材適所のエネルギーの利用の仕方をすべきという話があった。

コメント　外から見ている目と日本の中の意識は随分違う。全人類的に見ると、日本列島は不安定な土地で、原子力の利用は安全ではないということかもしれない。

コメント　地震の裏には地熱エネルギーというメリットがある。こうした可能性も踏まえて考えるべき。

問題提起５　個人の力が重要になるとすると、どうやって個人の力を育てていくのか。

コメント　AI 教育を小学生からやらないといけない。人間及び AI とのつき合い方を同時に小学生に教えないと手おくれになる。

コメント　プログラミング知識が全くない子どもや、年配者でも簡単に自分が意図したアイディアを実現できるインフラを構築する必要がある。

コメント　日本にとっての大きな一つの壁は言葉。自動翻訳のシステムでどれだけ個人的なネットワークを作ることが出来るか。これから日本人はどうやって、グローバルな個人レベルのネットワークをつくるのかを一つの大きなテーマにするべき。

コメント　全世界に 111 カ所の裏千家のネットワークは第二次世界大戦後に千玄室が 70 年間をかけ構築した。数百万人が様々な形で関与している。和敬静寂とは、平和、平和と声高に訴えるのではなく、和やかな気持ちで相手を敬って一杯のお茶を誰かに自分から差し上げ、椀の茶を飲むということ。お茶会の参加者の背景はばらばらだが、お茶室のにじり口に入る手前の刀かけは武器を置くことを象徴し、にじり口で頭を下げると中は平等を意味する。400 年以上前に、千利休が形に表した武器を置いてつくる平等の世界である。友だちやスポーツなど好きなものを核にしてシステムを共有し、ネットワークを世界に広げていくことを各人がやることで、影響が広がる。

コメント　2050 年グローバルなエネルギーネットワークが個人ベースで起こる。自分で太陽、風などを使ってエネルギーを作り、海外にもベストプライスで売る。アマゾンマーケットで個人的に誰か海外の人に売るシステムができる。そうすると、直接エネルギーと言葉はつながる。海外は既にこういう国際販売を進めているが、日本は遅れをとるというシナリオもある。

（2）科学技術テーマについて

＜グループＡの発表に対する質疑応答＞

質問１　現状、情報セキュリティに関する技術や利権がほぼ米国発で、米国中心に回っている。すると、シナリオ A5 のバランスを保ち暴走を防ぐための対抗勢力が必要になる。対抗勢力はこの先、生まれるのか、生まれるとしたらどこなのか。

コメント　インターネットが性悪説を前提として構築されていない状況にそもそも無理がある。サイバーの世界では警察機能がほとんどなく、IoT、ICT にさらに頼る世界ではインパクトが一層増大する。米国と既存の技術に追随しないメンタリティの中国がせめぎ合う形が本当にいいのか。

コメント　第二次世界大戦以降の米国にとって最重要なシステムであるドル基軸体制に、英国ポンドと中国人民元が組んでデジタル通貨をつくり、本格的にチャレンジしている。同様の事例が他分野でも起きている。

コメント　民間の動きも考える必要がある。国家という既存の枠組みの中での競争は 2050 年以降でもあるだろう。他方、国家、企業、組織も重要なエンティティだが、自律分散型社会が現実化する中で、個人の果たす役割が大きくなり、個人の社会への影響もさまざまな形で出てくる。個人と国家の連携も出てくる。

コメント　ドイツのインダストリー 4.0 では、インダストリアル IoT の世界を考える上でドイツがすべき部分と、中国のような新興国がやるべき部分の明確化を意図している。ドイツは中国などに製造を委託しているので、これを確立しないとドイツは国として製造業をやっていけない。逆に中国は製造業で国を強くする国策に則り、製造中長期計画を立てている。ドイツのエネルギー転換戦略とインダストリー 4.0 は一体化した戦略である。ドイツはまずエネルギー転換戦略を進め、

各工場間をつなぐ再生可能エネルギーの情報データのシステムをインダストリー 4.0 として捉え進めている。

コメント　理研の若手研究者による未来洞察では、研究のプラットフォームのスタンダードはアメリカが作り、研究倫理は中国がリードする社会が来て、それに対応した研究の体制を考えるべきとするシナリオがあった。今回も、類似した意見が同じように出てきている。

コメント　千宗室が鄧小平に「お茶は中国から伝わったが、中国が失ってしまった礼をお茶を通じて教えてほしい。」と言われた。文化、倫理、哲学に根ざす意識、強さ、しなやかさを各人が持つこと、研究や国際会議の場で、人と出会い、連携しようとする努力が重要である。

コメント　最近、企業はプラットフォームを先につくり、運用でビジネスの主導をとっていく戦略をとっている。製造はビジネスとしては下火になってきている。

コメント　日本に本社があって、歴史がある、その文化を生かす点で、その考え方を世界で展開している。日本企業としての強みを海外展開にどう生かしていくかという課題は今後もある。ただ、海外の企業とも連携することは重要。

コメント　国際標準化について、インダストリー 4.0 の話もあれば、標準コンセプトを企業が出し、どう使うかというのは国レベルの競争になってきている。日本も、国際標準にいかに乗り上げて、国内産業につなげる戦略を立てるのが今後重要。

コメント　組織単位の数で、国は 200、企業は世界で数千万ある。将来情報化によって速度が上がるかもしれないが、国際企業がセキュリティを牛耳り、世界の秩序を保つ組織体になるかは疑問。

コメント　AI の研究予算は、企業より少ない国がほとんどである。世界を牛耳るレベルとは違うが、企業に頼る面はある。変化への対応力は、圧倒的に企業が持っている。進化もしくは変化に対応するためには、企業の力は引き続き重要。

＜グループＢの発表に対する質疑応答＞

質問　シナリオ B6 では何を持って行くのか。シナリオ B3 では、道路ができている上での回帰的な発想という、さらに未来を考える思考回路はおもしろいが、何年後を想定しているのか。

コメント　遺伝子も数百億年単位で崩壊し、文化や歴史、感情が再生できない。そのため、遺伝子以外の軽い何かを想定している。B3 については、コンセプト自体はすぐにでも実施したい富裕層などはいると思う。

質問　ちょっと浮く移動体は航空機か。それほど浮くわけではなくインフラの容量を上げることが狙いであれば、浮いても浮かなくても同じなのではないか。

コメント　渋滞をなくすには空間と空間ではどちらがいいのかがポイント。自動運転で渋滞が解消されれば地面から浮かないほうがいい。浮けば三次元的な移動が可能になるが、複雑になるので、5 から 10 メートル程度浮けばいい。バッテリの残量が足りる範囲で山を越えるために、航空機のように速度を出して揚力を出して飛ぶタイプである。反重力の原理の話もあった。

質問　自動運転になっても、交通総量の問題で渋滞は起こるので、インフラの総量を増やすことは、重要である。航空機か、自動車かという議論はずっと続くのではないか。

コメント　ドローンが配達すると、ドローン渋滞が起きてもう 1 段ドローン専用の陸空両用レーンができる。道路と接触しているタイヤが制約となるので、道路と接触しない世界を考えたら、いろいろな新しい社会が見えてくる。

質問　人を運ぶドローンが既に開発されて、商業化に向け動いている。浮く技術はどんな技術だ

と今の車に想定されるような価格帯になり、かつどれぐらいのタイミングで完成するのか。

コメント　EV の航続距離を稼ぐためにはバッテリを積む必要がある。単位体積当たりで発生できる揚力は決まっているので、バッテリを多く積むことは出来ない。なので、走行中か飛行中に給電しなくてはならない。今の EV は重いバッテリを運び、人間の重さはその 10%ぐらいである。

質問　飛べる人間や宇宙でも生きていける人間や動物を作れば解決するのではないか。渡り鳥は相当な長距離を飛んでいる。

コメント　少しの移動や、重いものを持ち上げるなど、移動にこだわらず、人の行動にアドバンテージをつくることが重要。自分の意思で自ら動くことに価値を置く世界がくる前提なので、超人化やバイクよりも速い馬ができてもおもしろい。

コメント　表面効果翼船は、表面効果でエネルギーが低くても陸上も飛べる。

コメント　2000 年も車輪の文化が続くので、重力がある環境下では車輪があるモビリティが現実的である。なので、車輪、モータがあって、給電するのが基本である。陸空両用スカイカーの試作は各国でやっている。

質問　車として浮くためにバッテリを減らし、人のスペースも下げないといけない。移動体の居住空間が、どこまでが許容されるかの議論はあったか。

コメント　移動手段をできるだけ快適にして、新しい体験が得られて、文化や食があると、人類は移動の欲求を持つという前提である。こうした人類の欲求は 100 年たっても変わらないと思う。

質問　都市も地下鉄のように地下やトンネル移動を使えばいいのではないか。

コメント　地下という空間的な飛躍はなかった。立ち戻って考えるべきところは道路である。

＜グループＣの発表に対する質疑応答＞

質問　何年ごろにどういうきっかけで CO_2 を排出する世界になるのか。

コメント　2040 年頃には CO_2 回収技術が商業ベースに乗るので CO_2 は蓄えて使えるようになる。2050 年頃には資源化し、排出分を適正に回収して使うようになる。その後、資源化すると希少価値が生まれる。2060 年頃にはリサイクルしてでも回収し、それでも不足する流れを考えている。

質問　再エネによる電力が余剰になったときに、使いづらい CO_2 をなぜ循環させるのか。

コメント　再エネが余剰にあるので、効率が悪くてもいいという発想である。日本は資源国でないので身の周りに CO_2 があるのは有利ととらえた。人間としては地球温暖化の観点から CO_2 は削減したほうがいいが、植物にとっては現状では CO_2 が足りず、温暖化と植物のための CO_2 供給のバランスを見きわめないといけない。人間は化石資源を使わず、植物のための CO_2 分のみを排出する。それ以外の高濃度の炭素源があるので、CO_2 のみの循環は、社会的制約を課さないと難しいだろう。

質問　窒素、リン、硫黄などの必須元素についてはどうか。

コメント　CO_2 とエネルギー、宇宙での鉱物以外は議論自体に上がっていない。

質問　現段階では CO_2 を減らすことが重要なのではないか。長期的な植物との対応は別の話である。

コメント　想像できていないものを想像するのが今回のミッションととらえ、植物的な見地から、CO_2 をゆっくり増やすべきという議論を展開した。当初は CO_2 を減らすべきとしていたが、自然環境に負荷を与えない程度に増やし、人間と自然の共生を目指す。こうした中で CO_2 にまつわる価値観が生まれ、個別に必要な技術を議論した。人工降雨よりはダムに貯水したほうがいいなど

の議論があった。2050 年にエネルギーは安価に潤沢に供給されている社会を前提とした話をした。
コメント　環境を守る上では、森林を守ることが地球規模では重要なので、森林は CO_2 の吸収シンクになり得るということをお伝えしたい。

＜グループDの発表に対する質疑応答＞
質問　宇宙については、地域間の熱融通で賄えない熱の長距離移動を議論しているのか。
コメント　宇宙から来たエネルギーは地球上で熱エネルギーに変わるので、CO_2 フリーでも温暖化に寄与してしまう。宇宙エレベーターを使って熱を宇宙に逃がす発想である。
質問　地方の県庁所在地は暮らしやすく、東京から見るとうらやましい一方で、遠隔地は本当に過疎化している。地域を県庁所在地とそれ以外にさらに細分化する議論はあったのか。
コメント　国からの税金交付、都市の大きさなどが論点になったが、地方についてはこれ以上の細分化はしなかった。
質問　都市にはない地方のみが持つ役割についてはどんな議論がされたか。
コメント　自然の有無、食料調達の可能性などについて議論した。
質問　人口や地方の過疎化の状況は、国土交通省の予測などを踏まえて議論を行ったのか、それとも、それを覆す何かがあるという形で考えたのか。都市に打ち勝つ地域性に基づく付加価値を検討するのが視点なのか。
コメント　予測通りの推移を前提にして、人口減少や高齢化は普遍的な存在としてとらえた。エネルギー経済の視点から、資本循環や税制構築に関する議論があった。地方の問題というよりは日本全体の問題であり、地方が衰退したら日本は成り立たない。地方は今取り組まないと間に合わないという危険性を感じている。
質問　地下都市生活では、どのようなエネルギーがどのくらい必要になるか、また地上空間をどう利活用するかについての議論はあったか。
コメント　地下空間では地上で当たり前にできることができない。そのため乗り越えなければいけない課題があるという議論はあったが、定量的な話はなかった。
コメント：定量性の話は非常に悩ましく、前回のワークショップでも定量性を余り強調し過ぎると夢のある議論ができない、一方で議論の要所においては定量性の感覚が必要という二面性がある。

＜グループEの発表に対する質疑応答＞
コメント　サイバーセキュリティの必要性はまさに今世界が注目している。アメリカでは、５年ほど前から国家安全保障省などが研究者の研究倫理を学術界の議論に基づき指針化している。日本でも総務省などで学者の訴訟リスクについて議論の必要性が指摘されており、近い現実の話と感じた。
コメント　軍縮におけるジュネーブ会議のように基本的には政治家がドライバーになって進めている。技術関連では、技術者が主体になったアシロマ会議がある。
質問　安全保障のために燃料電池や小型バッテリを使うという点がわかりづらい。エネルギーの備蓄にしても、水素をためていたら有事の際に狙われるのではないか。
コメント　電気以外のエネルギーや食糧も備蓄しておくべき。何かあったときに狙われるのは確かだが、いざとなったら技術がないのは困る指摘と捉えてもらいたい。

コメント　安全保障を重視すると経済性を度外視した研究になる。安全保障と経済性は発想が違う。

コメント　個人や家族を守るために、国家安全保障ではなく、科学者自らの責任や倫理観に基づく技術貢献がでてくる発想がおもしろい。アシロマ会議も、遺伝子組換えを開発した人が別の研究者にリスクを開発者として責務があると諭されて会議が開かれたと聞いている。研究者個々人レベルでの動きが国際的な条約につながるという意味で、個人の意思判断は今後、一層重要になるだろう。

コメント　遺伝子組換分野にもカルタヘナ法があるがアメリカは入っていない。国際条約は批准が必要になり矛盾が残る。このように完璧な方法ではないが、一つの試みとして取り組む必要はある。

コメント　生物や情報通信分野の学者は自ら規制を設けた。他分野の学者も見習わなくてはいけない。今回の話では、無線電送の人体防護指針、高周波電力の利用申請などが該当する。ただし、学者が総意で決めたとしても、どこかの悪人が問題を起こすこともできてしまう。

コメント　悪人の制御はできないが、国際会議では、研究倫理の取組について論文への記載が必須であり、査読時にも倫理的観点のチェック項目が入っている。

コメント　ここでの議論はエネルギーの運用、情報セキュリティなど、新しい科学技術と人間の生き方というシステム全体を考えているが、低炭素をどう位置づけるべきか。低炭素とセキュリティのトレードオフの関係が議論点となったことは意味深い。

＜グループＦの発表に対する質疑応答＞

コメント：ブロックチェーン技術は、哲学者の間でシノプティコン（体制が少数を見張ることを可能にする状況）と呼ばれている。相互監視をすると密告を想起する悪いイメージが出てくる。

コメント　見えないことで紛争が発生するので、ブロックチェーン技術で見せてしまうことで解決できないかと考えた。しかし、見えてしまうことによる弊害もある。

コメント　スーパーモバイルハウスの「愛」について、家族、地域、地方、日本など、帰属意識は一時的でも存在する。モンゴルの遊牧的生活もあるが、基本的には「家」があって、定在するところがあるから移動が生まれる。人類は定在を求めて国をつくってきた。今は、居住があるから移動があるが、居住と移動がセットになった時に新しい価値が生まれうる。言語とは、地域性の最たるものであるが、今の若者のコミュニケーション手段は言語ではなく動画や画像であるため、いずれ言語がなくなり、テレパシー技術で対話するようになるのではないか。

コメント　動物の能力を VR などの技術を駆使して体験すると、今まで人間が自らの能力の範囲内でしか把握していなかったものがより鮮明になる。こうすることで新しいコミュニケーションが生まれるのではないか。

（3）スキャニング手法適用上の課題について

コメント　今回のワークショップのテーマは、従来の政策提言文書等にない未来の姿を描き、その姿をもとに科学技術のテーマを考えていくことにある。2050 年や 2100 年を考えるときに、固定概念の延長にない世界観を持つ重要性を学んだ。その一方で長期の洞察は十分にできなかった。

コメント　科学的な根拠は必ずしも担保されないし、不確定要素は多いが、議論に幅と深さが不足していると、長尺の話をすることはできない。こうした手法の実施を通して、十分な量の思考

の機会は提供されたと思う。

コメント　経済学においては尺の長い予測をした事例がある。人口論を唱えたマルサスが、人口はジオメトリックに増えるが、風土はアリスメティックにしか増えないので、飢餓から人類を救わないと石器時代に戻る、人類は滅亡すると考えた。人類は石器時代に戻らずに済み、滅亡していない。風土もジオメトリックに増えたためと、統計が違っていたためである。この意味で、地球温暖化はセカンドカミングマルサスとも呼ばれる。つまり、地球温暖化が克服できるのではないかと、データが間違っているのではという含意がある。今回は 2050 年をベンチマーキングポイントにしたが、100 年先の話が出てきたという意味では、250 年前の経済学者の話もそう違わない。マルサスは公共経済学、マクロ経済学の素地をつくったと評価されているが、全てが資本主義経済で解決できないことを示唆したとも解釈できる。

コメント　未来洞察がマテリアルの内容に影響されるという指摘について、メンバーによる差は出るが、スキャニング・マテリアルの質と量では変わらないことが確認されている。また、適切な範囲での誘導は、話を広げるためにも必要である。通常のスキャニング手法ではテーマとは別のライフスタイルや、マーケティングに近い話を入れ、あえてテーマに対するコンシャスネスが起こらないようにしている。しかし、今回は技術要素に関連するスキャニング･マテリアルを入れ、話が分散しすぎないようにした。結果として、比較的最近に予測された内容は、とっぴな話にはなっていない。メンバーのコンセンサスがとれるかにもかかっている。

コメント　一連のストーリを持たせて提案した社会変化仮説の内容が違うメッセージになってしまい、結果として話し合ったシナリオがうまく伝わらなかった。社会変化仮説を構築したグループと同じグループで引き続きエネルギー社会イメージを議論することができた方がよかった。

コメント　未来を語るときに規範的な「べき論」で語るシナリオと、こうなるだろうという実証的なアプローチで語ることを区別して考えたほうがいい。今回の場合は、インパクトダイナミクスで具体的な研究開発テーマを検討するので、実証主義的に議論したほうがいい。

コメント　人口減少などネガティブな要素が大前提にあるので、できるだけポジティブな未来を見つめて議論が必要なことは同意する。ただし、ポジティブの定義を、あつれきが起きた中でどう人々が快適に生きるかかなのか、それともあつれきは起きないようにどうするかなのか、意識あわせを明確にすべきであった。

コメント　中長期的な未来の目安として設定した「2050 年」について、時間軸の認識にグループ間でばらつきがあった。議論においては、未来洞察の時期を一貫して 2050 年と定めた議論を進めるべきであった。

（4）今後の進め方について

コメント　今回の活動を、参加者とのさらなるコミュニケーションづくりや、今後の研究開発テーマの深掘につなげていきたい。また、学会を超えた人脈形成のためのネットワークづくりを、継続していきたい。

コメント　様々な専門性やバックグラウンドを持つ人たちと、学会の境界を越えてバックグラウンド抜きに議論する意義を感じた。通常とは違う環境下での異分野の方との議論は、新たな世界に目を向ける動機付けになった。

コメント　一方で、専門以外の分野を担当するのはイマジネーションを膨らませる意味では良かったが、学会推薦の立場で参加している面もあるため、各参加者の専門分野を考慮するべきである。

コメント　スキャニング手法の存在を知った意義も大きい。洞察の方法も勉強になった。

コメント　各学会の将来に関する若手の人による議論など、各学会の取組の簡単な紹介や自分たちの学会の状況や思いについて、全体でシェアできる場があってもよかった。

コメント　2050 年を待たなくても、変化の兆しは既に起きている。変化の兆しを、未来を自らつくっていく活動につなげていくべきである。

5．まとめ

一連の議論から導き出された結果は以下のとおりである。

エネルギー社会イメージに関しては、2050 年より早い段階において、時間や場所などの物理的制約や、ライフスタイル、役割、社会規範などの社会的制約に影響されない多様なニーズを尊重する個が出現し、こうした価値観や行動様式・選択の変化が社会システム全体に変容をもたらす見通しが示された。また、2050 年までには、国際間紛争、資源問題、地球温暖化などの人類の存続に関わる大規模な脅威への危機感が増す傾向が見られた。さらに遠い未来になると、人類の存続が主要な課題となり、国の壁を越えた科学技術 、研究開発の連携が進むとの洞察がなされた。

こうした社会に必要とされるエネルギー関連の科学技術テーマとして、利便性の一層の充実と環境負荷低減など、相反する課題を同時解決するための自立（自律）分散・自動化技術や、資源循環システムなどによる負荷最小化・適量消費技術、また、エネルギーの使い手と作り手の境界、電力・交通などのインフラシステムの境界、産業分野の境界の消失に伴う新社会システム運用技術などが提示された。

科学技術、研究開発上の懸念事項としては、人間社会に浸透した新技術が人間生活に及ぼす制御不可能な想定外の脅威の発生や、新技術がさらに別の問題を引き起こす悪循環など、技術開発の影の面が人間に与える悪影響が挙げられた。対応として、サイバーセキュリティ技術の構築、環境配慮への移行の加速、科学技術に過度に依存しない社会の構築の必要性などが指摘された。また、個別技術に加え、社会制度設計の進め方、社会的受容の方法について幅広い議論が行われ、科学技術に関わる専門家の社会的責任の観点から、国際的なルール作りの必要性を指摘する意見もあった。

スキャニング手法については、手法適用の目的や意義に対して参加者の一定の理解が得られると、専門分野や制約を超えた自由な発想を導きだし、議論展開を円滑にする点で有用であった。他方、本手法は主に、10 ～ 20 年程度の短中期の将来の洞察について用いられることが多いため、2050 年以降という長期洞察に適用する難しさも示された。また、スキャニング手法をエネルギー分野に適用する上での課題として、エネルギー供給量、トレードオフ、需給調整、信頼性などの議論における定量性がカバーできなかった。将来的には、複数の手法を適用し、結果を比較する試みも有益であると思われる。

付録

付録１．プログラム

開催日時：2017 年 8 月 28 日（月）、29 日（火）、9 月 14 日（木）
開催会場：TKP 市ヶ谷カンファレンスセンター

８月２８日（月）

10:30 ～ 10:40　開会挨拶、事務連絡
10:40 ～ 10:45　開催趣旨説明
10:45 ～ 11:45　基調講演１　三菱商事調査部次長　平竹 雅人氏
11:45 ～ 12:15　基調講演２　一橋大学教授　鷲田 祐一氏
13:00 ～ 15:30　グループ別討議：社会変化仮説
15:30 ～ 17:15　全体討議：社会変化仮説
17:30 ～ 17:50　未来イシューの説明
17:50 ～ 18:00　翌日に向けた説明

８月２９日（火）

9:30 ～ 9:40　進行説明
9:40 ～ 10:00　社会変化仮説の分析結果説明
10:00 ～ 11:30　全体討議：インパクトダイナミクス
11:30 ～ 13:50　未来イシューグループ別討議
13:50 ～ 14:00　9/14 に向けた説明

９月１４日（木）

10:30 ～ 10:35　事務連絡
10:35 ～ 11:00　前回のまとめと進行説明
11:00 ～ 12:00　未来イシューグループ別討議：研究開発テーマ
13:00 ～ 17:00　全体討議：研究開発テーマ
17:00 ～ 17:50　全体のふり返り
17:50 ～ 18:00　閉会挨拶

付録２．参加者一覧

（敬称略）

招聘識者

・浅野 周平　早稲田大学理工学術院 社会環境工学科　助手
・稲葉 彩　トヨタ自動車株式会社 営業企画部
・井上 元　九州大学大学院　工学研究院化学工学部門 准教授
・宇賀神 拓也　JXTG エネルギー株式会社 中央研究所 技術戦略室 エネルギー技術グループ
・大西 徹　トヨタ自動車株式会社 新事業企画部 バイオ・緑化研究所 グループ長
・大場 紀章　エネルギーアナリスト
・岡崎 輝幸　三菱日立パワーシステムズ株式会社研究所 ターボ機械研究部
・岡田 啓　東京都市大学 環境学部 准教授
・河原 伸幸　岡山大学大学院 自然科学研究科 准教授
・菊盛 真衣　立命館大学 経営学部 准教授
・楠野 順弘　株式会社日立製作所　研究開発グループ エネルギーイノベーションセンタ
高電圧システム研究部 主任研究員
・窪田 光宏　名古屋大学 工学研究科 化学システム工学専攻 助教
・小西 充峻　JXTG エネルギー株式会社　中央技術研究所　技術戦略室　技術戦略グループ
・関屋 大雄　千葉大学大学院 工学研究院 教授
・高野 浩貴　福井大学 学術研究院 工学系部門 講師
・田中 謙司　東京大学大学院工学系研究科 技術経営戦略学専攻 特任准教授
・田部 豊　北海道大学大学院工学研究院エネルギー環境システム部門 准教授
・西村 顕　三重大学大学院工学研究科 機械工学専攻 エネルギーシステム設計研究室　准教授
・能村 貴宏　北海道大学工学研究院付属エネルギー・マテリアル融合領域研究センター 准教授
・花田 信子　早稲田大学理工学術院 講師
・Michael Bjorn　Ericsson Consumer Lab Head of Research ／ルンド大学 Adjunct Professor
・福島 弘之　古河電気工業株式会社 研究開発本部 情報通信・エネルギー研究所
超電導応用開発部 伝送技術開発課　課長
・福田 逸郎　東京ガス株式会社技術本部技術企画部イノベーション企画
グループイノベーション企画チーム
・藤田 淳也　株式会社日立製作所 研究開発グループ 制御イノベーションセンタ
スマートシステム研究部 制御 S2 ユニット 研究員
・藤本 博志　東京大学 大学院新領域創成科学研究科 先端エネルギー工学専攻 准教授
・古江 奈々美　一橋大学　大学院商学研究科　大学院生
・本田 孝祐　大阪大学 大学院工学研究科 生命先端工学専攻 准教授
・松澤 幸一　横浜国立大学 大学院工学研究院 機能の創生部門 准教授
・三田 裕一　電力中央研究所 材料科学研究所 電気化学領域 上席研究員
・見村 勇樹　株式会社東芝 電力・社会システム技術開発センター 回転機器開発部
新エネルギー・発電機器技術担当 主務
・柳澤 明　一般財団法人 日本エネルギー経済研究所 計量分析ユニット
・山田 香織　神戸大学 先端融合研究環　助教
・吉岡 克成　横浜国立大学 大学院環境情報研究院 / 先端科学高等研究院　准教授
・渡邉 徹　一般財団法人　交通経済研究所　調査研究センター兼情報センター 研究員
エネルギー・経済分析グループ マネージャー・研究主幹

ご協力いただいた学協会

電気学会、日本機械学会、日本エネルギー学会、電子情報通信学会、計測自動制御学会、化学工学会、電気化学会、日本生物工学会、土木学会、日本交通学会、自動車技術会

基調講演者

・平竹 雅人　　三菱商事　調査部　次長
・鷲田 祐一　　一橋大学　大学院商学研究科　教授

オブザーバー参加者

・大場 淳一　　株式会社テクノアソシエーツ プリンシパル
・七丈 直弘　　東京工科大学 IR センター長 コンピュータサイエンス学部 教授
・秀野 晃大　　愛媛大学 社会連携推進機構 紙産業イノベーションセンター 助教
・細貝 聡　　産業技術総合研究所 エネルギー・環境領域創エネルギー研究部門 研究員

・鷹觜 利公　　内閣府 ディレクター
・松原 珠　　内閣府 エネルギー・環境担当 上席調査員
・榊 貴彦　　内閣府 エネルギー・環境担当 政策調査員
・吉田 有希　　文部科学省 研究開発局 環境エネルギー課 行政調査員
・伊藤 香織　　経済産業省 産業技術環境局 エネルギー・環境イノベーション戦略室 課長補佐
・越野 雅至　　経済産業省 産業技術環境局エネルギー・環境イノベーション戦略室 研究開発専門職
・土井 麻記子　株式会社エックス都市研究所 研究員
・江川 光　　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
再生可能エネルギーユニット 研究員
・仲上 祐斗　　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
マクロ分析ユニット 研究員
・赤池 伸一　　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
・白川 展之　　科学技術・学術政策研究所 主任研究官

・西下 佳代　　科学技術振興機構　社会技術研究開発センター フェロー
・茅 明子　　科学技術振興機構　社会技術研究開発センター アソシエイトフェロー
・古賀 明嗣　　科学技術振興機構　環境エネルギー研究開発推進部 部長
・井上 智弘　　科学技術振興機構　低炭素社会戦略センター 研究員
・河原崎 里子　科学技術振興機構　低炭素社会戦略センター 研究員
・松田 成信　　科学技術振興機構　低炭素社会戦略センター 主任研究員
・南 裕一　　科学技術振興機構　低炭素社会戦略センター 副調査役
・藤山 知彦　　科学技術振興機構　研究開発戦略センター　上席フェロー
・小名木 伸晃　科学技術振興機構　研究開発戦略センター　ナノテクノロジー・材料ユニット フェロー

■ワークショップ報告書　編纂メンバー■

佐藤　順一	上席フェロー	（環境・エネルギーユニット）
大平　竜也	フェロー	（環境・エネルギーユニット）
尾山　宏次	フェロー	（環境・エネルギーユニット）
中村　亮二	フェロー	（環境・エネルギーユニット）
髙橋　玲子	フェロー	（環境・エネルギーユニット）
松田　一夫	フェロー	（環境・エネルギーユニット）
松本　麻奈美	フェロー	（環境・エネルギーユニット）

※お問い合せ等は下記ユニットまでお願いいたします。

CRDS-FY2017-WR-07

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検討（第二回）

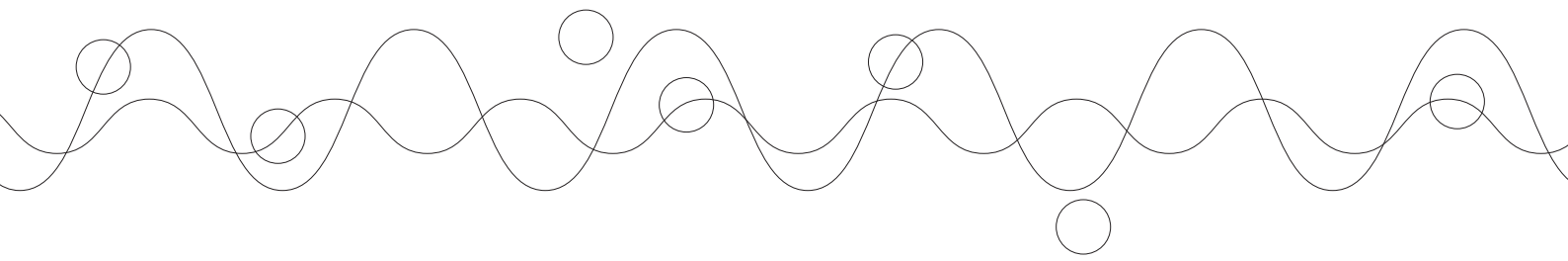
平成29年8月28日（月）、29日（火）、9月14日（木）開催

平成 30 年 1 月　January 2018
ISBN 978-4-88890-576-3

国立研究開発法人科学技術振興機構　研究開発戦略センター
環境・エネルギーユニット
Environment and Energy Unit, Center for Research and Development Strategy
Japan Science and Technology Agency

〒 102-0076　東京都千代田区五番町 7　K's 五番町
電　話　　03-5214-7481（代表）
ファックス　03-5214-7385
http://www.jst.go.jp/crds/

© 2018　JST/CRDS

許可無く複写／複製することを禁じます。
引用を行う際は、必ず出典を記述願います。
No part of this publication may be reproduced, copied, transmitted or translated without written permission.
Application should be sent to crds@jst.go.jp. Any quotations must be appropriately acknowledged.

ISBN 978-4-88890-576-3