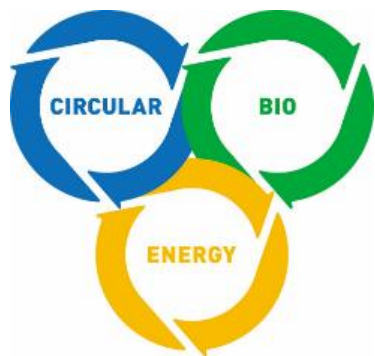


社会変化とイノベーション ーコロナ禍後のニューノーマルと DXの先に目指すべき豊かな未来 (well-being)ー



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
デジタルイノベーションユニット
伊藤智

https://www.nedo.go.jp/library/tsc_future.html

- **NEDO/TSCの紹介**
- **豊かな未来**
- **コロナ禍後の社会変化（デジタルおよび環境変化）**
- **ロシアによるウクライナ侵攻の影響**
- **現代社会が取り組むべきイノベーション例（環境、インフラを中心に）**

■ TSCは、NEDOのプロジェクトマネジメントのうち、技術戦略の策定を通じたプロジェクトの企画・立案を担う。

Start

各分野での情報収集・
技術戦略策定

世界規模で技術開発の競争が激化している中、日本国内外から積極的に各分野の情報収集を実施しています。

情報収集結果を用い、技術戦略の策定やマイルストーン設定を行い、プロジェクトの企画立案に活かしています。

1-2 years

将来の有望分野の発展を
技術開発から支援
プロジェクト企画・立案



国内外の技術動向調査や有識者等へのヒアリングを通じて技術開発の目標を設定。
5年、10年先を見据えた**プロジェクトの企画・立案**を行います。

2-6 years

技術開発や
実証実験を実施

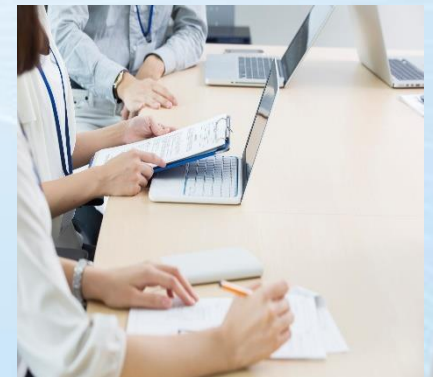
技術開発のみならず
民間企業では難しい大規模な実証実験まで一貫してプロジェクトを実施します。



10 years

プロジェクトの
レビュー・追跡調査

プロジェクト終了後に第三者による外部評価を実施、厳しい視点でプロジェクトの成果を評価します。
また終了後は成果の追跡調査を実施し、プロジェクトが及ぼした経済的・社会的効果のフォローとその結果をマネジメントの改善に活かします。



TSCの役割部分

NEDOプロジェクトの特徴

中長期の取組
プロジェクト・マネージャーの指名
標準化・知財戦略と合わせた技術開発
異業種連携・融合領域
大規模実証
海外政府・機関との協定等の積極的連携



NEDOのミッション

エネルギー・地球環境問題の解決

産業技術力の強化

TSCのミッション

社会の変化を敏に捉え、**将来像**を描き、**実行性**のある提言を行う



■ TSCの活動成果については、「TSC Foresight」として公表・発信。また、随時、「TSC Foresightセミナー」や「ワークショップ」を開催し、産学官のステークホルダーとの対話を実施。 ※赤字は2021年度以降公表

将来像

技術戦略策定分野

短信

■ 持続可能な社会に実現に向けた技術開発総合指針（NEDO総合指針）

（2022年10月末時点）

■ イノベーションの先に目指すべき「豊かな未来」ー大切にすべき価値軸 / 実現すべき社会像とはー



サステナブルエネルギー分野

- 水素
- 超伝導
- 車載用蓄電池
- 地熱発電
- 太陽光発電
- 風力発電
- 次世代バイオ燃料
- 電力貯蔵
- 超分散エネルギーシステム
- 海洋エネルギー
- 次世代バイオ燃料（バイオジェット燃料）
- 再生可能エネルギー熱利用



環境・化学分野

- 地球環境対策（フロン）
- メタルリサイクル
- 化学品製造プロセス
- 機能性化学品製造プロセス
- バイオマスからの化学品製造
- 資源循環（プラスチック、アルミニウム）
- 熱エネルギー
- CCUS/カーボンリサイクル分野
- 基礎化学品の原料多様化分野



バイオエコノミー分野

- 生物機能を利用したデバイス
- 微生物群の利用及び制御
- 生物機能を利用した物質生産
- バイオプラスチック



デジタルイノベーション分野

- コンピューティング／物性・電子デバイス
- パワーレーザー
- 無人航空機(UAV)システム
- AIを活用したシステムデザイン
- IoTソフトウェア
- ロボット（2.0領域）
- 人工知能を支えるハードウェア
- 人工知能
- 人工知能×食品
- 人工知能×ロボット
- 人工知能（意味理解）
- 自律分散システム
- スマートテレオートノミー
- 人間情報応用
- パワーエレクトロニクス



ナノテクノロジー・材料分野

- ナノカーボン材料
- 機能性材料
- 自己組織化応用プロセス
- 次世代のIoT社会に向けたナノテクノロジー・材料
- 構造材料
- 計測分析技術
- 金属積層造形プロセス
- 温室効果ガスN2Oの抑制
- 電子部品用ファインセラミックス

- コロナ禍後の社会変化と期待されるイノベーション像
- ウェルビーイング社会の実現に貢献するマテリアル技術
- 環境・エネルギー分野へ貢献するバイオ産業
- 次世代に期待される情報通信技術
- ものづくり分野におけるDX
- 研究開発初期段階のCCU技術に対するLCCO2評価のガイドライン策定に向けて（「簡易LCCO2評価ガイドライン」7/29公表）
- ウクライナ・ロシアレポート
- デジタル技術の活用によるマテリアル産業競争力強化に向けて

- 海外トレンド：コロナ危機を受けた海外の動向
- 海外トレンド：バイデン次期大統領で変わる米国の技術イノベーション・気候変動政策
- 海外トレンド：新たな環境市場を創出する欧州グリーン・ディール
- 海外トレンド：グローバルな半導体競争
- 海外トレンド：COP26に向けたカーボンニュートラルに関する海外主要国（米・中・EU・英）の動向
- 海外トレンド：再生可能エネルギー時代における資源獲得競争
- 海外トレンド：COP27に向けたカーボンニュートラルに関する海外主要国（米・中・EU・英・独・インドネシア・エジプト・インド）の動向

「豊かな未来」レポートの目的

- 2021年3月に閣議決定された第6期科学技術・イノベーション基本計画において、我が国がイノベーションを通じて目指すべき方向性として「持続可能性、強靱性、多様な幸せ」の3つが示されている。また、世界各国から数多くの豊かさ(well-being)に関する報告書、及び、各種政府白書や未来予測の報告書が発行されている。
- 本レポートでは、計75編の報告書に対して共起ネットワークなどの俯瞰分析を通じてイノベーションの先に目指すべき豊かな未来について考察し、この未来の実現に向けて、①大切にすべき価値軸や②実現すべき社会像を明らかにするとともに、③現代社会が取り組むべきイノベーション例を提示することを目的としている。

豊かさに関する報告書

- ・国立ブータン研究所 国民総幸福量
- ・欧州委員会 Sustainable Development Strategy
- ・内閣府経済社会総合研究所 幸福度に関する研究会 など

政府による白書など

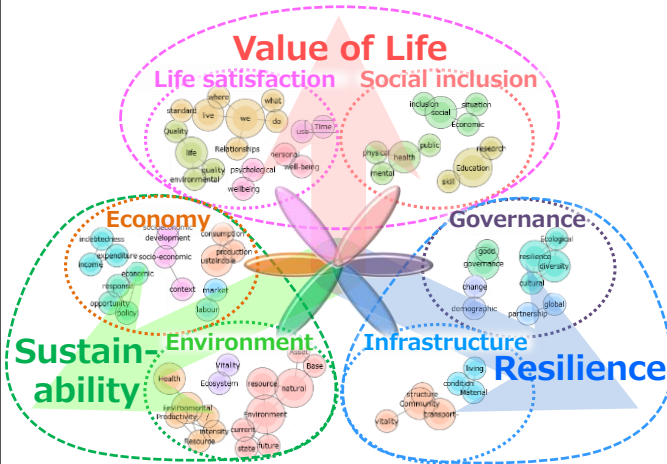
- ・内閣府 高齢社会白書
- ・総務省 未来をつかむTECH戦略
- ・経済産業省 ものづくり白書
- ・文部科学省 科学技術白書 など

官民による未来予測

- ・日本学術会議 夢ロードマップ2014
- ・三菱総合研究所 未来社会構想2050
- ・NEDO/TSC技術戦略 など

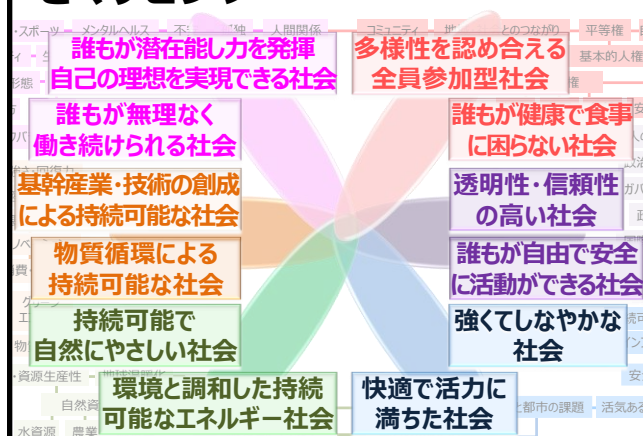
① 価値軸の導出

Well-being報告書中の豊かさの構成要素を共起ネットワーク分析によりカテゴリー分類・整理



② 社会像の導出

各構成要素に関わるキーワードをマッピング



キーワードマッピングを分析し、各価値軸を高めるために実現すべき社会像を導出

③ イノベーションの導出

具体的な目標と必要とされるイノベーションを例示



大切にすべき6つの価値軸

価値軸・社会像の導出に用いた国内外の豊かさに関する報告書

	発行機関	レポート名等	定義されている指標の数
1	欧州委員会	Outline of the 2001 EU SDS	7
2	国立ブータン研究所	国民総幸福量(Gross National Happiness)	33
3	内閣府経済社会総合研究所	幸福度に関する研究会	20
4	欧州委員会	Sustainable Development Strategy	27
5	イギリス政府	Sustainable Development Strategy	14
6	経済協力開発機構(OECD)	Green Growth Indicators	15
7	国連開発計画(UNDP)	Human Development Index	3
8	イェール大学環境法・政策センター	Environmental Performance Index	15
9	トービン、ノードハウス	Measure of Economic Welfare	—
10	経済企画庁経済審議会	Net National Welfare	—
11	トービン、ノードハウス	Sustainable Measure of Economic Welfare	—
12	ハーマン・デイリー、ジョン・コブ	Index of Sustainable Economic Welfare	—
13	Redefining Progress	Genuine Progress Indicator	—
14	国際連合：環境・経済統合勘定1993 年版	environmentally-adjusted Net Domestic Product	—
15	ジェニユイン・セイビング	Genuine Savings	—
16	グローバル・フットプリント・ネットワーク	エコロジカル・フットプリント	—
17	経済開発協力機構(OECD)：Better Life Initiative	How's Life? :Measuring Well-Being	10
18	フランス国立統計経済研究所	経済パフォーマンス及び社会進歩の計測に関する委員会(スティグリッツ委員会)	17
19	国連環境計画(UNEP)と国連大学(UNU)	Inclusive Wealth report	3
20	熊本県	「“笑いの数”による幸福度指標」	—
21	熊本県	県民総幸福量	—
22	福井県	地域の幸福度	—
23	荒川区	荒川区民総幸福度	—
24	新潟市	市民の幸福度	5
25	国家経済開発委員会	NESDB (2009) グリーン・幸福度指標	6
26	フィンランド統計局	Findicator	102
27	英国国家統計局	Measures of National Well-being	40
28	オランダ社会研究機構(SCP)	Life Situation Index	8
29	豪州国家統計庁	豪州の進歩の測定	14
計			175

「大切にすべき価値軸」の導出手法

- 29編の豊かさに関する報告書に記載された、豊かさの構成要素を共起ネットワーク分析し、豊かな未来の実現のために大切にすべき価値を抽出。これらは第6期科学技術・イノベーション基本計画の3つの方向性と一致。

豊かさに関する報告書リスト

発行機関	レポート名等
1 欧州委員会	Outline of the 2001 EU SDS
2 国立ブータン研究所	国民総幸福量
3 内閣府経済社会総合研究所	幸福度に関する研究会
4 欧州委員会	Sustainable Development Strategy
5 イギリス政府	Sustainable Development Strategy
6 経済協力開発機構(OECD)	Green Growth Indicators
7 国連開発計画(UNDP)	Human Development Index
8 イェール大学環境法・政策センター	Environmental Performance Index
9 トービン・ノードハウス	Measure of Economic Welfare
:	:

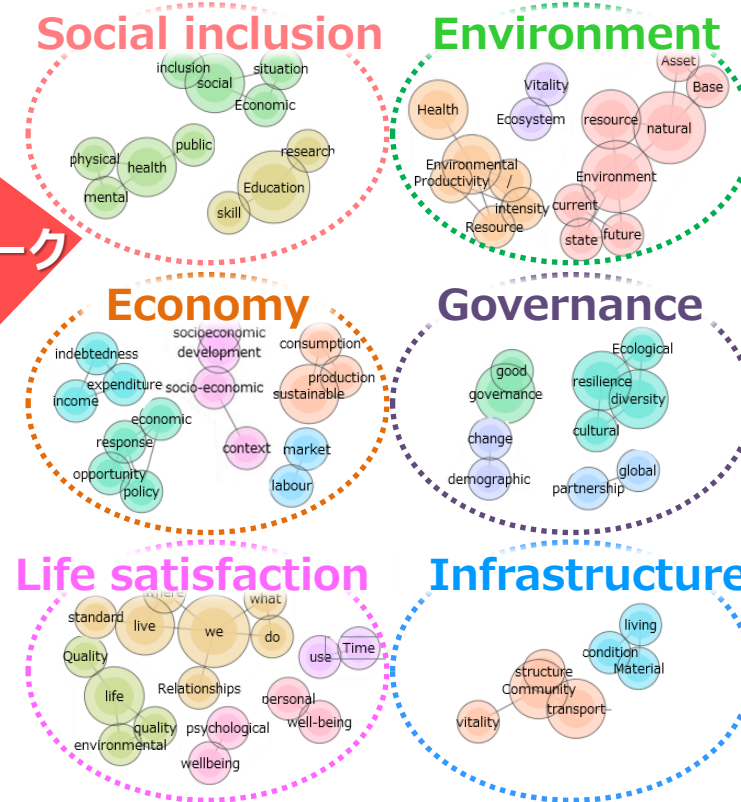
例)欧州委員会：持続可能な発展戦略

豊かさの構成要素	指標
社会経済発展	一人当たりGDP
持続可能な生産と消費	資源生産性
社会的包摂	貧困者比率
人口動向	高齢者の雇用
公衆衛生	男女別健康寿命・出生時平均寿命
気候変動とエネルギー	温室効果ガス総排出量
自然資源	
持続可能な輸送	輸送部門におけるエネルギー消費量
グローバル・パートナーシップ	ODA(政府開発援助)
良い統治	—

共起ネットワーク分析

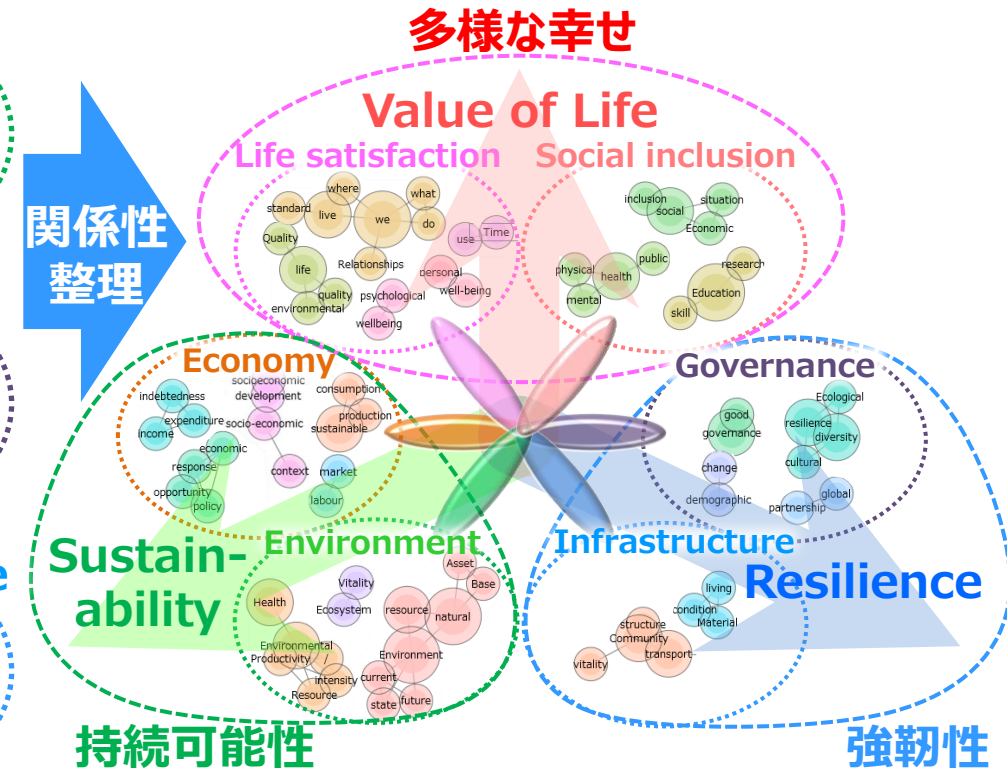
構成要素＝豊かな未来のために大切にすることが求められる価値

共起ネットワーク分析で抽出された22の単語グループを、関連性の高さで整理し、大きく6つに分類できることがわかった。



図：大切にすべき価値の分類

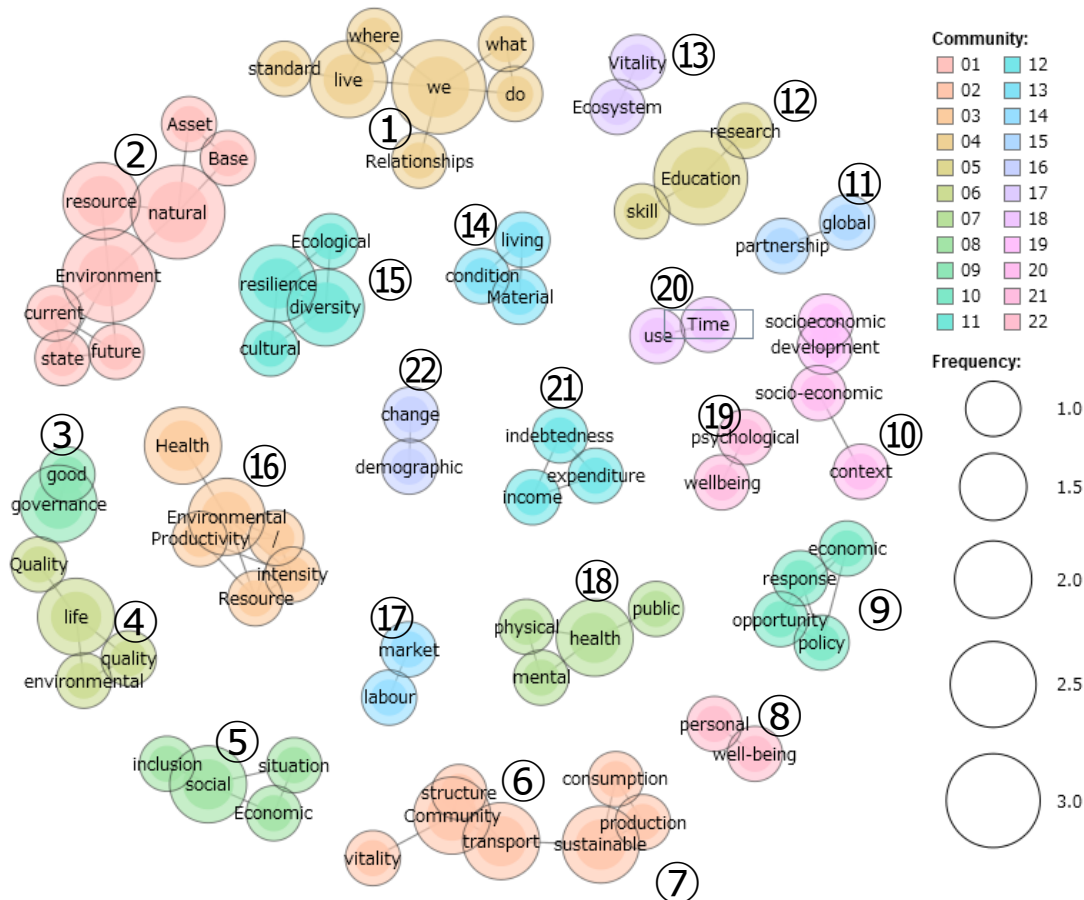
抽出した6つの分類は第6期科学技術・イノベーション基本計画の3つの方向性と一致。



図：大切にすべき価値の関係性

価値軸の導出における共起ネットワーク分析

- 29の豊かさに関する報告書に記載された85の構成要素を、共起ネットワーク分析し、22のグループを抽出。
- 抽出した22のグループと大切にすべき6つの価値軸の関係を示す。



18 Health(健康)
12 Education(教育)
5 Social inclusion(社会的包摂)

Social inclusion

4 Quality of life(人生の質)
1 What we do(何をなすか)
8 Personal well-being(個人の幸せ)
19 psychological well-being(精神的幸せ)
20 Time use(時間の使い方)

Life satisfaction

9 Economic(経済)
17 Market(市場)
7 Consumption and Production(消費と生産)
10 Economic development(経済発展)
21 Income and Expenditure(収入と支出)

Economy

2 Environment(環境)
13 Ecosystem(エコシステム)
16 Environmental resource(環境資源)

Environment

6 Community, transport(コミュニティ、移動)
14 Living condition(住環境)

Infrastructure

3 Governance(ガバナンス)
11 Global Partnership(グローバルパートナーシップ)
15 Resilience and Diversity(強靱性と多様性)
22 Demographic change(人口統計変化)

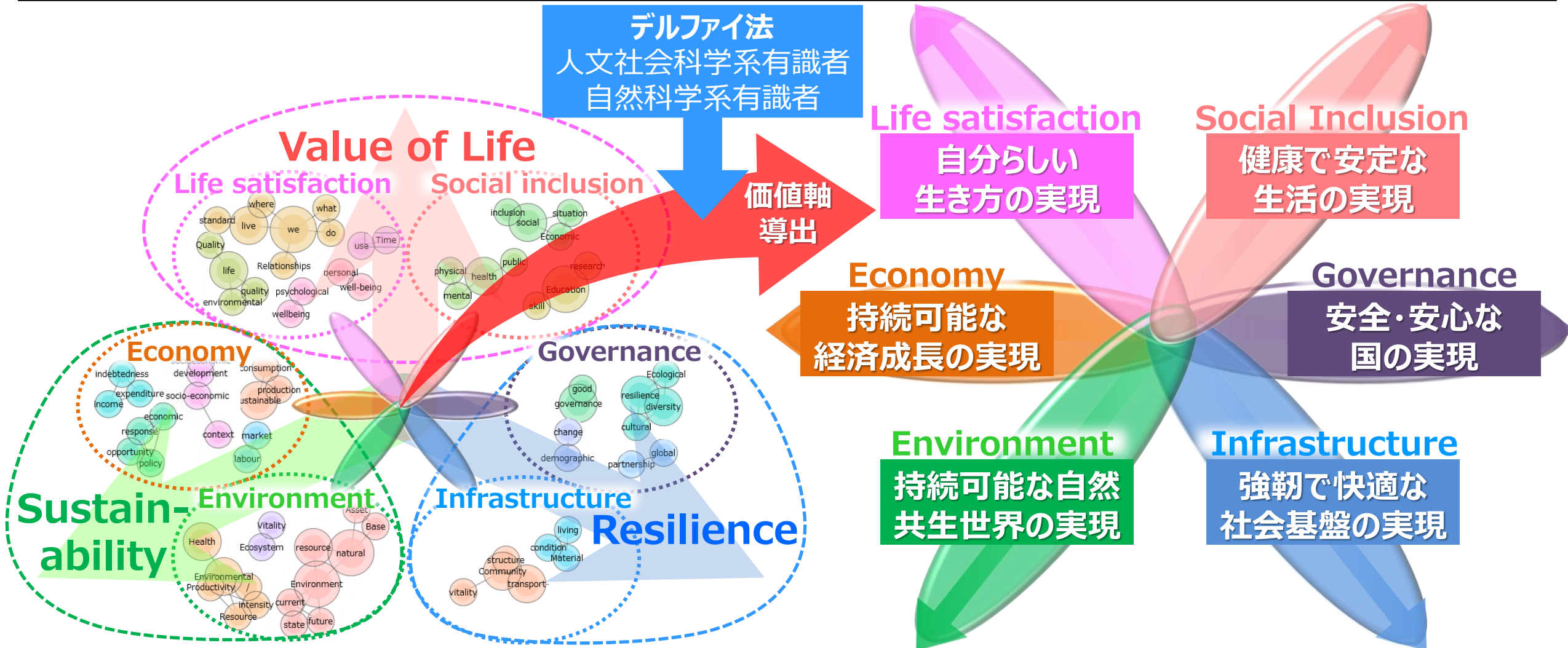
Governance

図：共起ネットワーク分析による重要な単語のグループ化

図：共起ネットワーク分析による単語グループと6つの価値軸の関係

未来をより豊かにするために「大切にすべき6つの価値軸」

- 大切にすべき価値について、デルファイ法を用いて6つの価値軸にまとめた。豊かな未来の実現に向けては、これらの価値軸方向にイノベーションを実施し社会の価値を高めていくことが重要である。



図：大切にすべき価値の関係性

図：大切にすべき6つの価値軸

実現すべき12の社会像

「実現すべき社会像」の導出に向けて①（キーワード群の抽出）

- まず29編の国内外の豊かさに関する報告書で取り上げられている指標を共起ネットワーク分析し、「大切にすべき6つの価値軸」それぞれを特徴づけるキーワード群を抽出。

豊かさに関する報告書リスト

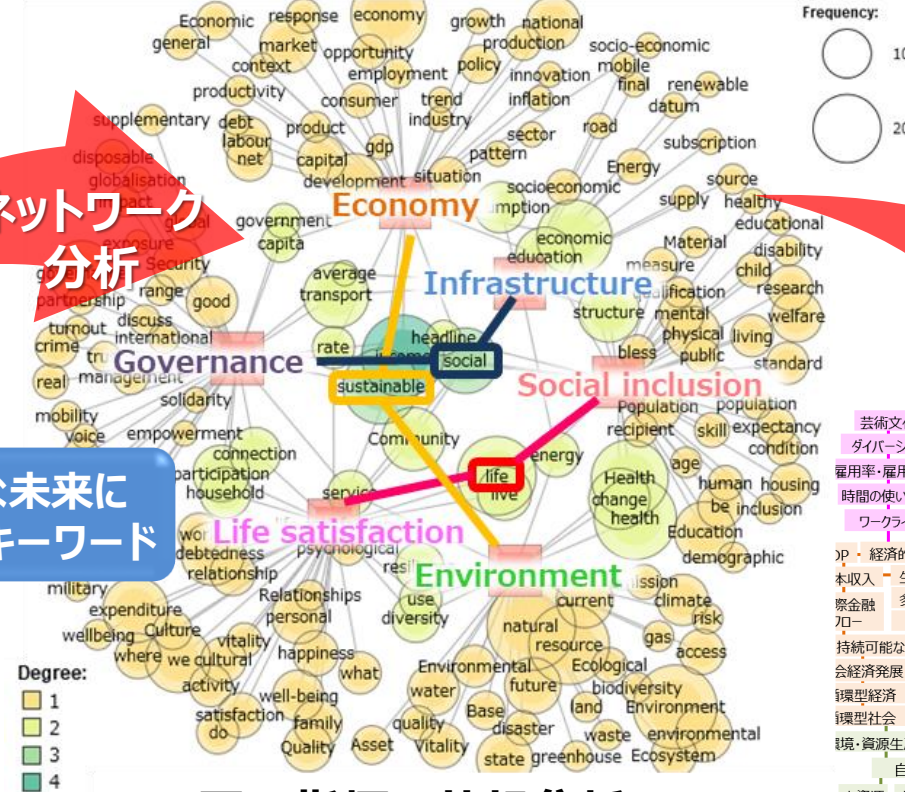
発行機関	レポート名等
1 欧州委員会	Outline of the 2001 EU SDS
2 国立ブータン研究所	国民総幸福量
3 内閣府経済社会総合研究所	幸福度に関する研究会
4 欧州委員会	Sustainable Development Strategy
5 イギリス政府	Sustainable Development Strategy
6 経済協力開発機構(OECD)	Green Growth Indicators
7 国連開発計画(UNDP)	Human Development Index
8 イェール大学環境法・政策センター	Environmental Performance Index
9 トービン・ノードハウス	Measure of Economic Welfare
:	:

共起ネットワーク分析

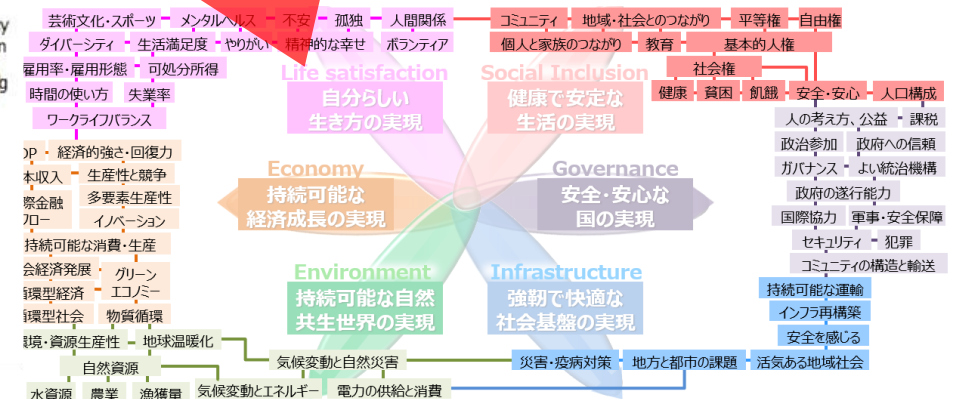
例)欧州委員会：持続可能な発展戦略

豊かさの構成要素	指標
社会経済発展	一人当たりGDP
持続可能な生産と消費	資源生産性
社会的包摂	貧困者比率
人口動向	高齢者の雇用
公衆衛生	男女別健康寿命・出生時平均寿命
気候変動とエネルギー	温室効果ガス総排出量
	再生可能エネルギーの利用量
自然資源	鳥類個体数指標
	生物学的限界を超過した漁獲量
持続可能な輸送	輸送部門におけるエネルギー消費量
グローバル・パートナーシップ	ODA(政府開発援助)
良い統治	—

指標 = 豊かな未来にとって重要なキーワード



図：指標の共起分析

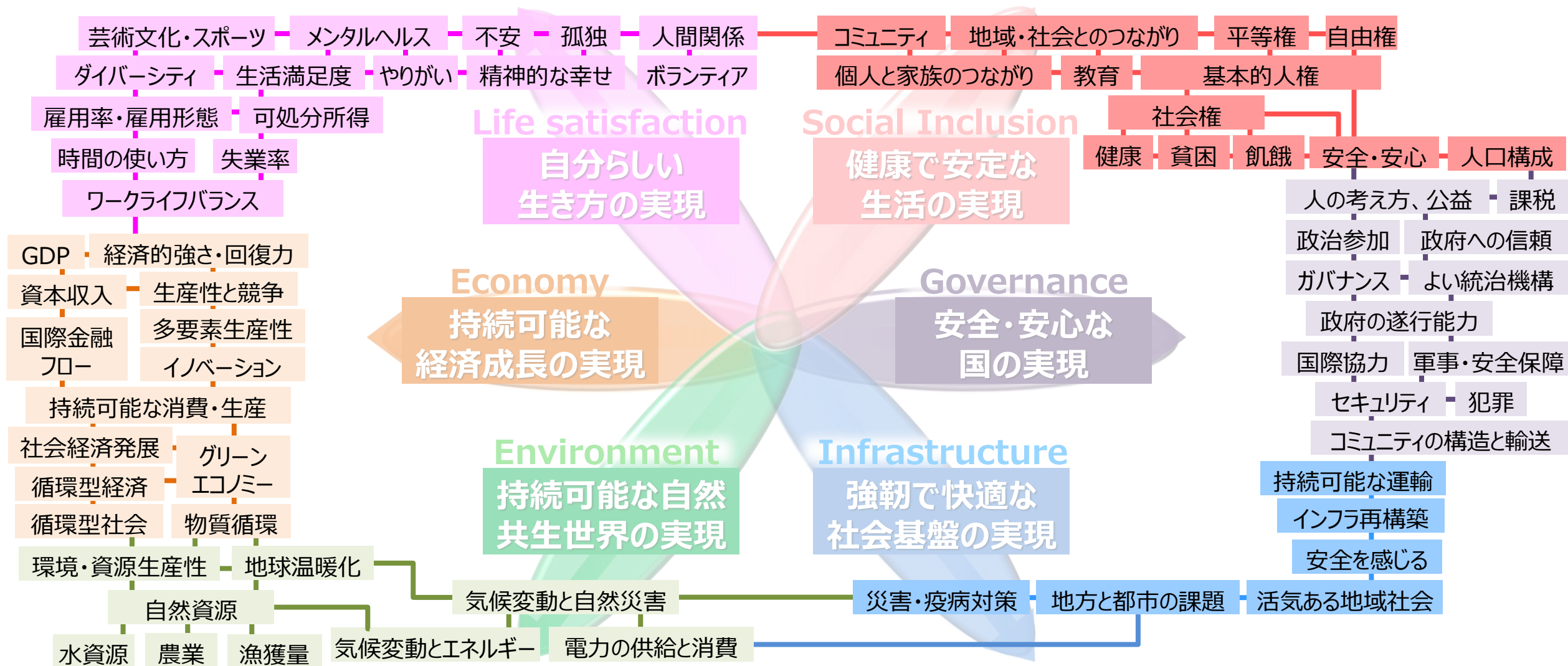


図：「大切にすべき6つの価値軸」に関係の深いキーワード群

続くページにてこれらキーワード群から「実現すべき社会像」を導出

「実現すべき社会像」の導出に向けて②（キーワードマップの作成）

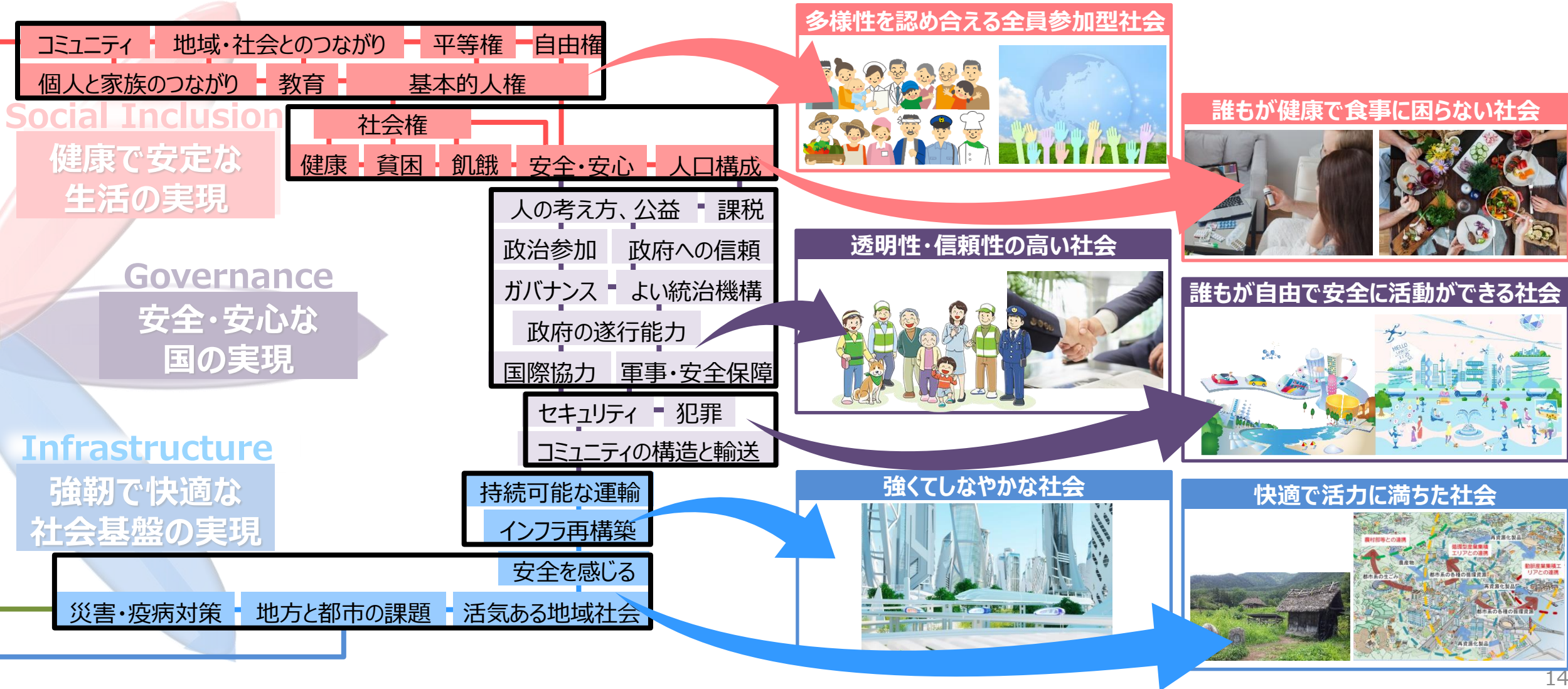
- 抽出したキーワードを、「大切にすべき6つの価値軸」に重ねてマップ化。



図：「大切にすべき6つの価値軸」に関係の深いキーワード群

「実現すべき社会像」①

- それぞれの価値軸に関連が深いキーワード群を用いて、デルファイ法により、それぞれの価値軸に対応する「実現すべき社会像」を導出。



- 誰が無理なく働けられる社会**
遠隔操作

誰もが潜在能力を発揮し 自己の理想を実現できる社会

物質循環による持続可能な社会
図る 創る 戻す 使う
Recycle shop

環境と調和した持続可能なエネルギー社会
従来の大規模電力システム
電気・ガス・熱などやり取り
需要側 大規模集 中型電源
Renewable Energy
中・小規模 エネルギーシステム

基幹産業・技術の創成による 持続可能な社会
研究資源の 社会還元
大学 研究機関・アカデミア シーズ・応用研究 インターンシップ 創業・継承者育成 新事業・新分野開拓
公的研究 ベンチャー 機関
ものづくり ネットワーク 創業 支援 企業 技術・経営 メンター 伴走支援 認定 支援助 許可認可 国・自治体
経済 開発 大企業 委託 共同 研究 経営資源 創出 イノベーション
モノづくり 企業 スタート アップ 基幹産業・技術の創成 事業化 製品化 利益
資金 販売 マーケティング・市場調査 資産運用 経営資源
クラウドファンディング 商社・ファンド

持続可能で自然にやさしい社会
農山漁村 都市 里 海 川 森
◆自然資源・生態系サービス
・森林・水資源
・自然エネルギー
・多様な生物多様性
・自然環境の保全等
◆自立分散型社会
（地域課題「自然・文化・人材・資金」の活用）
・地域経済の活性化
・地域コミュニティの形成等
◆資金・人材などの提供
・起業家・若手・高齢者など
・地域経済の活性化
・地域コミュニティの形成等
・地域経済の活性化
・地域コミュニティの形成等

Life satisfaction
自分らしい 生き方の実現

Economy
持続可能な 経済成長の実現

Environment
持続可能な自然 共生世界の実現

誰が 芸術文化・スポーツ メンタルヘルス 不安 孤独 人間関係
ダイバーシティ 生活満足度 やりがい 精神的な幸せ ボランティア

雇用率・雇用形態 可処分所得
時間の使い方 失業率
ワークライフバランス

GDP 経済的強さ・回復力
資本収入 生産性と競争
国際金融 多要素生産性
フロー イノベーション

持続可能な消費・生産
社会経済発展 グリーン
循環型経済 エコノミー
循環型社会 物質循環

環境・資源生産性 地球温暖化
自然資源
水資源 農業 漁獲量
気候変動と自然災害
気候変動とエネルギー 電力の供給と消費

大切にすべき6つの価値軸 と 実現すべき12の社会像

- 現在から将来にかけて存在するあらゆる生活の不安を解消することにより、真の豊かさを実感できる「健康で安定した暮らし」の実現を目指す。

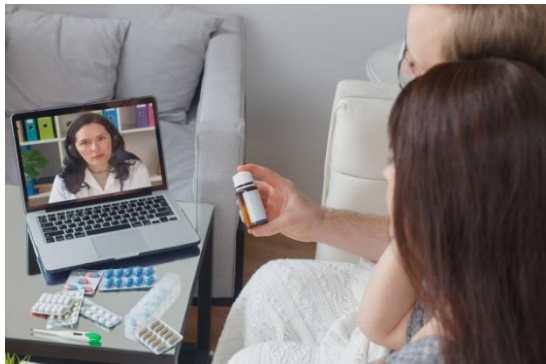
すべての人々が長期的に健康で不安のない生活をおくることが鍵

- 生活習慣病・難病の克服や誰もが利用することができる医療・介護
- 完全資源循環型食料生産の実現
- あらゆる格差と不平等がない全員参加型社会の実現
生活、教育、労働、健康、居住が平等に保障



誰もが健康で食事に困らない社会

すべての人々を孤独や孤立、排除や摩擦から援護し長期的に健康で食事や住居の不安がなく、ゆとりを感じられる生活をおくることができるよう、社会の一員として包み支え合う社会



多様性を認め合える全員参加型社会

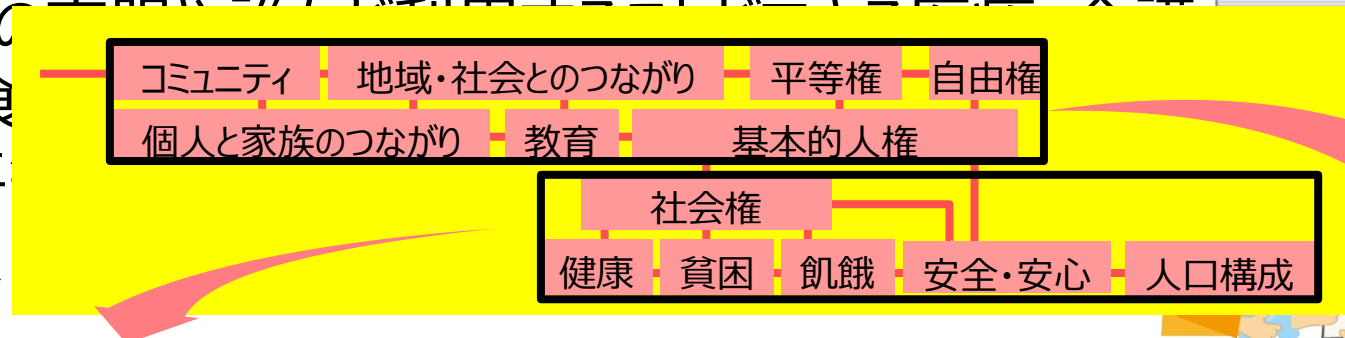
意欲あるすべての人が社会の主役として社会参加や自立の機会を手にし、自立した個人が開かれたコミュニティの中で多様な役割を担い参加する全員参加型社会



- 現在から将来にかけて存在するあらゆる生活の不安を解消することにより、真の豊かさを実感できる「健康で安定した暮らし」の実現を目指す。

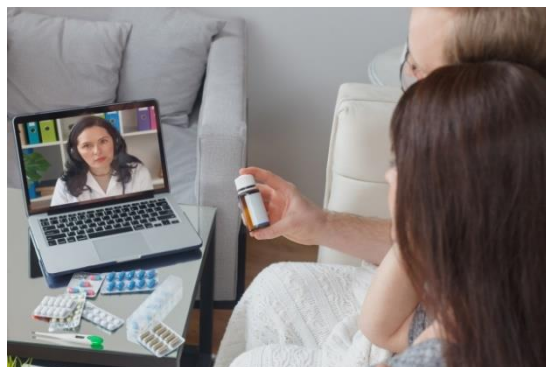
すべての人々が長期的に健康で不安のない生活をおくることが鍵

- 生活習慣病・難病の予防・治療・ケアの充実
- 完全資源循環型食料・食料資源の活用
- あらゆる格差と不平等の解消
生活、教育、労働、



誰もが健康で食事に困らない社会

すべての人々を孤独や孤立、排除や摩擦から援護し長期的に健康で食事や住居の不安がなく、ゆとりを感じられる生活をおくることができるよう、社会の一員として包み支え合う社会



多様性を認め合える全員参加型社会

意欲あるすべての人が社会の主役として社会参加や自立の機会を手にし、自立した個人が開かれたコミュニティの中で多様な役割を担い参加する全員参加型社会



- 誰もが潜在能力を発揮し自己の理想の実現や働きがいのある人間らしい仕事の実現により、自己の成長と社会の持続的な発展に貢献することで満足度の高い社会の構築を目指す。

誰もがその能力を最大限に発揮し、何も制約されことなく
自分のやりたいことや自分らしさが実現できる社会

- あるがままの自分、理想の自分でありながら社会と調和
- 人生の選択肢が自由で誰もが持続可能な成長を実現
- 無理なく働き続けられ仕事を通じて自己実現、社会貢献



誰もが潜在能力を発揮し自己の理想を実現できる社会

すべての人々が自分らしい生き方ができるよう、制限なく自分の能力を最大限に生かせる機会が均等にあり、質の高い人生経験により、なりたい自分を実現することができる社会



誰もが無理なく働き続けられる社会

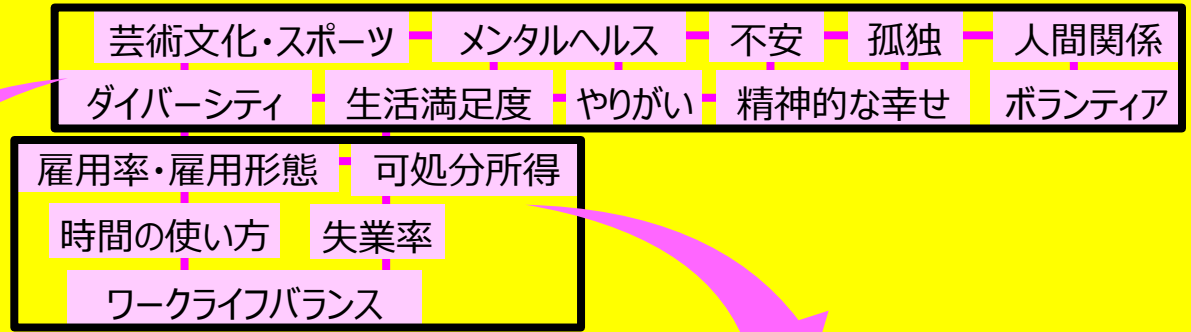
働きがいのある人間らしい仕事の実現により、社会の持続的な発展に貢献できる仕事に対する満足度の高い社会



■ 誰もが潜在能力を発揮し自己の理想の実現や働きがいのある人間らしい仕事の実現により、自己の成長と社会の持続的な発展に貢献することで満足度の高い社会の構築を目指す。

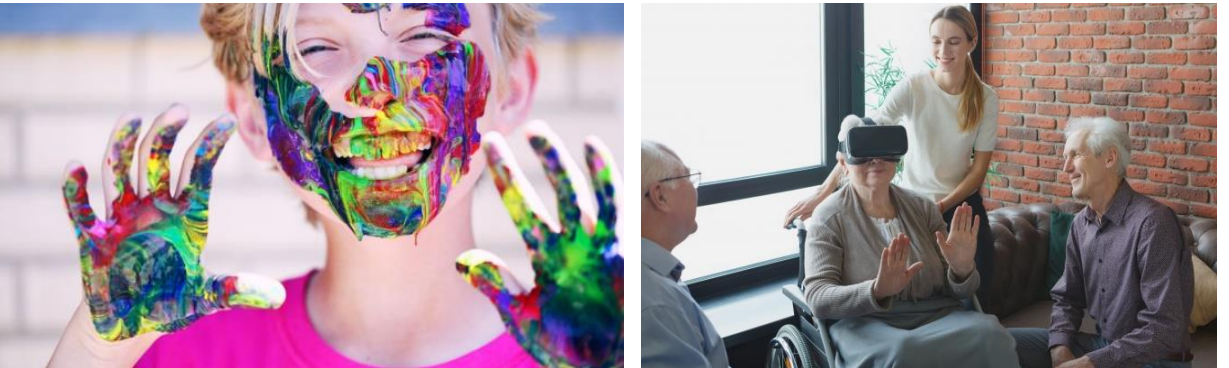
誰もがその能力を最大限に発揮し、何れも制約されず
自分のやりたいことや

- あるがままの自分、
- 人生の選択肢が自
- 無理なく働き続けら



誰もが潜在能力を発揮し自己の理想を実現できる社会

すべての人々が自分らしい生き方ができるよう、制限なく自分の能力を最大限に生かせる機会が均等にあり、質の高い人生経験により、なりたい自分を実現することができる社会



誰もが無理なく働き続けられる社会

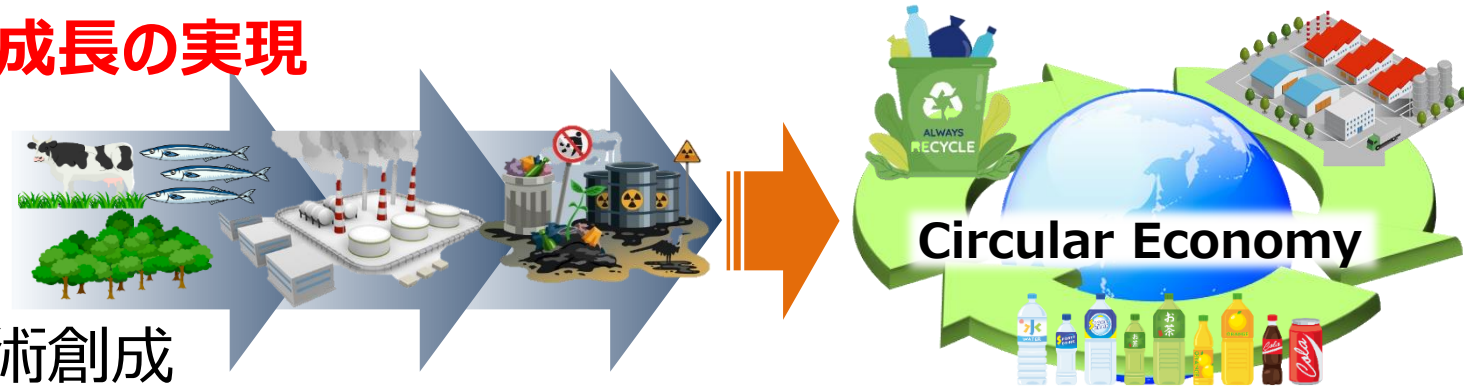
働きがいのある人間らしい仕事の実現により、社会の持続的な発展に貢献できる仕事に対する満足度の高い社会



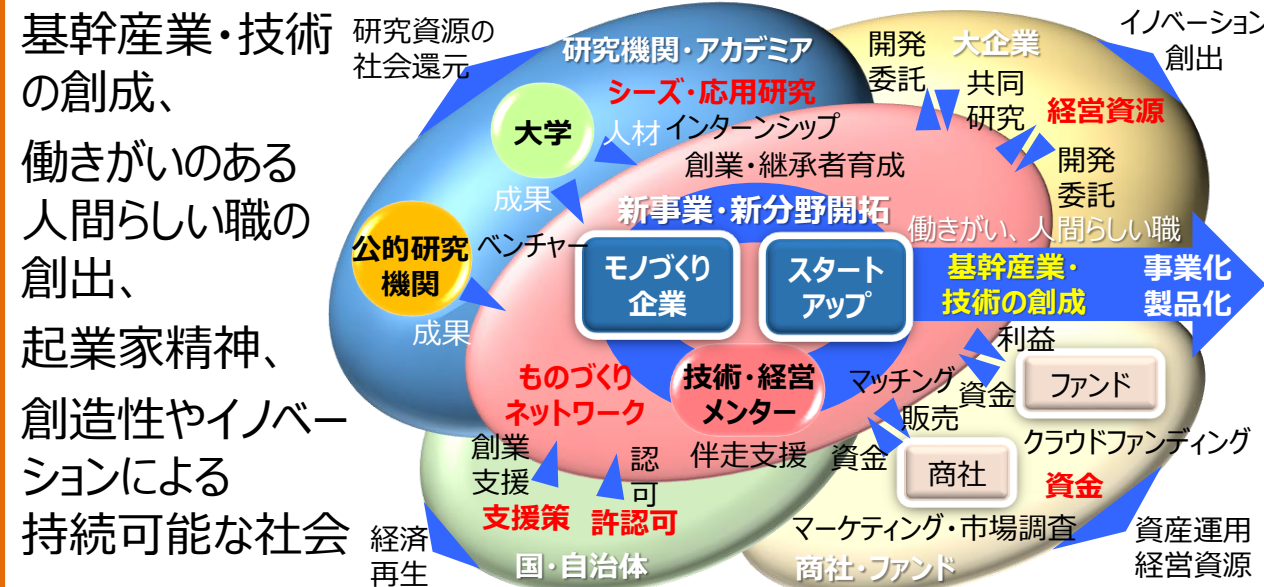
- 最小限の資源を生きるために本当に必要なものへと変化させることを基軸とし、物質循環を基本とした生産を行う基幹産業・技術の創成による持続可能な成長社会を目指す。

持続可能な生産・消費活動による経済成長の実現

- 再生可能資源の利用
- 多品種少量生産への対応
- 低環境負荷材料・モノづくりへの転換
- 非連続なイノベーションによる産業・技術創成



基幹産業・技術の創成による持続可能な社会



物質循環による持続可能な社会



- 最小限の資源を生きるために本
- 基本とした生産を行う基幹産業

持続可能な生産・消費活動による

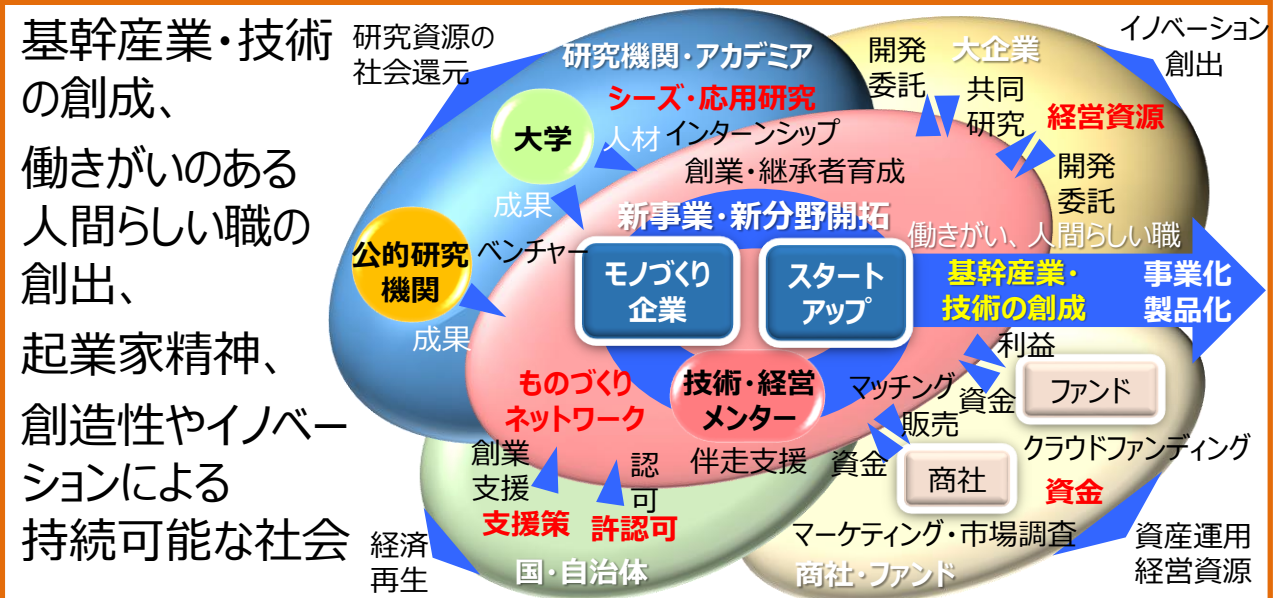
- 再生可能資源の利用
- 多品種少量生産への対応
- 低環境負荷材料・モノづくりへの
- 非連続なイノベーションによる産

GDP	経済的強さ・回復力
資本収入	生産性と競争
国際金融	多要素生産性
フロー	イノベーション
持続可能な消費・生産	
社会経済発展	グリーン
循環型経済	エコノミー
循環型社会	物質循環

ることを基軸とし、物質循環を
能な成長社会を目指す。



基幹産業・技術の創成による持続可能な社会



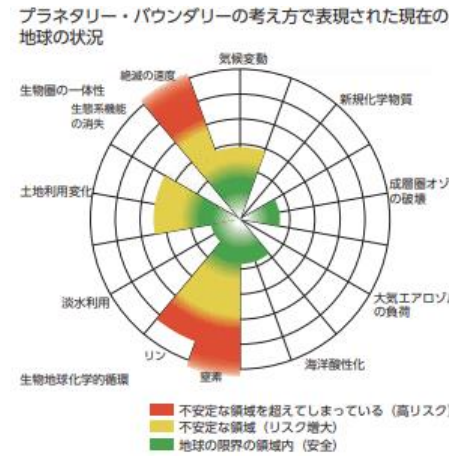
物質循環による持続可能な社会



- 石油等の有限資源から環境と調和性の高いエネルギー源へ転換し、人も自然の一部であるという世界観に立ち、自然との共生を実感できる暮らしを目指す。

地球環境の許容の範囲内で成長する 持続可能な社会への転換

- エネルギーの地産地消と強靱化
- 環境・経済・社会課題の統合的解決
- 物質循環および省資源化の両立による
健やかな自然環境の保全と創造



資料: Will Steffen et al. [Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet] より環境省作成

地球の限界(プラネタリーバウンダリー)

人間の活動が地球システムに及ぼす影響を客観的に評価する方法の一つ

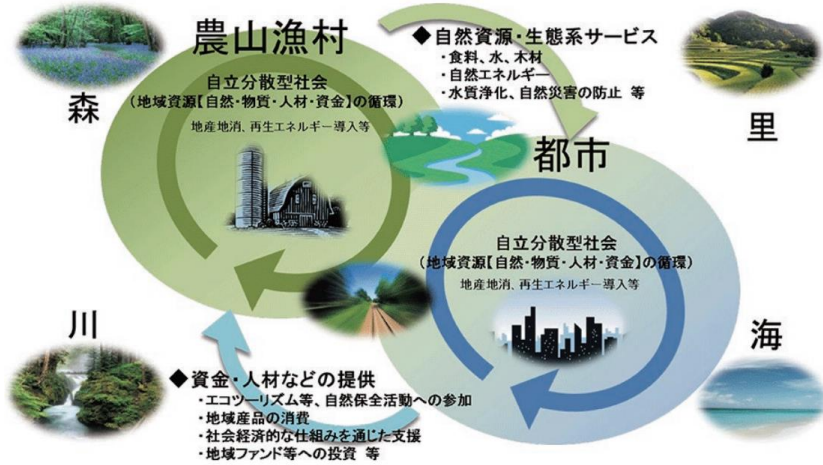
安定した地球で人類が安全に活動できる
範囲・限界

地球環境の回復力の限界を逸脱すると
不可逆的な変化になる

出典: 環境・循環型社会・生物多様性白書(環境省、2017)

持続可能で自然にやさしい社会

資源や環境容量の
制約等、地球の
許容の範囲内で
社会経済の発展を
目指す、持続可能で
自然にやさしい社会



出典: 環境・循環型社会・生物多様性白書(環境省、2019)

環境と調和した持続可能なエネルギー社会

社会経済の発展に向けた取り組みと自然共生社会に向けた取り組みを軸とする環境と調和した持続可能なエネルギー社会



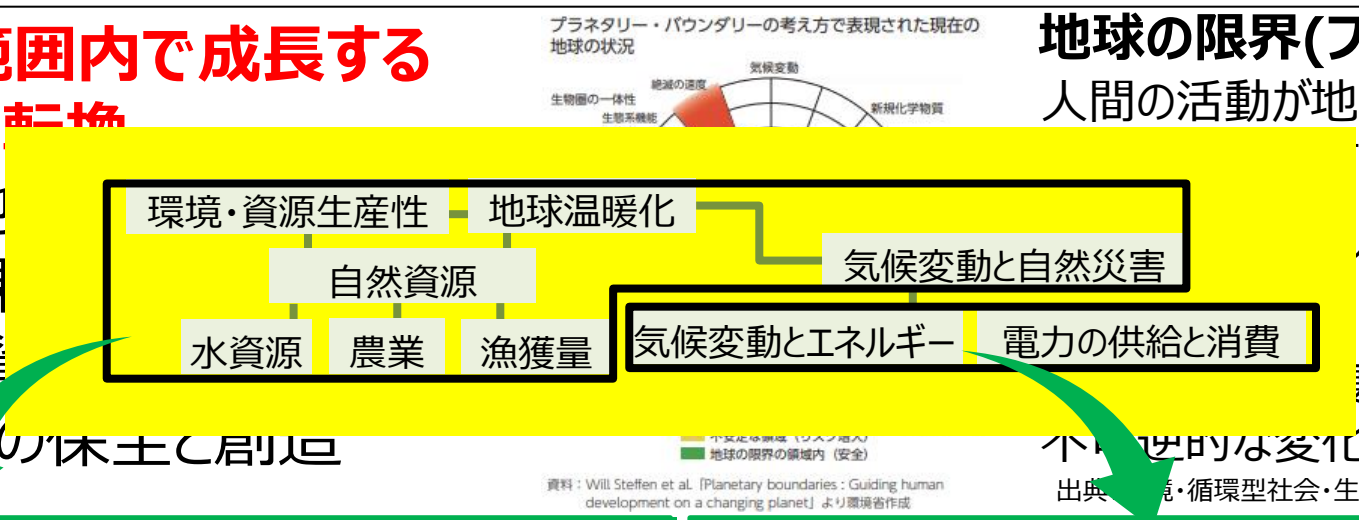
出典: NEDO TSC Foresight Vol.19(NEDO、2017)

■石油等の有限資源から環境と調和性の高いエネルギー源へ転換し、人も自然の一部であるという世界観に立ち、自然との共生を実感できる暮らしを目指す。

地球環境の許容の範囲内で成長する

持続可能な社会への

- エネルギーの地産地消
- 環境・経済・社会調和
- 物質循環および省資源



地球の限界(プラネタリーバウンダリー)

人間の活動が地球システムに及ぼす影響を

する方法の一つ

人類が安全に活動できる

電力の限界を逸脱すると

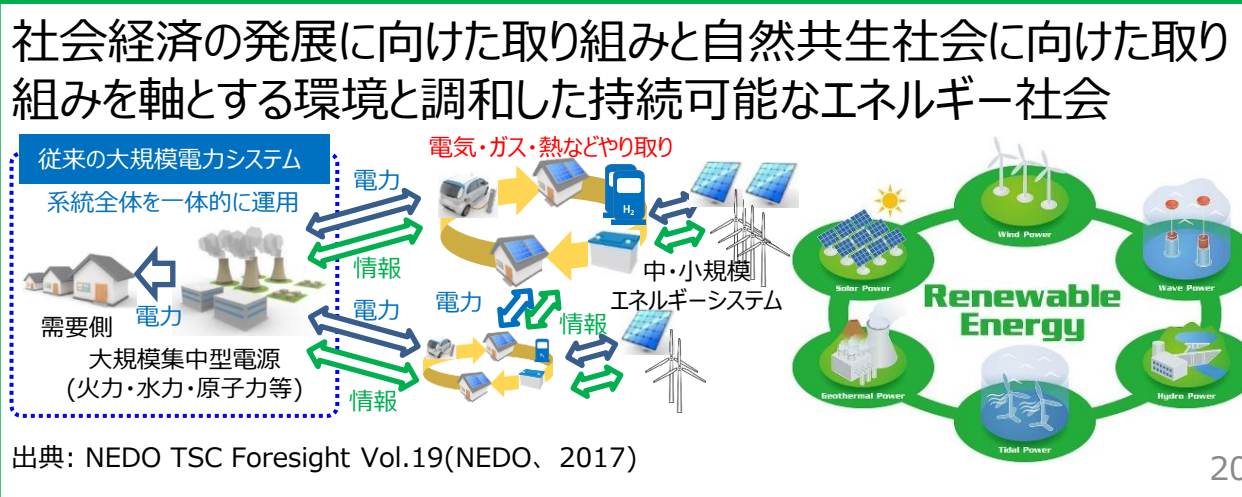
不可逆的な変化になる

出典：環境・循環型社会・生物多様性白書(環境省、2017)

持続可能で自然にやさしい社会



環境と調和した持続可能なエネルギー社会



- 洪水や大気汚染等、都市が抱える課題を解決する方法として、生態系を利用した自然に寄り添う考え方により、快適な都市の建設や強靱性の高い社会基盤の構築を目指す。

強靱性の高いインフラの再構築が喫緊の課題

- 自然と人間との「共生」や地域間の「共生」の実現
- 主にハード面での都市開発やインフラ構築による強靱な持続可能都市の実現
- すべての人が互いに支えあい、安心して心豊かに暮らせる地域社会の実現



自然豊かな地域社会

環境都市

ドイツ:フライブルク

快適で活力に満ちた社会

人と自然との関係を再構築し、自然と人が寄り添って災害に対応することが可能な快適で活力に満ちた社会



出典: 地域循環圏形成推進ガイドライン(環境省)

強くてしなやかな社会

安全で豊かな生活を営むための、ライフサイクルが長く、維持可能な強靱性の高い社会基盤が充実している強くてしなやかな社会



- 洪水や大気汚染等、都市が抱える課題を解決する方法として、生態系を利用した自然に寄り添う考え方により、快適な都市の建設や強靱性の高い社会基盤の構築を目指す。

強靱性の高いインフラの再構築が喫緊の課題

- 自然と人間との「共生」や地域間の「共生」の実現
- 主にハード面での都市開発
- 強靱な持続可能都市の実現
- すべての人が互いに支え合える地域社会の実現

災害・疫病対策 地方と都市の課題 活気ある地域社会

持続可能な運輸
インフラ再構築

安全を感じる

自然豊かな地域社会

環境都市 ドイツ:フライブルク

快適で活力に満ちた社会

人と自然との関係を再構築し、自然と人が寄り添って災害に対応することが可能な快適で活力に満ちた社会



出典: 地域循環圏形成推進ガイドライン(環境省)

強くてしなやかな社会

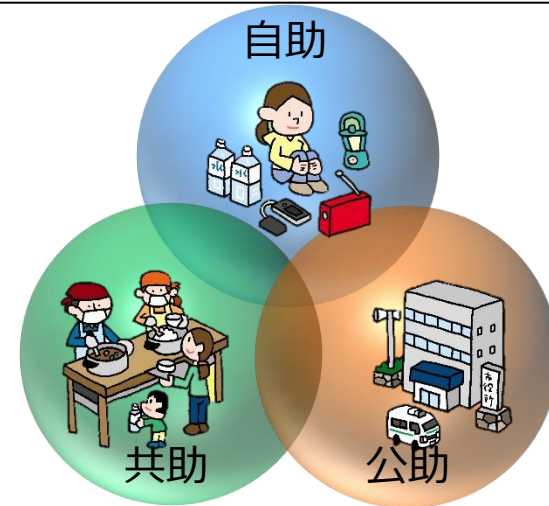
安全で豊かな生活を営むための、ライフサイクルが長く、維持可能な強靱性の高い社会基盤が充実している強くてしなやかな社会



- 行動範囲の制約や誰でも自由に活動できる社会基盤や透明性・信頼性の高いガバナンスにより、全員が生活に不安を感じることなく、安全に参加できる社会の形成を目指す。

持続的成長を支える国家基盤の構築

- 公助・自助・共助が互いに連携し、災害、治安、防衛等、国の安全を脅かすあらゆる事態に対処する
- ソフト面による都市や地域の課題を解決
- セキュリティ向上や行政サービスの透明性の確保と信頼性の醸成



誰もが自由に安全に活動ができる社会

すべての国民が公平かつ安心して自由に行動・活動できる社会



透明性・信頼性の高い社会

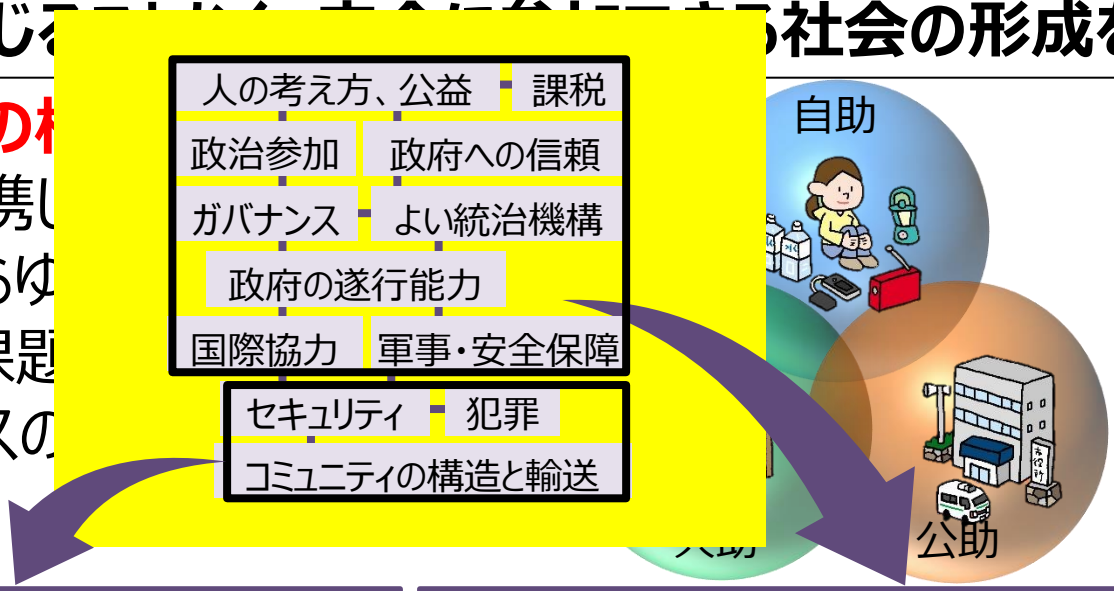
行政、企業、国民が、それぞれ透明性・信頼性の高いガバナンスを発揮することによる、透明性・信頼性の高い社会



■ 行動範囲の制約や誰でも自由に活動できる社会基盤や透明性・信頼性の高いガバナンスにより、全員が生活に不安を感じない社会の形成を目指す。

持続的成長を支える国家基盤の構築

- 公助・自助・共助が互いに連携し、国土の安全を脅かすあらゆる脅威への対応能力を高める
- ソフト面による都市や地域の課題の解決
- セキュリティ向上や行政サービスの確保と信頼性の醸成



誰もが自由に安全に活動ができる社会

すべての国民が公平かつ安心して自由に行動・活動できる社会



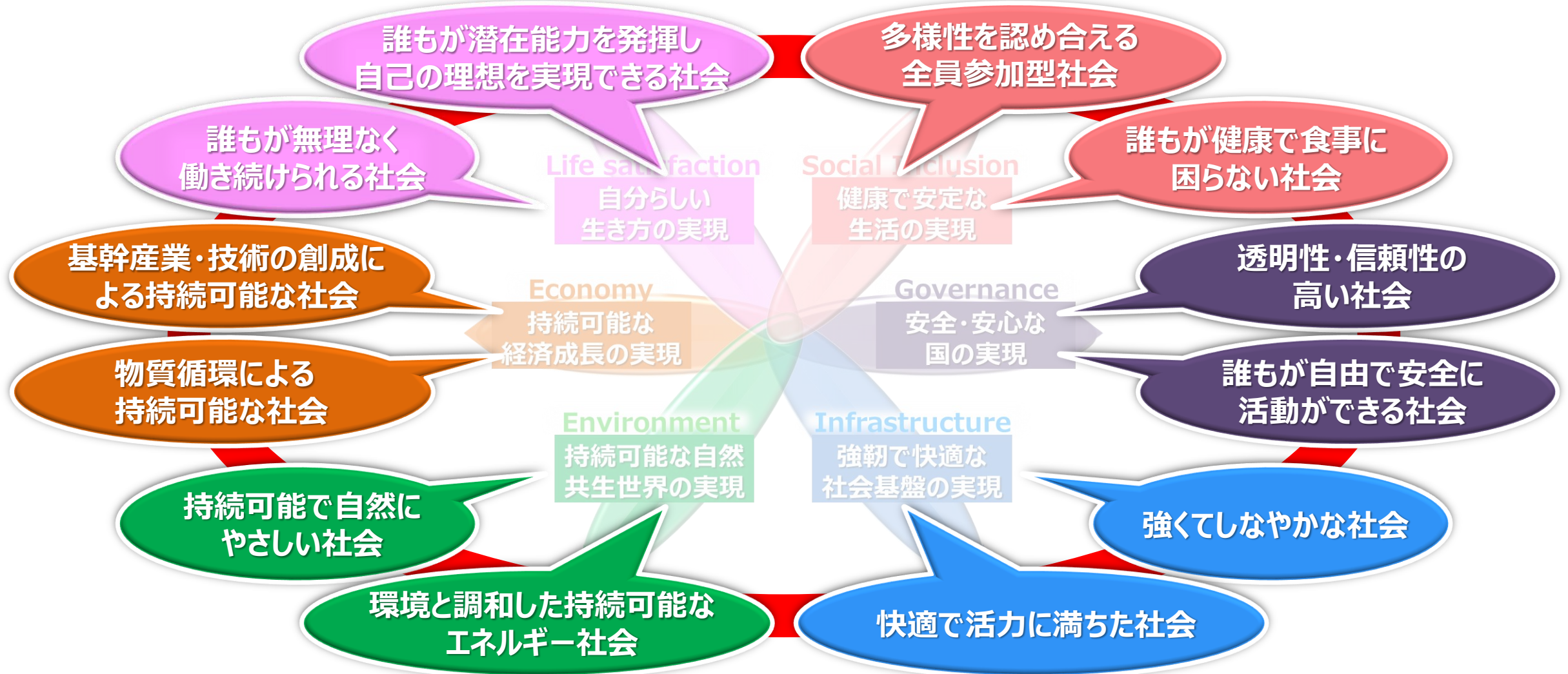
透明性・信頼性の高い社会

行政、企業、国民が、それぞれ透明性・信頼性の高いガバナンスを発揮することによる、透明性・信頼性の高い社会



未来をより豊かにするために「実現すべき12の社会像」

- キーワード群から導出された「実現すべき12の社会像」と「大切にすべき6つの価値軸」の関係は下図のとおり。豊かな未来の実現には、6つの価値軸を意識しつつ、12の社会像を実現するイノベーションを実施することが重要。

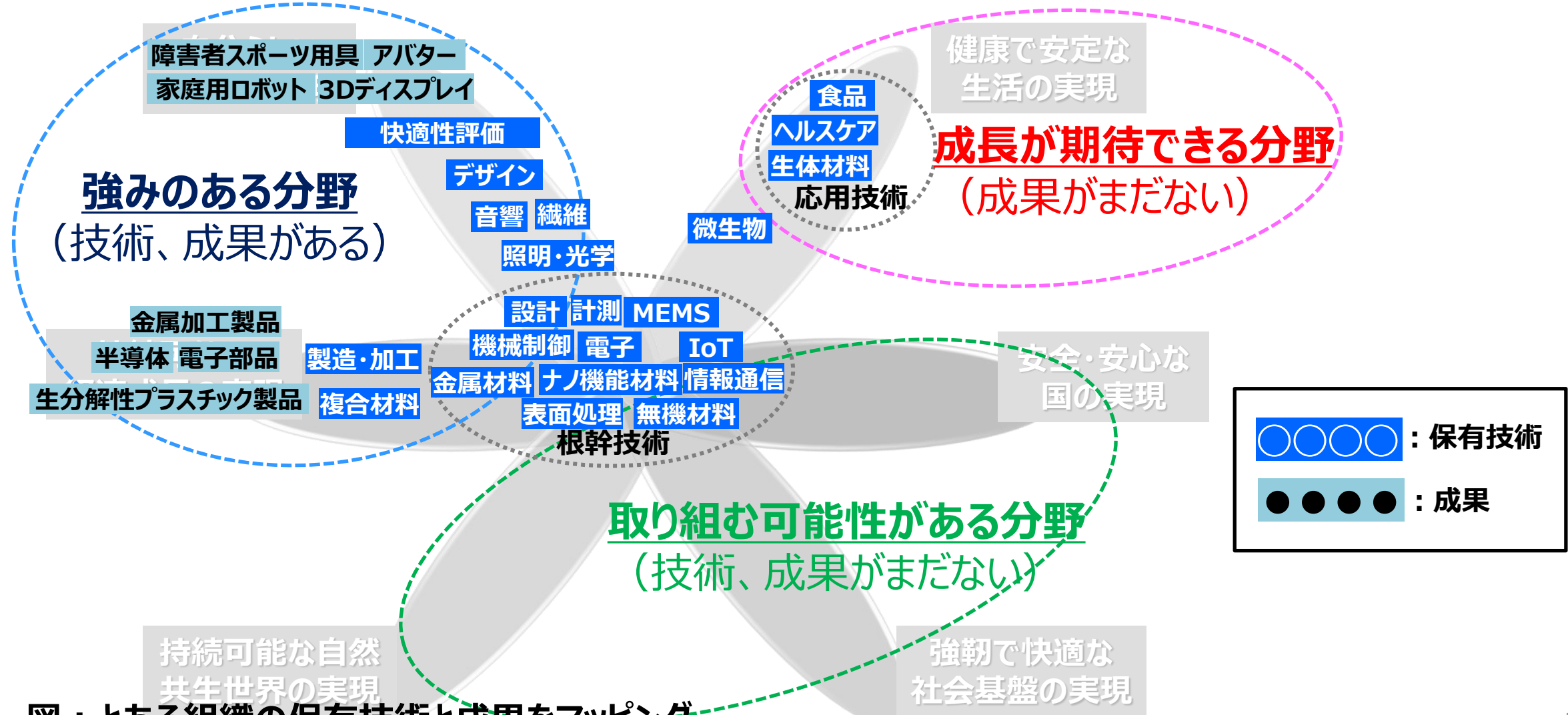


図：実現すべき12の社会像

活用例

価値軸の活用例：イノベーション活動の全体像の把握

- 6つの価値軸上に、組織(企業、研究所、大学等)が保有している技術や開発している製品等をマッピングすることにより、現在の取り組みの全体像を把握し、取り組みを強化すべき点の洗い出し等に活用。



図：とある組織の保有技術と成果をマッピング

社会像の活用例：組織における取り組みの可視化(日本政府)

- 12の社会像上に、取り組んでいるイノベーション活動をマッピングすることにより、現在の取り組みの全体像を把握し、今後のプロジェクトの方向性や相互連携の構築に活用。

誰もが潜在能力を発揮し自己の理想を実現できる社会

AI戦略、宇宙基本計画：スポーツ産業の未来開拓、文化芸術資源を活用した経済活性化、宇宙科学・探査の推進、基幹ロケット・宇宙輸送システム開発・高度化、衛星開発・実証、人が身体、脳、空間、時間の制約から解放された社会を実現、AIとロボットの共進化により自ら学習・行動し人と共生するロボットを実現(ムーンショット型研究開発)

誰もが無理なく働き続けられる社会

働き方改革：新しい働き方・暮らし方の定着、デジタル格差対策の推進、AIとロボットの共進化により自ら学習・行動し人と共生するロボットを実現(ムーンショット型研究開発)

自分らしい生き方の実現

基幹産業・技術の創成による持続可能な社会

産業技術ビジョン、マテリアル革新力強化戦略、サプライチェーン強靱化・サプライネットの構築、イノベーション・エコシステムの創出(次世代コンピューター、マテリアル)、研究開発型スタートアップ、イノベーションの担い手や新産業を創出および生産性の向上、DXの取組深化、未来の産業創造と社会変革に向けた新たな価値創出の取組、科学技術イノベーションの推進、オープン・イノベーションの促進

物質循環による持続可能な社会

持続可能な経済成長の実現

強靱で持続可能な社会・経済構造の構築、バイオ戦略：循環性の高いビジネスモデルへの転換、レジリエントな循環システムの早期構築、プラスチック資源循環戦略、持続的で再生可能性のある循環型の経済社会(バイオエコノミー)の実現

持続可能で自然にやさしい社会

持続可能な自然共生社会の実現

完全資源・物質循環による地球環境再生計画：木質バイオマスの利用、スマート水産、新たな里地里山里海の創造、地球環境再生に向けた持続可能な資源循環を実現(ムーンショット型研究開発)

環境と調和した持続可能なエネルギー社会

環境エネルギー、グリーン成長戦略：持続可能な電力システム構築、再生可能エネルギーの主力電源化、エネルギーレジリエンス強化、地球温暖化対策の推進、再生可能エネルギー等の利活用の推進、農地や森林、海洋によるCO₂吸収、農畜産業からのメタン・N₂O排出削減、再エネの活用&スマート農林水産業、脱炭素型の持続可能な地域づくり、気候変動×社会変革持続的な成長と地域社会の自律的な発展(エネルギー、資源)

誰もが健康で食事に困らない社会

健康・医療戦略、食料・農林水産業：みどりの食料システム戦略、スマート農業、農業・食料関連産業でのデジタル変革、フードテック、データヘルス改革、健康寿命延伸プラン、医療分野研究開発推進計画(再生・ゲノム医療、感染症)、超早期に疾患の予測・予防、持続的な食料供給産業の創出、主要な疾患を予防・克服し100歳まで健康不安なく人生を楽しむためのサステイナブルな医療・介護システムを実現(ムーンショット型研究開発)

健康で安定な生活の実現

多様性を認め合える全員参加型社会

価値創造の源泉となる研究力の強化：大学改革等によるイノベーション・エコシステムの創出、GIGAスクール構想

誰もが自由で安全に活動ができる社会

モビリティ：先進安全自動車の推進、自動運転の実現、ドローンの活用と安全性の確保、空の移動革命、MaaSの取組み、コンパクトシティと連携した公共交通ネットワークの形成、高度道路交通システム

安全・安心な国の実現

透明性・信頼性の高い社会

量子技術イノベーション戦略：Society 5.0を支える通信・データ基盤インフラの整備、デジタルガバメント、デジタル市場(決済インフラ、キャッシュレス等)への対応、デジタル化の進展に合わせたサイバーセキュリティの確保、5Gがもたらす社会全体のデジタル化、誤り耐性型汎用量子コンピューターの実現(ムーンショット型研究開発)

強靱で快適な社会基盤の実現

快適で活力に満ちた社会

安全・安心：地域のインフラ維持、スーパーシティ構想の早期実現、自立分散型地域経済の構築、消防防災力・地域防災力の充実、災害時の情報伝達手段の確保、国際的に脅威とされる感染症対策、グリーンインフラの推進、スマートシティの推進、気象現象の監視・予測、地域特性を活かしたまちづくり・基盤整備、地球環境の観測・監視、ICTの利活用による水管理・水防災

強くてしなやかな社会

インフラ分野の生産性向上、防災・交通・物流・都市の課題解決：Beyond 5Gをはじめとした先端技術への戦略的投資、持続可能な社会基盤の確保、i-Constructionの推進、持続可能なインフラメンテナンスの実現、インフラ整備への技術の活用、地理空間情報(国土交通プラットフォーム)を高度に活用する社会の実現、社会重要インフラ等における国土強靱化の推進

社会像の活用例：組織における取り組みの可視化(NEDO)

■ 12の社会像上に、取り組んでいるイノベーション活動をマッピングすることにより、全体像を把握し、今後のプロジェクトの方向性や相互連携の構築に活用。

誰もが潜在能力を発揮し自己の理想を実現できる社会

- ・ビッグデータ・AIを活用したサイバー空間基盤技術(SIP)、・フィジカル空間デジタルデータ処理基盤(SIP)、
- ・人工知能活用による革新的リモート技術開発

誰もが無理なく働き続けられる社会

- ・革新的ロボット研究開発基盤構築事業、
- ・人と共に進化する次世代人工知能に関する技術開発事業

基幹産業・技術の創成による持続可能な社会

- ・革新的ロボット研究開発基盤構築事業、・積層造形部品開発の効率化のための基盤技術開発事業、・高輝度・高効率次世代レーザー技術開発、・Connected Industries推進のための協調領域データ共有・AIシステム開発促進事業、・革新的新構造材料等研究開発、・超先端材料超高速開発基盤技術プロジェクト、・次世代複合材創製・成形技術開発プロジェクト、・次世代人工知能・ロボットの中核となるインテグレート技術開発、・5G等の活用による製造業のダイナミック・ケイパビリティ強化に向けた研究開発事業

物質循環による持続可能な社会

- ・革新的プラスチック資源循環プロセス技術開発、・革新型蓄電池実用化促進基盤技術開発、・カーボンサイクル実現を加速するバイオ由来製品生産技術の開発、・二酸化炭素原料化基幹化学品製造プロセス技術開発、・植物等の生物を用いた高機能品生産技術の開発、・機能性化学品の連続精密生産プロセス技術の開発

持続可能で自然にやさしい社会

- ・環境調和型プロセス技術の開発、・バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業、・CCUS研究開発・実証関連事業、・高効率な資源循環システムを構築するためのリサイクル技術の研究開発事業、・次世代冷媒・冷凍空調技術及び評価手法の開発、・炭素循環社会に貢献するセルロースナノファイバー関連技術開発、・地球環境再生に向けた持続可能な資源循環を実現(ムーンショット)

環境と調和した持続可能なエネルギー社会

- ・太陽光発電主力電源化推進技術開発、・風力発電等技術研究開発、・海洋エネルギー発電実証等研究開発、・バイオジェット燃料生産技術開発事業、・未利用熱エネルギーの革新的活用技術研究開発、・超臨界地熱発電技術研究開発、・水素社会構築技術開発事業、・超高压水素インフラ本格普及技術研究開発事業、・ゼロカーボン・スチールの実現に向けた技術開発、・再生可能エネルギーの大量導入に向けた次世代電力ネットワーク安定化技術開発、・省エネエレクトロニクスの製造基盤強化に向けた技術開発事業、・航空機用先進システム実用化プロジェクト

誰もが健康で食事に困らない社会

- ・課題解決型福祉用具実用化開発支援事業、・人工知能技術適用によるスマート社会の実現、
- ・IoT社会実現のための革新的センシング技術開発

健康で安定な生活の実現

多様性を認め合える全員参加型社会

誰もが自由で安全に活動ができる社会

- ・自動運転(システムとサービスの拡張) (SIP)、・航空機用先進システム実用化プロジェクト、
- ・人工知能技術適用によるスマート社会の実現、・ロボット・ドローンが活躍する省エネルギー社会の実現プロジェクト、
- ・規制の精緻化に向けたデジタル技術の開発

安全・安心な国の実現

透明性・信頼性の高い社会

- ・規制の精緻化に向けたデジタル技術の開発、
- ・IoT社会に対応したサイバー・フィジカル・セキュリティ(SIP)、
- ・フィジカル空間デジタルデータ処理基盤(SIP)

強靱で快適な社会基盤の実現

快適で活力に満ちた社会

- ・安全安心なドローン基盤技術開発
- ・IoT社会実現のための革新的センシング技術開発、
- ・Connected Industries推進のための協調領域データ共有・AIシステム開発促進事業

強くてしなやかな社会

- ・高効率・高速処理を可能とするAIチップ・次世代コンピュータの技術開発、・AIチップ開発加速のためのイノベーション推進事業、・ロボット・ドローンが活躍する省エネルギー社会の実現プロジェクト、・自動走行ロボットを活用した新たな配送サービス実現に向けた技術開発事業、・ポスト5G情報通信システム基盤強化研究開発事業、・IoT社会実現のための革新的センシング技術開発、・超低消費電力型光エレクトロニクス実装システム技術開発、・規制の精緻化に向けたデジタル技術の開発

図：社会像にマッピングした組織で取り組んでいるイノベーション活動(NEDOで最近の取組みを例示)

コロナ禍後の社会変化と 期待されるイノベーション像

2020年6月24日

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

コロナ禍がもたらした現状と社会変化

- 新型コロナウイルスの感染拡大に伴い、人々が都市封鎖、在宅勤務・学習を経験
新しいコミュニケーションやコラボレーションのツールやシステムが進展
- 当たり前だと思われてきた常識が激変(通勤、出張・転勤、ハンコ、名刺、現金)
- 新しい生活様式や従来にないビジネス、これまで気づかなかった新しい価値観の登場

コロナ禍を契機とした社会変化がどうなるのか、その社会に期待されるイノベーション像とは何かを予測し、日本産業再生のきっかけとする

1. 今何が起こっているのか

国内外で起きている経済社会の変化や人々の生活に起きた変化

2. コロナ禍後の社会はどうなるか

各現場に期待される社会変化

3. コロナ禍後の社会に期待されるイノベーション像

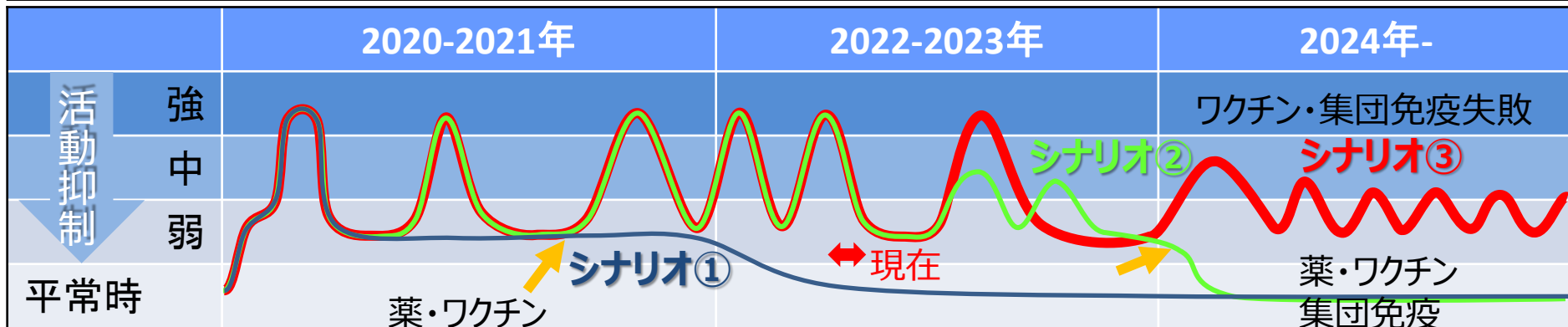
コロナ禍が気づかせてくれたニーズをもとにしたイノベーション

※本資料は、NEDOの取り組みに限定されることなく、日本全体で取り組むことが期待されるイノベーション像を描くことを目的としている。

今後想定されるシナリオ

■ 経済見通しの前提となる3つのシナリオ

各種資料^{1,2}を参考にNEDO技術戦略研究センター作成



	コロナ感染症への対応	社会への影響
シナリオ①	・新たな集団感染事例が減少 ・1-2年後にワクチン開発(想定では2021年冬) ・薬での回復が可能(初期投与で改善) ⇒コロナ禍以前と同様の経済活動、海外渡航制限解除	仕事・学校への影響は限定的 DX進行は従来より早まる 経済のV字回復も期待 社会変化は避けられない
シナリオ②	・集団感染事例が発生(2-3年程度) ・薬、ワクチンの開発or集団免疫の獲得(2-3年後) ・経済活動の抑制を断続的に継続 ⇒コロナ禍以前の経済活動再開5年後、グローバル化後退	仕事・学校への影響大 DXの進行速度早まる 経済の低迷、世界恐慌 社会変化は急激に起こる
シナリオ③	・集団感染事例が継続 ・ウイルスが強毒化、HIV、ヘルペスウイルスのように体内に残存 = 薬、ワクチン開発、集団免疫獲得に失敗 ⇒ニューノーマルの定着、新しい経済活動方針策定	仕事・学校:オンライン化 DXの導入:幅広い分野で進行 経済低迷、政治体制変容 社会変化は急激に起こり継続する

⇒ 本資料は、これらシナリオのいずれにも共通して、コロナ禍を経験した人類が、将来に期待する社会像と、その際に必要とされるイノベーション像を描き出すことを目的とする。(コロナレポート)³⁰

国内外識者(120名)による社会変化予測

分類	キーワード	
社会像	デジタル資本主義／進歩資本主義／ステークホルダー資本主義／頭脳資本主義／非接触経済社会	
潮流	デジタルシフト	・コロナ禍による流れは <u>不可逆的、加速</u>
	グローバリゼーション	・ <u>後退という見方</u> と、企業レベルではリスクヘッジのためますます <u>分散を図るという見方</u>
	政府の在り方	・危機下で <u>国家の役割が拡大</u> したが、 <u>収束後も維持</u> (ベーシックインカム導入も)
	政治体制	・民主制かIT全体主義か
	世界秩序	・現状、無極化だが、 <u>米国</u> と超大国として頭角を現し始めた <u>中国との対立激化</u> も
	国際情勢	・大恐慌後で <u>第2次大戦前の1930年代に類似</u>
社会の仕組み／産業構造	リモート化 オンライン化	・あらゆる <u>コミュニケーションがオンライン化</u> (テレワーク、オンライン授業、遠隔診療、商談、娯楽など)。 人に会うのは本当に必要な一部分 ・直接会った時の「 <u>ライブ感覚</u> 」の価値向上
	分散化	・ <u>居住と就業先が地理的に分散</u> 。地方に広い家を持つ、一定期間を地方で働くなど
	産業構造	・ <u>飲食業や観光業は産業規模としてかなり縮小</u> ・オンラインによる <u>新ビジネスが次々登場</u> ・リモート化、分散化など <u>新しいライフスタイルに伴う需要</u> ・3密対策を盛り込むなどこれまでにない市場セグメントが登場
	技術開発	・人間の行動変化が技術革新をリード(<u>人間中心</u>)。 <u>倫理観</u> がより重要に
	企業行動	・利益追求だけではなく、 <u>自然と共存する考え方</u> に。長期目線の経営に
	雇用	・AI活用加速により余剰労働力が増大。逆に言えば、 <u>労働から解放された社会へ</u>
	個人間の関係	・ <u>共助、利他性、互酬性</u> などが組み込まれた社会に
	監視社会	・ITにより、 <u>人間の感情までリアルタイムで監視</u> することも可能に(バイオ監視社会)

(注) 2020年3月28日から5月11日に刊行された主要メディア(朝日新聞、産経新聞、日本経済新聞、毎日新聞、読売新聞、週刊エコノミスト、週刊ダイヤモンド、週刊東洋経済、日経ビジネス、文藝春秋)から識者の見解(インタビュー、寄稿等)を抽出し、重要キーワードを整理したもの。

コロナ禍後の社会変化と具体事例

(コロナレポート)



Technology Strategy Center

社会の変化

各国の経済・社会運営の脆弱性露呈
需要、供給、金融のトリプルショック

価値観の変化、体制の破壊・淘汰
普遍的価値の精査・新しい価値の創造

新しい社会像、社会的価値観

変化

1. デジタルシフト
2. 政治体制や国際情勢変化
3. 産業構造、企業行動の変化
4. 集中型から分散型への変化
5. 人々の行動変化
6. 環境問題への意識の変化

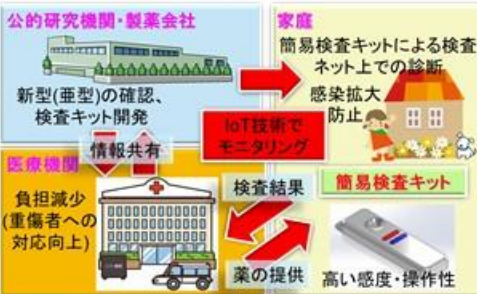


社会構造: 集中型から分散・ネットワーク型へ

具体事例

医療・感染予防

オンライン診療(IT・AI、センシング技術)



【早期診断が可能】
【パンデミック抑制】

医療・健康
ビッグデータ
プラットフォーム
・健康リスク制御
・スマート病院
・病気の予防

行政

政府: 国が雇用拡大、医療物資生産・調達を主導、重要産業へ資本注入

自治体: 知事権限の拡大・強化の要求
IT化への対応、柔軟な政策の実現

テレワークシフト(職住一体・職住近接・多拠点生活)に対応した行政運営

リモート化 オンライン化

教育・家庭

教育格差改善: オンライン授業
仕事 = 自宅 ⇒ 家族の価値観変化
要求人材変化 ⇒ 教育の多様化

GIGAスクール構想
の早期実現

仕事・産業

先端技術(AI、IT、ロボット) = 業務効率化
競争力人材確保、サプライチェーン変化
中小企業の集積・スマート化



都市の変化

人々は(都心の)職場中心から
自宅・近所・地域中心に回帰

デジタル対応都市の出現に期待
デジタル技術を中心とする情報ネット
ワーク空間に対応した社会

都市活動全体のデジタル化・最適化
自動運転、AI、IT、ロボット技術
に対応した都市の計画・建設
医療資源集約、エネルギーの効率化



1. デジタルシフト

- **AI**、位置情報システムを用いた感染リスク通知システム
- **テレワーク**、定常作業の**自動化**が推進⇒業務の推進に欠かせない人材の明確化¹
- **ロボティクス**、**物流の無人化**、**キャッシュレス**など非接触に対応した技術が活性化
- クラウド化の促進により、特定企業(AWS等)がビックデータを握る情報の集約化が促進^{2, 3}

<デジタル化の強みとは>

- デジタル化により、最も生産性の高いモデルを水平展開できる = オープン化により全体最適化
EUのビジネスモデルに合致: 先に国際的な技術の標準化を進め全体最適化⇒Industry 4.0

<デジタル化の進展による未来像(マイケル・ウェイド)⁴>

IoTによって、コミュニケーション、エネルギー、輸送の「インテリジェント・インフラ」が形成され、
効率性・生産性が極限まで高まる⇒モノ・サービスの無料化、企業利益消失、資本主義の衰退

<デジタル化できないもの(アナログ)の価値が向上>

- デジタル化の弱点: デジタル化により数値モデルに変換されると、模倣されやすく優位性を失う
- 体験・共感価値、人の感性がモノの価値を決定: 本物の価値が向上 芸術、音楽、美術
- 失敗の価値: 失敗から生まれたノーベル賞 田中耕一、白川秀樹、江崎玲於奈
- 人が直接手で作ったことに価値(ブランド価値): 伝統工芸、高級時計、ブランド品

<究極のクローズド戦略: 誰も真似することができない技術・感性・ノウハウ>

- 単にまねただけでは性能を発揮することが困難なモノ = コア技術(アナログ)
バイオリン: デジタル技術によりストラディバリの形状再現は可能だが音の再現はできていない
カメラのレンズ: 「高解像」と「美しいぼけ」両立(官能評価) = デジタルとアナログの高度な融合

2. 政治体制や国際情勢変化

<政治体制の変化>

■ 政府の在り方、政治体制

国家・政府が景気回復のための財政政策や失業者を雇用する国家主導型の経済政策¹
(大恐慌後で第2次大戦前の1930年代に類似)

■ 政治体制

民主主義の危機² 中国IT全体主義が拡大するのか？

中国IT全体主義 = 少数だけが生きづらく大多数苦痛のない社会(少数民族弾圧の歴史)

ITを駆使した全体主義体制³(IT企業統制管理、個人活動の監視)

⇒デジタル監視社会

中国:個人情報を提供し、その代価として便利なサービスを使うという仕組み

各国:プライバシーとデータ活用のバランスを模索

<国際情勢変化>

■ 世界秩序の変化

①米中関係悪化:アメリカの弱体化

グローバル化から国家と政府の復権

民主制とIT全体主義のどちらに軍配が上がるのか¹

②欧州連合(EU)の弱体化:

EUの理念である『自由な移動』に反して域内の国境を封鎖

連合体ではなく国民国家こそが危機対応に有効であることを認識

3. 産業構造の変化

＜テレワーク、オンライン授業の継続を踏まえた通信インフラ整備＞

- 通信強化(クラウド化、情報保護、高速化・低遅延化、同時多数接続)、インフラ整備が急務

＜持続可能社会の実現¹＞

- CO₂の排出を抑制した社会システムの構築

移動の変化:海外渡航＝最小限、在宅勤務の一般化による通勤の減少

- 大量生産大量消費からの脱却

リサイクルが可能な材料や製品に期待

＜自給型サプライチェーンの構築＞

- 「新型コロナウイルス感染症緊急経済対策」

強固なサプライチェーンの構築、国内回帰に期待

マスクや医療器具不足＝中国からの輸入が停止

PC、通信機器 中国部品が多く、対応に苦慮²

国内消費分＝国内生産 中国消費分＝中国生産

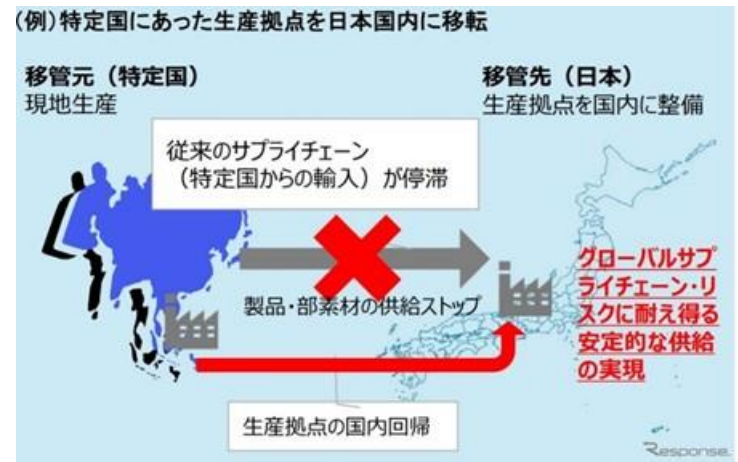
⇒中国市場から撤退する必要もなくなる

＜中小企業の苦境が続く＞

- アフターコロナ後も、人々の消費動向が変化すると予想³

本当に人々が必要とするモノしか売れない、外出規制から輸送機器(自動車、航空機)が不振
自動車メーカーの下請けを中心に中小企業の倒産が相次ぐ可能性も 飲食関連も大打撃

- スタートアップ企業との共創により新たなビジネスが生まれる可能性も



4. 集中型から分散型への変化

「集まる自由」を奪ったことで、回復後にも人々の意識や社会のあり方に強い影響が残る¹
「人が集まること」に何が起きているか？ どう損なわれ、どう代替できるのか？

■ 都市一極集中型から分散・ネットワーク型へ

20世紀型(集中型)のオフィスや工場、都市から 新しい都市(デジタル、ボーダレス)への転換か²

<分散ネットワーク型の利点>

■ コロナ禍の影響が大きい＝ニューヨーク、ロンドン、パリ、東京など数百万規模の大都市圏³
ドイツの死者数が少ない理由:分散型も一因か？ 全体的に中小規模の都市・町村が多い

■ 分散型システムの意味³

(1)働き方:職場－家庭「分散型システム」 リモート・テレワークにより、自由で弾力的な働き方
仕事と家庭・子育て・介護の両立しやすい社会

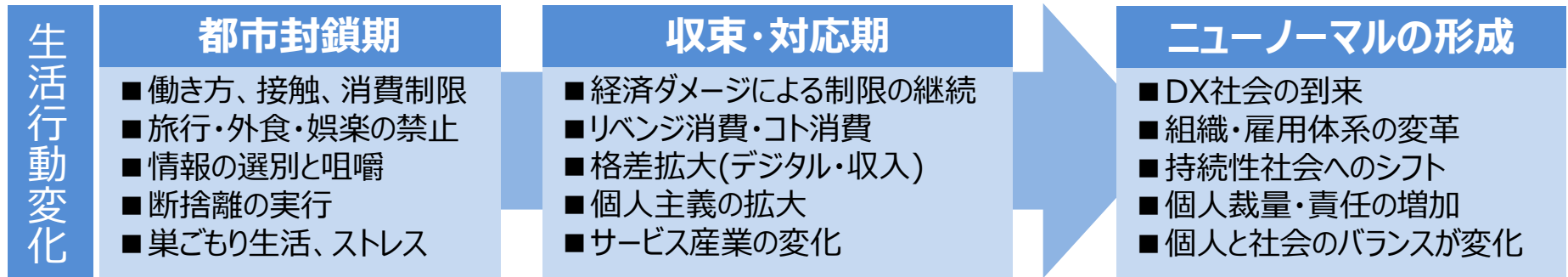
(2)住居:都市－地方「分散型システム」 地方にいても大都市圏と協働、連携が実現
オフィスや仕事場の地域配置が分散的

■ AIシミュレーション結果:都市集中型よりも地方分散型の方が幸福度が高い(2050年の兵庫)⁴



これまで仕事のために都心の
オフィスに出勤していたものが、
オンライン上で有機的につな
がることで分散化が実現

5. 人々の行動変化



<デジタル技術の普及による新しい価値観、生き方の模索>

- **リアルとバーチャルの融合** 5G、VR、AI、IoTなどを融合 = **場の共有・臨場感**
オンラインイベント：スポーツ、コンサート、ライブの代替
- サービス業の在り方が変化⇒オフィス街のレストラン・居酒屋、宅配、福祉の変化
- 新しい仕事の区分け¹ リモートワーカー = 裁量制・成果主義 マスクの海洋汚染
エッセンシャルワーカー = 出勤手当、同一労働同一賃金

<個人間の関係が重要>

- 世界中でコロナ鬱が急増²
在宅勤務がもたらす精神的な影響：仕事とプライベートの境目が曖昧、ストレスの増加
在宅勤務の課題 = 「孤独」「**コミュニケーションとコラボレーション**」
エッセンシャルワーカーの身体的・精神的な負担：感染リスク、クレーム対応、差別
社会の重要な担い手への理解や配慮が必要

6. 環境問題への意識の変化

＜コロナ禍による世界的な景気後退を受けた景気刺激策＞

- **アメリカ：ポストコロナの経済対策として「グリーンニューディール」に期待¹**
グリーンニューディールの課題は、対策に必要な莫大な資金をどこから出すか
⇒**公的資金としてグリーンエネルギーに投入**する＝コロナ禍の経済刺激策として有望
人々は科学者の話を聞かなかった場合の困難を学んだ(ジョン・ケリー元国務長官)
コロナ問題と地球温暖化問題には明確な共通点(アル・ゴア元米副大統領)
- **イギリス：CO₂排出量実質ゼロ(カーボンニュートラル)の実現**と気候変動の抑制に向けたアクションが英国経済と雇用の再建を後押し
- **ドイツ：各州のエネルギー相がコロナ禍後の景気対策の中に、エネルギー移行への投資を促すインセンティブを増やすことを要求**
- **フランス：大手92社 コロナ禍後の景気対策として環境と社会的公正を中心にと呼びかけ**
⇒欧州各国の動きは原油依存経済からの脱却と雇用・景気刺激策の両面

＜地球の未来や今後の社会、環境などについて問う世界規模のアンケート²(6/4～)＞

- 地球環境のために早急に禁止した方がいいのは？ ⇒プラスチック製梱包材
- 新型コロナウイルスの流行と環境問題は根っこでつながっている？ ⇒そう思う71%(日本60%)
- 今あなたが最も不安なことを3つあげるなら？ ⇒ 環境、教育、医療(日本:不況、環境、年金)
- ポストコロナ時代一番心配なのは？ ⇒誰も教訓を学ばないこと、失業、環境問題を忘れること

世界の人々はコロナ禍を契機に環境問題の重要性を再認識か

■ ニーズ・技術マップの分析結果から、必要となる技術が明確化

<共通キーワード>

■ リモート、オンライン、分散化、自動化、省人化 ⇒ **デジタルシフト**

<共通技術(イノベーション創出に必要な技術)>

■ **オンライン・コミュニケーション**:テレワーク、オンライン化(授業、診療、会議等)

■ **リアリティ**:バーチャル会議、オンラインイベント、自動化・省人化(スマート農業・工場等)

■ **信頼性・セキュリティ**:接触抑制技術全般、smart決済(スーパー等)、インフラ、交通

一部の識者・経営者
重要性認識



世界の誰もがその重要性を認識

学校の休校により、オンライン化を早期に経験した子供たちにとっては、これらの技術が当たり前のものとなっていくと予想される

**日本の強みを活かしながら、知力、技術力を結集し
新しいイノベーションを共創していくことが期待される**

コロナ禍による各産業分野の変化(コロナ禍前)

■ ヒトとモノへの関係度合、デジタル化の浸透・進展度合いに応じて産業分野を分類

注: 球の大きさは概算市場規模、名称は日本標準産業分類参照
デジタル化のキーワードを各象限に記載(例: デジタルモノづくり)

デジタル化

デジタル化の進行度合いは遅かった

③データ駆動型産業

①バーチャル空間でのサービス

デジタル
モノづくり

電気ガス
水道

情報
通信

オンライン決済

運輸
郵便

金融
保険

不動産

医療
衛生

行政

教育
全般

製造業

農林
水産業

鉱業

建築業

小売り
卸売り

宿泊・飲食
サービス

その他
サービス
(観光・遊泳)

介護

④モノの製造・生産(モノありき)

②リアル空間でのサービス

コロナ禍による各産業分野の変化(コロナ禍後)

■ コロナ禍を受け、全産業分野において少なからずデジタル化が浸透・進展する

注: 球の大きさは概算市場規模、名称は日本標準産業分類参照
デジタル化のキーワードを各象限に記載(例: デジタルモノづくり)

様々な分野で急激にデジタル化が進展

デジタル化

① バーチャル空間でのサービス

デジタル通貨
オンライン決済
リモート・オンライン

③ データ駆動型産業

データ駆動型
サービス化
スマート工場
デジタルツイン

自動運転・ドローン

運輸郵便

金融保険

行政

オンライン化

医療衛生

教育全般

バーチャル化

小売り
卸売り

不動産

その他
サービス
(観光・遊泳)

宿泊・飲食
サービス

介護

建築業

農林
水産業

鉱業

製造業

電気ガス
水道

スマート
農業

情報
通信

デジタル
モノづくり

モノ

ヒト

④ モノの製造・生産(モノありき)

② リアル空間でのサービス

各象限毎にコロナ禍後に期待されるイノベーション像が異なる

①バーチャル空間でのサービス(区分①)

これまで対面やモノを介して提供されていたサービスをオンラインで提供するもの

例)デジタル通貨、オンライン営業、デジタル判子・契約、オンライン授業、医療サービス

②リアル空間でのサービス(区分②)

オンラインやデータの活用はあるものの、最終的には人に対してリアル空間にてサービスされるもの

例)介護、物理的治療、飲食、宿泊、エクササイズ

これらのサービスに対しても、人同士が直接接触することなく行えるイノベーションとしては、

- ・遠隔ロボットなどで、間接的に接触するサービス提供(介護、治療、エクササイズ)
- ・飲食デリバリーをロボットなどが配送

③データ駆動型産業(区分③)

AIやシミュレーション技術の利用など、モノづくりやモノの利用は行うものの、データを利活用することが重要となる産業

例)デジタルツインによるインフラモニタリング、自動運転、ドローンによる物流の効率化、

- ・ロボットやAIを利用した非接触生産手法など

④モノの製造・生産(モノありき)(区分④)

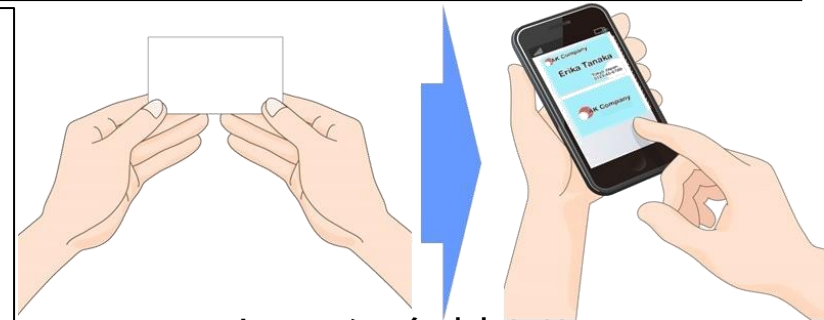
デジタルの利用は進むものの、製造、生産したモノそのものが重要な産業

デジタルとアナログの融合がイノベーションの鍵となる

例)軽量化設計手法の高度化と量産手法の確立、製造サプライチェーン

■ オンライン上でのビジネスが加速。オンラインコミュニケーション技術の性能向上、3Dデータの可視化にニーズ

- 関係性を築けていない相手とのコミュニケーション
⇒オンライン名刺交換
名刺の肩書、名前の珍しさなど会話のきっかけに
- ハンコが必要なためオフィスに行く必要がある
⇒電子決済により承認が迅速化、ビジネスのスピードが格段に向上
- 商品を手にとって商談できない
⇒**VRにより、商品そのものの質感を再現**
⇒データ転送、3Dプリンタ造形により商品形状を再現

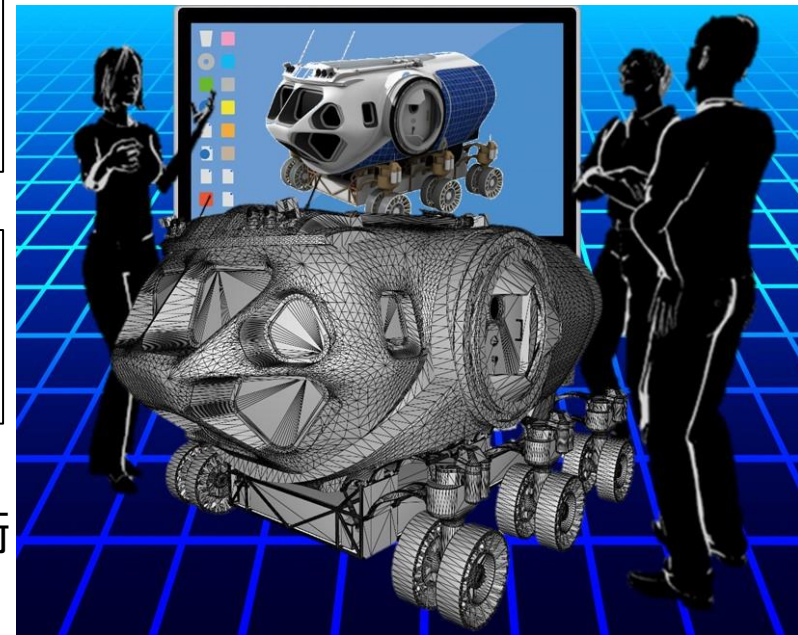


オンライン名刺交換

- 開発型企业
国内の大手企業からの開発委託⇒海外にも展開
日本のきめ細やかな研究開発能力が武器

イノベーションが期待される技術

- あらゆるものをデジタル化、データ一貫・一括活用技術
- センサ技術を用いた、重さ、質感を再現する技術
- VR技術、データ転送技術、フォログラム



バーチャル空間上で3D図面確認
(コロナレポート)⁴³

- 人と直接接触する環境では、人の状態をモニタし、適切な対処が不可欠
- センサ技術、AI技術の開発・利用が期待 データ駆動型の医療サービス

医療ビッグデータとIoT、AI技術の融合による健康長寿社会の実現

モニタリング
センシング技術
ビッグデータ収集
コンパニオン診断

モデリング・予測
バイオマーカー探索・同定技術
AIによるビッグデータ解析
画像・計測＋シミュレーション

制御・誘導
病気を未然に防ぐ健康維持・
増進法の開発
遠隔診断・スマートドクター



小型・省電力化、大出力電源、ナノマシーン、
分子エレクトロニクス、生体物質相互作用解析

- 人が物理的に接して受けるサービスでは、人同士およびモノへの接触を最小限に
- 新しいイノベーションの創出には信頼性とセキュリティの確保が重要

■ 接触機会削減＝無人化への対応が鍵

スーパー等の小売店におけるレジなし店舗の普及、掃除、在庫管理、案内ロボットの導入
約50台のカメラが客を追尾 買わなかった人マーケティング(高輪ゲートウェイ駅)¹

- オンライン販売の加速にともなう新しい輸送システムの構築
ドローン宅配、トラックの自動走行

信頼性の確保には情報セキュリティに
精通した人材とのマッチングが鍵

信頼性・セキュリティの確保が新サービスの提供につながると期待



宅配ロボット
(ZMP:NEDO助成事業)



トラック自動運転・隊列走行実験
(NEDO)



ドローン相互接続試験
(NEDO)
(コロナレポート)

インフラ・モビリティ分野のイノベーション像 区分③

■ 様々なインフラ、モビリティの維持管理にサイバー空間

■ デジタルツインによるインフラモニタリング

電気水道ガス = エッセンシャルワーク

物理オブジェクトの状態をリアルタイムに可視化

設備の潜在的な所外を特定

リモートからのトラブルシューティングも可能

国土交通データプラットフォーム¹



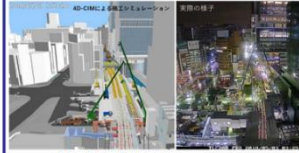
■ 自動運転を活かしたMaaSの実現

渋滞や交通事故の減少⇒経済損失低減

CO₂や大気汚染物質の排出削減

通信販売の増加に伴う運輸の効率化

スマートシティの根幹技術の一つ

高度な防災情報	新たなモビリティサービス	新しいインフラ社会
3次元化された都市データと洪水予測を連携した防災情報の提供により、住民が直感的にとるべき行動を理解することにより、住民主体の避難行動等を支援。  出典：荒川下流河川事務所	インフラと交通データの連携で移動ニーズに対し最適な移動手段をシームレスに提供する等、新たなモビリティサービスの実現。  出典：トヨタ自動車 e-palette	インフラ自体が情報を持つことで通行者への影響を最小限にする施工や、維持管理が高度化されるインフラ社会の実現。  出典：東急建設株式会社

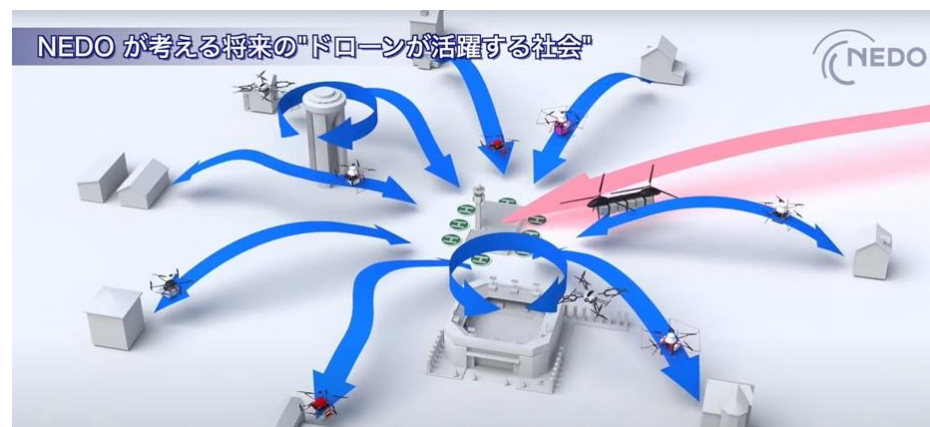
■ 物流の効率化

ECサイトの需要の高まりにより、供給ドライバ不足が深刻化

⇒ドローンを用いることにより、渋滞を回避でき

物の移動の効率化につながると期待

⇒ラストワンマイル問題の解決に期待



ドローンが活躍する社会のイメージ

(コロナレポート)

■ モノづくりのデジタル化による省人化

- 一人の人間が様々な業種・業態に参加することが重要
- 人間拡張技術の発展により、一人当たりの生産効率を倍以上にする
ラインに10人いた工場を2人で運営できるようにする AIやロボットが人をサポート
- 同一システムで全く異なる仕事をコントロールする技術が必要
- 海外の安い労働力に対抗⇒3Dプリンタ、アバター・ロボット、AI等を活用した省人化が重要
(例:AIを活用した自動車の完成検査の自動化等)

トレイグジスタンス

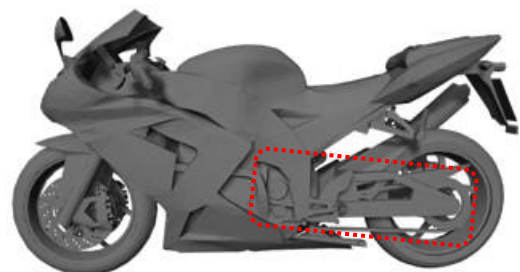
人間を従来の時空の制約から開放、時間と空間を隔てた環境に実効的に存在することを可能

産業におけるイノベーション像(自律制御とトレイグジスタンスの両立)



■ 軽量化設計手法の高度化と量産手法の確立(モジュール化)

ジェネレーティブデザインへの対応



材料や製造技術、要求性能等に応じた多数モデルから最適化
⇒従来手法では困難であった軽量パーツの設計が可能



エンジンと後輪の
連結パーツ設計

製造



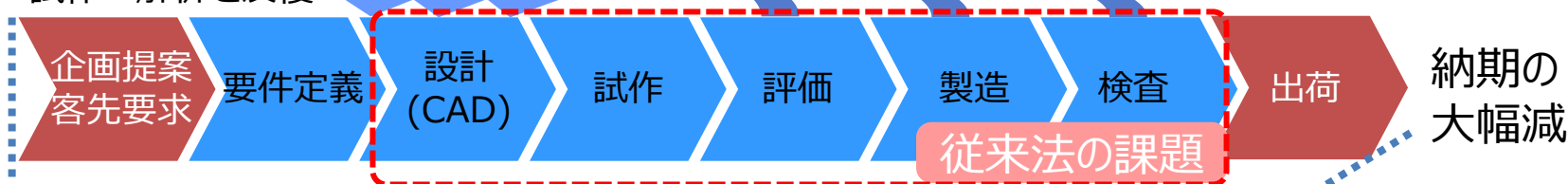
量産性、複雑部材の製造に
適した生産手法の開発が鍵

デジタル
アナログ融合

様々な製造手法の融合 **コア技術**
(鋳造、切削、3Dプリンタ)

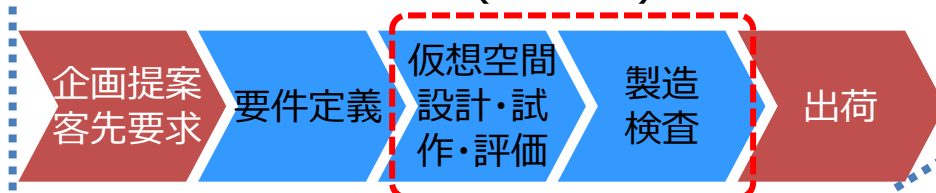
モジュール化し、設計・製造・管理プラットフォームで一元管理、多品種少量生産対応

要求性能を満たすまで 再設計(サポート・配置) = 設計・試作工程の長期化
試作・解析を反復



モジュール化(自動化)⇒様々な部材の生産に対応

シェア工場の実現



強靱なサプライチェーンの構築

製造業サプライチェーンのイノベーション像 区分④

Technology Strategy Center

■ モノづくりにおける部材供給においてサプライチェーンの確保は極めて重要

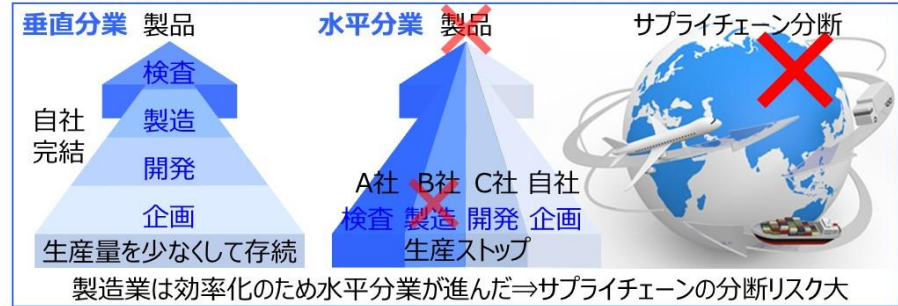
<コロナ後のサプライチェーンの姿>

- 必要とされるサプライチェーンマネジメント
生産システム低コスト化＋サプライチェーン強靱化
⇒両立が課題 国家的な戦略に期待¹
- 水平分業の課題:サプライヤーの情報収集
⇒垂直分業有利(GAFA垂直化を加速)
- 垂直分業と水平分業のバランス²
⇒コアシステムは垂直化
- 災害に強いプラットフォーム＋シェア工場
⇒省人化、自動化された工場(複数拠点)を
プラットフォーム化、疫病、災害に柔軟対応

<ワークシェアリングとDX課題への対応>

- 日本の課題:デジタル人材が少ない
AI人材 46%米国、11%中国、3.6%日本³
⇒デジタル人材の育成が急務
- 余剰人員へのデジタル教育の実施
⇒休業補償をしたうえで大学・企業に出向
- 余剰設備の省人化、デジタル化の実施
⇒急激な減産が予想される今がチャンス！

製造業の欠点 1つでも部品の生産が止まると製造が滞る
サプライチェーンの寸断により世界の工業品生産 ドミノ式に影響を受ける

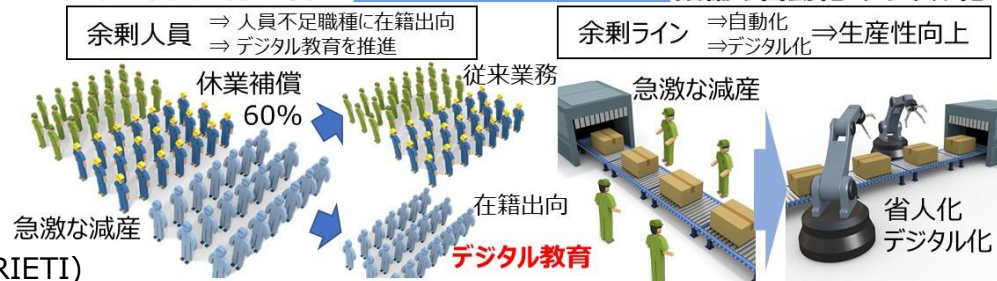


<コロナ後の製造業が直面する課題>
低コストの生産システムとサプライチェーンの強靱化の両立
災害に強いプラットフォーム＋シェア工場

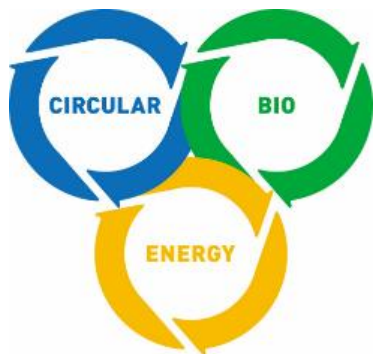


ワークシェアリングとDX対応人材の育成

デジタル人材の不足 企業におけるDXの課題 設備の自動化・デジタル化



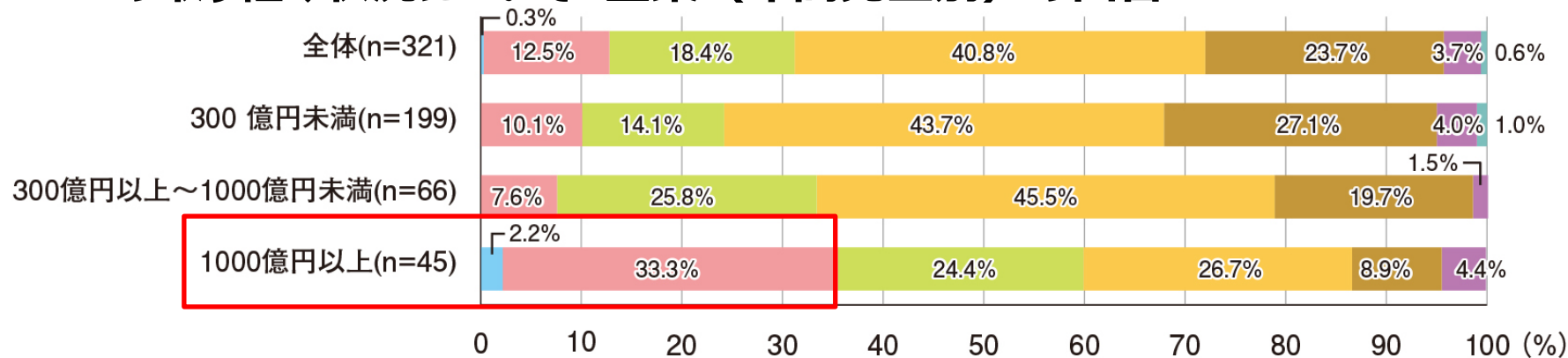
ものづくり分野におけるDX ーデジタル成熟度の向上において 大切にすべき5つの行動指針ー



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（TSC）
デジタルイノベーションユニット

- DXへの取り組みが「進んでいる」企業は、全体で約13%に対し、年間売上1,000億円以上の大企業では約35%であり、DXの取り組みは大企業で先行している。
- 中堅・中小企業のDXの推進が課題であり、具体的な状況調査が必要。

DXへの取り組み状況について 企業（年間売上別）の回答



出典：日経BP 製造業DX調査レポート

（赤囲みはNEDO技術戦略研究センター加筆）

■ とても進んでいる
 ■ ある程度進んでいる
 ■ どちらともいえない
 ■ あまり進んでいない
 ■ まったく進んでいない
 ■ 分からない
 ■ 無回答

DX取り組み状況アンケート結果（日経BP 製造業DX調査レポート）

- DXがもたらす業界のディスラプションに対する危機感の共有が進んでいる企業（14.3%）
- DX推進のための組織の整備や人員の配置が進んでいる企業（16.5%）
- DX推進に必要な人材の育成・確保が進んでいる企業（9.9%）
- 新たな事業価値を創出するためのDXの取り組みが進んでいる企業（10.6%）
- バリューチェーン全体を視野に入れたDXの取り組みが進んでいる企業（5%）
- デジタル人材と現場担当者が一体になってDXに取り組む仕組みが進んでいる企業（9.9%）

- ものづくり分野のDXにおいて大切にすべき5つの行動指針を抽出。
- 各指針に関連の深い文献から関連キーワード・技術用語を抽出してそれぞれの関係性を整理するとともに、製造業のニューノーマルを考察。

ものづくり分野のDXにおいて大切にすべき5つの行動指針（系統的文献レビュー）

●自己変革能力の向上：Capability

キーワード：企業統治、技術、イノベーション、中小企業、Industry 4.0、サイバーセキュリティ

技術用語：ブロックチェーン、デジタイゼーション

●スマート生産の実現：Smart manufacturing

キーワード：モデリングAI、予測、機械学習、メンテナンス、バーチャルリアリティ、品質管理

技術用語：AI、ビックデータ、スマート製造、スマート工場、サイバーフィジカルシステム

●デジタルエコシステムの活用：Ecosystem

キーワード：バリューチェーン、マーケット、人、サービス、プラットフォーム

技術用語：デジタルプラットフォーム、IoT

●循環型生産の実現：Circular economy（CE）

キーワード：データサイエンス、調達、アセスメント、ライフサイクルマネージメント

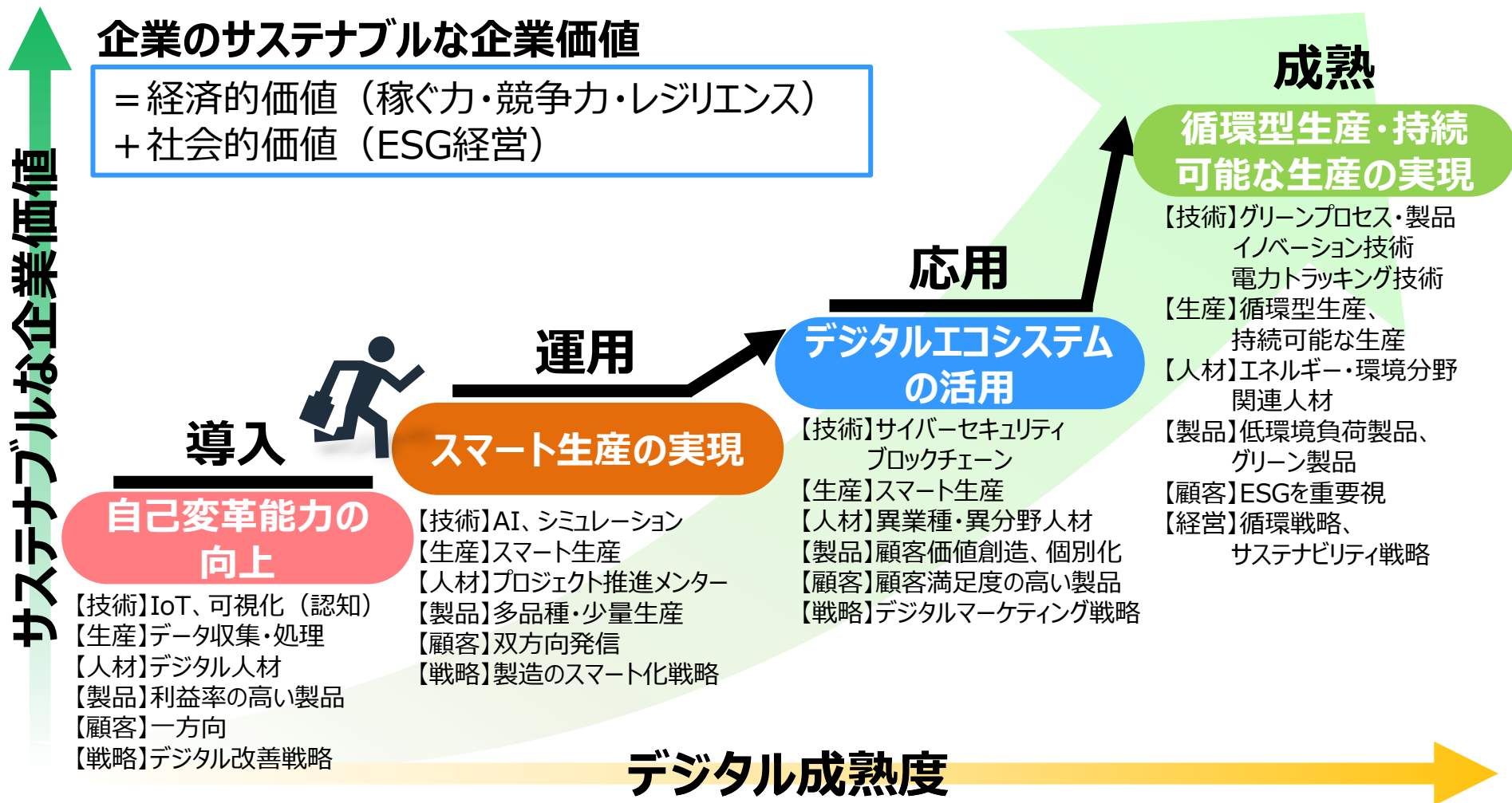
技術用語：グリーンな生産（グリーンマニュファクチャリング）、リーン生産

●持続可能な生産の実現：Sustainability

キーワード：リーン生産・統合、環境、サプライチェーン、マネージメント

技術用語：デジタルツイン、ICT

- 5つの行動指針とデジタル成熟度との関係性を整理・マッピング。
- デジタル技術の導入・運用・応用の順でデジタル成熟度が高まるにつれ、サステナブルな企業価値が向上。



デジタル成熟度分類表による成熟度ごとの理想像

- デジタル成熟度分類表により、成熟度ごとの理想像を明示。
- 自社の置かれている状況・課題を把握し、状況に合わせた戦略を立案。

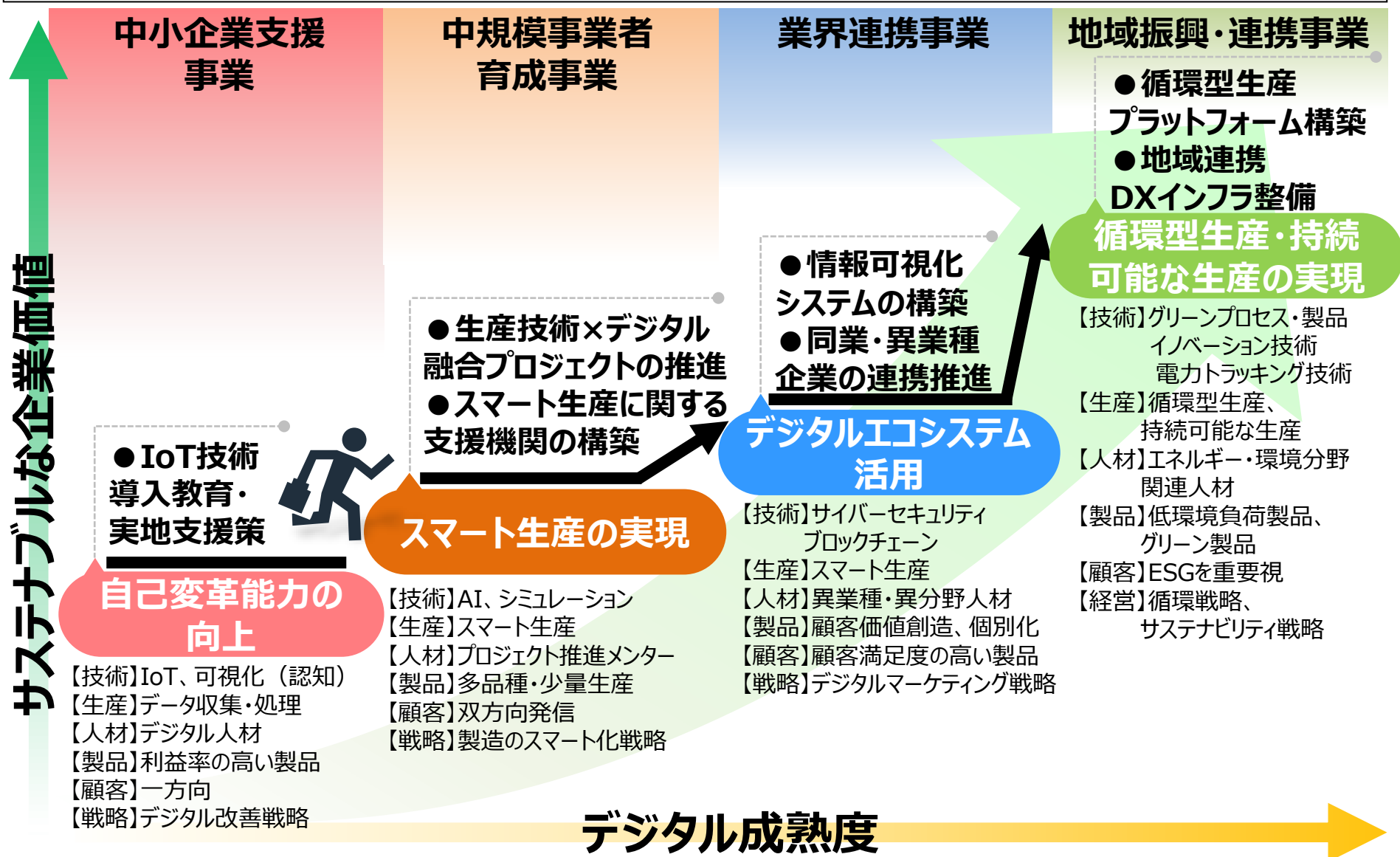
デジタル成熟度分類・定義	未着手	自己変革能力の向上	スマート生産の実現	デジタルエコシステムの活用	循環型・持続可能な生産の実現
	アナログ、紙でのやり取り	【導入】アナログからデジタルへの移行	【運用】デジタルデータを利用したビジネスプロセスの革新	【応用】デジタルネットワークを活用した顧客価値・体験の新規創造	【成熟】循環戦略・低環境負荷戦略による新価値創造
経営戦略	大量生産・利益追求	デジタル改善戦略	データドリブン戦略	デジタルマーケティング戦略	循環戦略、サステナビリティ戦略
企画・研究・開発・試作	ワイガヤ、トライ&エラー、顧客の生の声、2次元図面	ウォーターフォール型開発、3次元図面	アジャイル型開発、MBD、シミュレーション、試作レス、PDM	AIによる新製品開発、イノベーションエコシステム	グリーン技術開発、リサイクル性の高い製品
製造・生産	手動、すりあわせ、匠の技、経験と勘	デジタル生産設備、ロボット、IoT機器	スマート工場、デジタルツイン、予知保全・遠隔保守	データ駆動型デジタル製造	循環型生産、グリーンな生産、持続可能な生産
調達・輸送	紙ベースの受発注管理	デジタルデータでの受発注管理	サプライチェーン全体最適化 需要予測、物流最適化	エンジニアリングチェーン、サプライチェーン統合・全体最適化	クリーン材料調達・クリーン輸送
検査・品質保証	手動、紙、目視、検査装置を用いた人主体の検査、性能試験、抜き取り検査	デジタル設備における検査	AIによる検査・全製品のデジタルトレーサビリティ	検査レスな製造方法確立	ライフサイクルマネジメント、カーボンフットプリント等を含む全生産品のトレーサビリティ確保
カーボンフットプリント	月あたりの電力量から生産量を割って求める	センサにより各装置の電力消費量から求める	統合したCO ₂ 見える化プラットフォームからリアルタイムで計算	エネルギー、サプライチェーン、炭素生産性向上	回収・輸送・貯留・分配・転換利用等の業務の流れ全体を最適化
生産管理	手動、紙	デジタルデータ Word、Excel	連携したデジタルデータ RPA	メタバース・デジタルツインによる生産シミュレーション	炭素生産性、ライフサイクルを踏まえた製造方法最適化
製品	低価格競争	利益率の高い製品	多品種・少量生産	顧客満足度の高い製品	低環境負荷製品・廃棄物ゼロ
営業	訪問（対面）営業 人脈を利用したノウハウ	デジタル端末、名刺のデジタル化・顧客リスト作成	プロセス可視化、顧客情報一元化・解析、マーケティングの自動化	メタバースによるオンライン商談、パートナー、顧客との共創活動	顧客育成、営業職の廃止、顧客情報と営業活動の全体最適化
販売	リアル店舗での販売	ECサイト利用、オンライン上での一方向発信中心	オンライン店舗、双方向発信 データドリブン	オンラインサロン等を利用した顧客の満足度向上、新収益源創出	利用頻度に合わせた課金の仕組みにより、製品ライフサイクルを伸ばす販売戦略の構築
総務・人事・給与	手動、紙、ハンコ	ペーパーレス化、Word、Excel	承認フローの電子化、連携したシステム	完全自動化・無人化	完全自動化・無人化
セキュリティ	物理的なセキュリティ対策	ウイルス対策	サイバーセキュリティ対策	ブロックチェーン、量子暗号化	CO ₂ 排出量改ざんへの対策

ものづくり分野におけるDXの推進に向けた取り組みのまとめ

TSC Digital Innovation Unit

55

■ 効果的に行動指針を推進し、デジタル成熟度およびサステナブルな企業価値を向上。



- NEDOは、持続可能な社会の実現に向けて、サーキュラーエコノミー、バイオエコノミー、持続可能なエネルギーの3つの社会システムの推進を提唱。<https://www.nedo.go.jp/content/100903678.pdf>

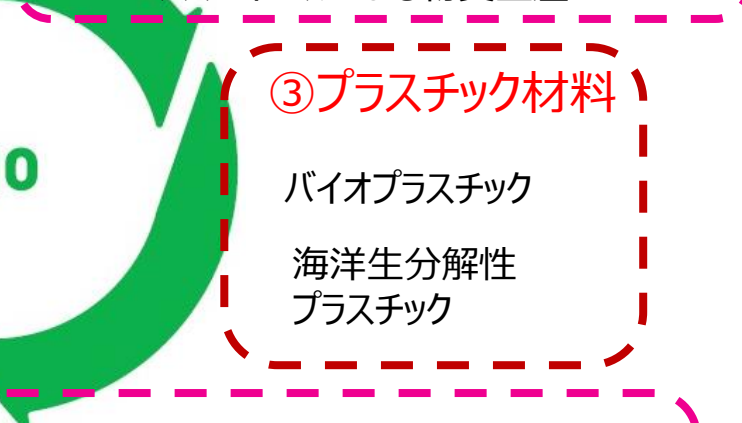
① 3R(リデュース、リユース、リサイクル)

CCUS／カーボンリサイクル



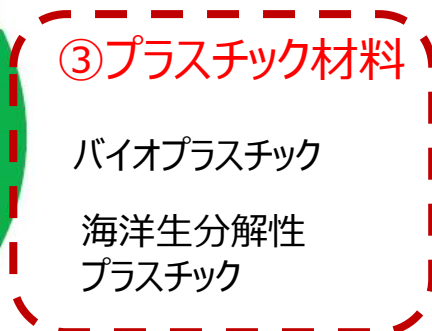
② 環境材料、バイオ生産

バイオ由来高機能マテリアル
スマートセルによる物質生産



③ プラスチック材料

バイオプラスチック
海洋生分解性プラスチック



④ 再生可能エネルギー およびエネルギーシステム



次世代レーザー 光エレクトロニクス AI・IoT ロボット 構造材 MI (マテリアルインフォマティクス)

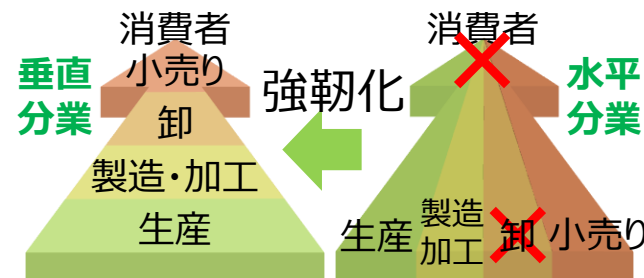
① 3Rに期待されるイノベーション像 食のリデュース

■ 食のサプライチェーン再構築は喫緊の課題

災害、疫病に対しても強靱なサプライチェーンの構築が必要

強靱なサプライチェーン

効率化・最適化と安全・安心を両立、止まらない



世界中で食料ロス・廃棄削減の取り組みが拡大
⇒「ESG投資」への関心↑

オンライン販売・コールドチェーン
受発注システム、ドローン宅配、コールド技術

コールド技術
 クリーム削減
 食品ロス削減
省エネ、備蓄性



凍らせない冷凍
 関西大
 解凍時のパサパサ食感を解決

① 3Rに期待されるイノベーション

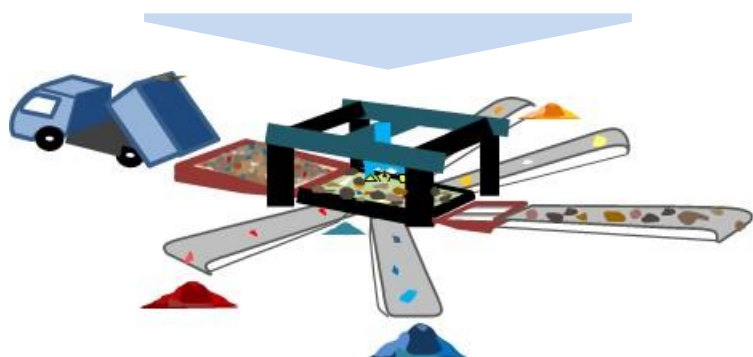
■ コロナ禍で起きたこと：

- ・廃棄物(ワンウェイユースの医療・介護用保護具)が一次的に増加し、有効利用されことなく焼却処分
- ・輸出先のロックダウンで、古紙や古着等の国内滞留により焼却処分や、回収そのものの停止

顕在化したニーズ・要件：

入手先・供給先の集中回避、労働集約型からの脱皮、不衛生環境からの解放、原料・用途の柔軟性

自動分別・選別システム(広域センター)



注目する技術・領域：

無人化アーム分別処理、高速ソーター、AI、広域処理施設等社会システム

マルチフィードに対応したケミカルリサイクル

コロナ禍

- ・廃棄物の増加、質・種類の変化
- ・入手先・供給先のロックダウンによる停滞



注目する技術・領域：

- ・ガス化(マルチフィード、中小規模)
- ・合成ガスからの化学品合成(触媒、バイオプロセス)

②環境材料、バイオ生産に期待されるイノベーション

- コロナ禍で様々なサプライチェーンが崩壊し、急激な需要変化に対応できなかった（医薬品、マスク等保護具、人工呼吸器、医療機器、衛生用品の急増等）

顕在化したニーズ・要件：

- 3Dプリンター等、多目的生産設備
- 柔軟な生産システム(製品Aの設備を製品B用に変更等、急激な需要変化に短時間で対応)

機能性化学品のOn-demand、On-site生産プロセス(連続フロー合成)

連続フロー合成の特徴

- ・小型で高い生産性
- ・自動化
- ・モジュール構造



効果

- ・海外依存度の高い医薬中間体などが国内生産へ
- ・CO2削減、廃棄物削減

特定の医薬品中間体の急激な需要

- **国内生産増**による
強靱なサプライチェーン
- モジュール構造を生かし
短時間での品目変更

- ・触媒モジュール等の変更によって
目的生産物を変えることが可能
- ・標準化が進むことで、複数のプロセスが短時間に生産体制を整えることが可能

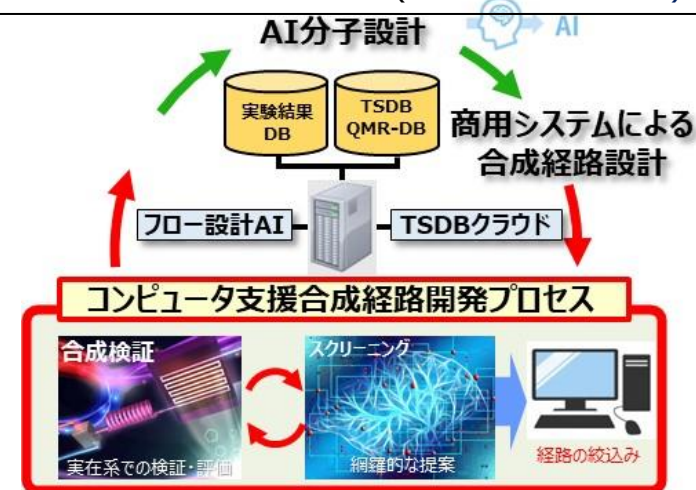
注目する技術・領域：

触媒反応，モジュール化技術，標準化を前提としたシステム

コロナ禍

新たな治療薬中間体の開発

- **高速合成経路探索**(連続フロー合成利用)



注目する技術・領域：

高速合成検証・スクリーニング，計算化学，AI合成経路探索

②環境材料、バイオ生産に期待されるイノベーション

- コロナ禍で明らかになった、**感染症発生**や**重症化リスクの低減**に資する**気象変動/環境対応の継続的推進**と**レジリエントなマテリアルサプライチェーンの構築**のため一定水準の**資源自給率の確保**が急務である
- 具体的には、**新・未活用資源開発**(光合成(天然、人工)技術、ガス化・オイル化技術)、**資源活用技術**(スマートセル、バイオ・ケミカル・ハイブリッド生産技術、ガス発酵)等の強化

【新・未活用資源開発】

【資源変換技術開発】

原料系プラットフォーム構築と基盤技術(協調領域)

利活用可能な資源の確保



人工光合成



森林資源、農業資源
(積極的増産技術含め)



廃棄物
(都市ごみ、汚泥)



海洋資源
(ブルーカーボン)

多様な資源を効率よく変換

- ✓ 高選択性FT FT : Fischer-Tropsch
- ✓ フローリアクター
- ✓ スマートセル技術の展開
- ✓ 効率的化学変換
- ✓ バイオ・ケミカルハイブリッド
- ✓ ガス発酵(合成ガス、水素、メタン etc)
- ✓ 高効率メタン発酵(廃棄物資源化)



多様な環境対応型製品競争領域

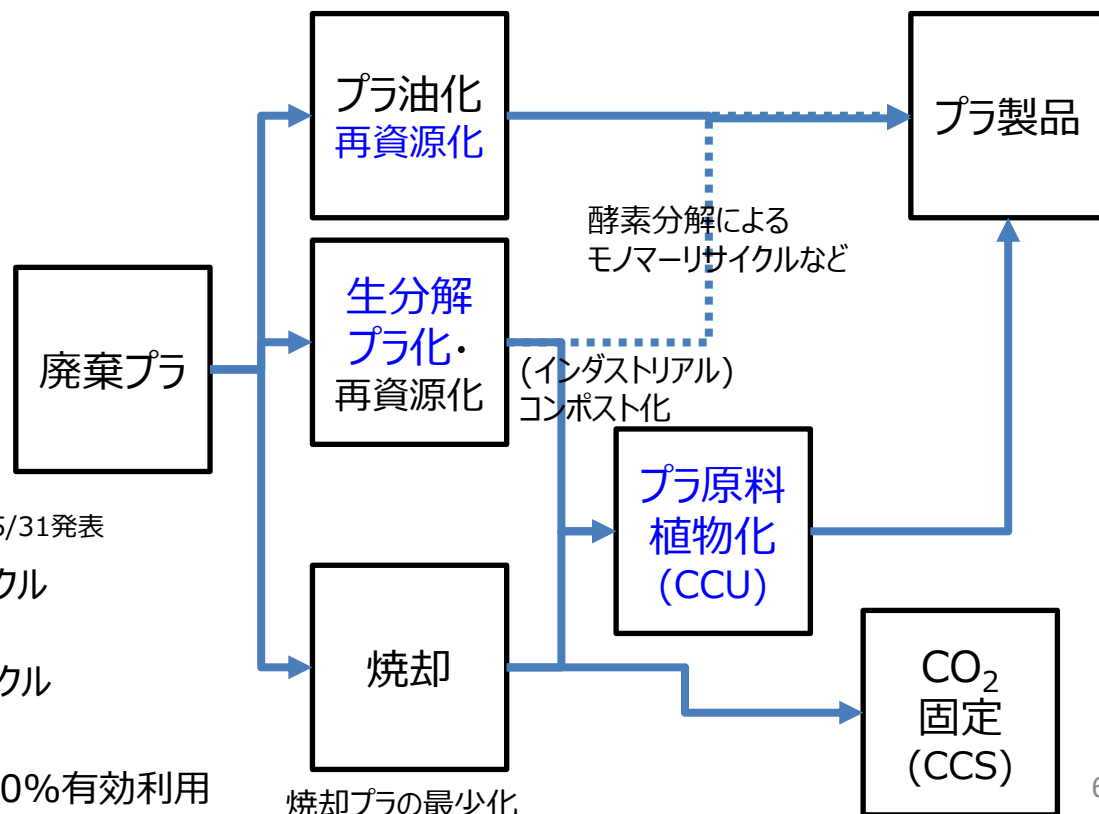
カーボンリサイクル

マテリアルリサイクル

CCS

③プラスチック材料に期待されるイノベーション

- **非接触型社会**では、個装、衛生面に優れた**プラスチック需要が増大**、特に、デリバリーなどで使用される食品包装、コロナ感染対策で使用するプラ製品の増加、感染リスク回避から**焼却の増加が懸念**
- **感染症発生**や**重症化リスクの低減**に資する**気象変動/環境対応の継続的推進**においてもプラスチック**原料の植物化**の推進と**生分解性プラスチック**に関する技術開発が重要
- 具体的には、**汎用プラスチックの植物原料化・生分解性化**(特に急増することが予測されるポリオレフィン、アクリル、ビニール材料)、**プラスチックの油化・コンポスト等による再資源化**など



【プラスチック資源循環戦略】* 環境省2019/5/31発表

- 2025年 プラ製容器包装6割をリユース又はリサイクル
ワンウェイプラ25%排出抑制
- 2030年 プラ製容器包装6割をリユース又はリサイクル
バイオマスプラ 200万トン導入
- 2035年 すべてのプラをリユース又はリサイクル 100%有効利用

④ 再エネ・エネルギーシステムに期待されるイノベーション

- 持続可能なエネルギー社会の実現に向け、日本のエネルギー安全保障と内需・雇用機会拡大等のため、再生可能エネルギーへの大規模な移行

- 山、畑、海等への設置に加えて、都市への再生可能エネルギー拡大
- 設備本体、運用・保守等の国内サプライチェーンの再構築
- 経済合理性・低コスト化重視に加えて、危機への備え、耐久性・信頼性の向上技術の強化

想定される具体的な再生可能エネルギー強化策

- 太陽光発電
 - ✓ 新素材、新生産方式による太陽光発電の建築物・移動機械の屋根壁面等への設置拡大
 - ✓ 次世代技術開発加速と国内部材、材料産業強化による強固な国内サプライチェーンの構築
 - ✓ 超高効率太陽電池(変換効率50%超)や革新的材料技術への挑戦
 - ✓ GW級の次世代太陽電池の国内生産拠点を確保（従来型太陽電池の製造も可能）
- 風力発電
 - ✓ 洋上風力発電導入拡大のため、浮体式洋上浮力発電(準ベースロード)の低コスト化技術確立、実用化の促進、保守体制の構築
 - ✓ AIやリモートセンシング技術を最大限活用したO&M技術の高度化
- 地熱発電
 - ✓ 超臨界発電(ベースロード)、EGSの開発を加速
 - ✓ 超高精度な探査技術の開発、革新的地熱利用技術の開発

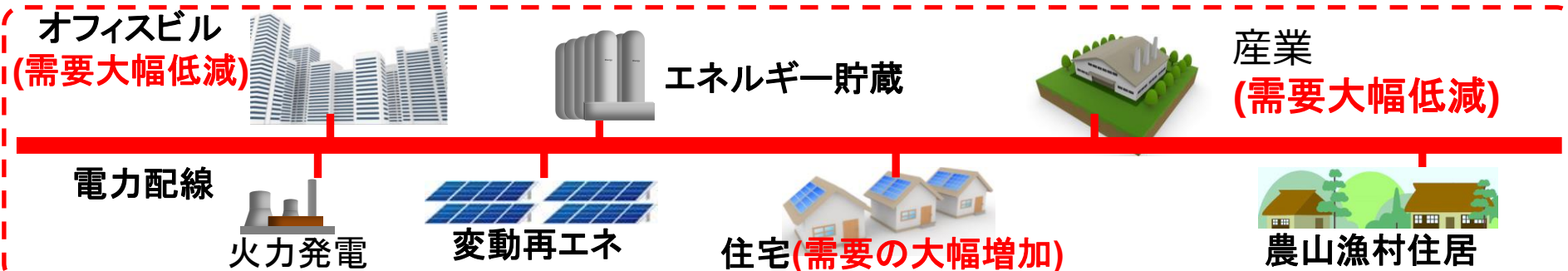
④ 再エネ・エネルギーシステムに期待されるイノベーション

■ 急激なエネルギー需要供給構造の変化に耐えられるエネルギーシステムの強靱性増強策の確立

- テレワークの増加等、社会活動の変化による、**エネルギー需給構造の大規模且つ急激な変化**
- **変動再生可能エネルギーが大量導入されていく状況**において、コロナ禍や都市のロックダウンのような想定外の大規模需給変化が生じた場合、**ブラックアウト出現の可能性がより増大する**

想定される具体的なエネルギーシステム強靱化策

- デジタル化によりデータセンターの需要増、太陽電池・蓄電池等の直流機器の増加、分散ネットワーク・在宅勤務の増大に応じた小型・低廉・高効率で省エネルギーを推進するエネルギーシステム機器技術の強化
- 系統負荷平準化に資する発電技術・メンテナンス技術の強化
- 家庭用電源・蓄電機器の発電データのリアルタイム監視技術等による、稀少甚大リスクに対するエネルギーネットワークシステム技術の強化

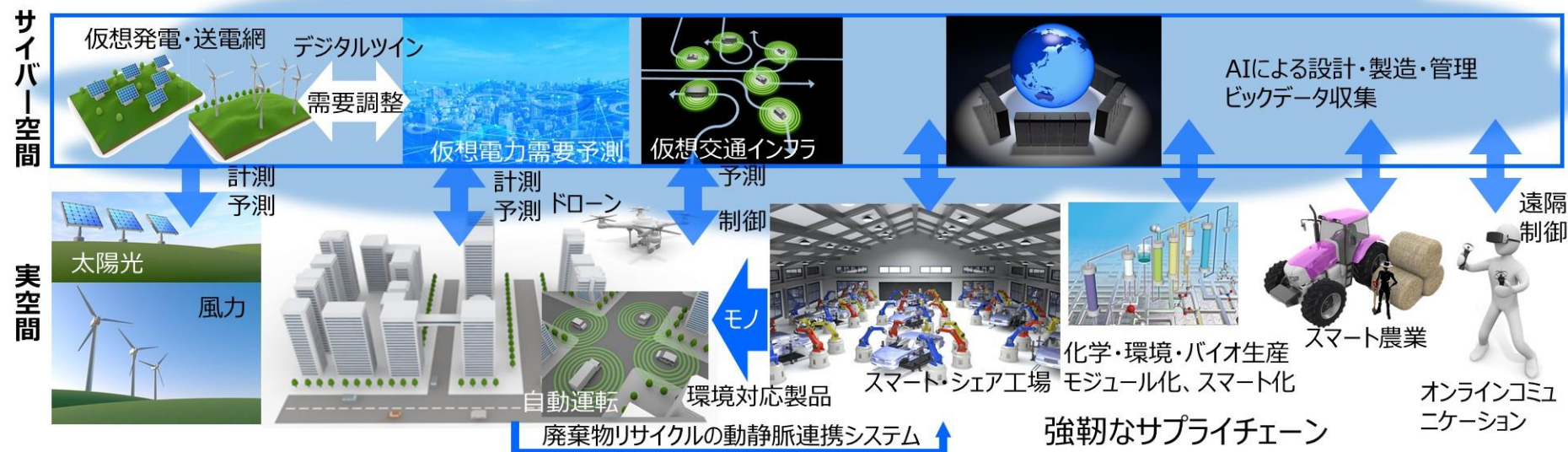


<まとめ> コロナ禍後に期待される社会とイノベーション

Technology Strategy Center

- 日常生活、経済産業活動、教育医療現場等あらゆるシーンで、非接触であるサイバー空間と接触が生じる実空間がシームレスに連携され、感染症を効果的に予防しつつストレスなく双方のメリットを享受できる社会。
- デジタル技術の更なる進化、エネルギー需給の自律化、省資源かつ地域循環型のサプライチェーンの構築により、万が一の感染症や災害の発生時にも、経済社会活動が停滞せずに維持可能な強靱性の高い社会。

レジリエントなエネルギー社会および強靱なサプライチェーンの実現

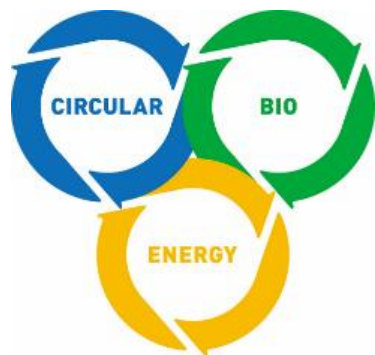


「デジタル対応都市」のコンセプトと技術をパッケージ化

官民一体、各国の実情に合った柔軟な提案が鍵 (コロナレポート) 64

ウクライナ・ロシアレポート

- エネルギー資源、鉱物資源・希ガス、デジタル・宇宙分野への
インパクト -



2022年7月

国立研究開発法人 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（TSC）

© NEDO 2022

はじめに

ウクライナ侵略に関わる影響 全体像

I. エネルギー資源

- 天然ガス：ロシアにおける産出量、輸出量及び各国のロシアへの依存
- 石油・石油製品：ロシアにおける産出量、輸出量及び各国のロシアへの依存
- 石炭：ロシアにおける産出量、輸出量及び各国のロシアへの依存
- ロシアのウクライナ侵略を受けた各国の対応
- エネルギー分野における今後の対応とタイムフレーム
- ウクライナ情勢を受けて明らかになったエネルギー分野における検討課題

II. 鉱物資源・希ガス

- ロシア、ウクライナのシェアが高い鉱物・希ガスの現状とその影響
- 鉱物資源・希ガス等分野における今後の対応とタイムフレーム
- ウクライナ情勢を受けて明らかになった鉱物資源・希ガス分野における検討課題

III. デジタル、宇宙、その他（食料）

- デジタル技術がロシアのウクライナ侵略に与えるインパクト
- ウクライナ情勢を受けて明らかになったデジタル分野における検討課題
- ロシアのウクライナ侵略が及ぼす宇宙分野、食料への影響

まとめ -Key Implications-

【エネルギー資源】

- ロシアは、世界の天然ガスの16%、原油の11%、石炭の5%を占める世界的なエネルギー資源産出国であり、輸出大国でもある。
- 欧州は歴史的にその一大輸入地域。中でも独のロシア依存度が高い。
- ウクライナ侵略を受けて、各国の対応は、エネルギー自給率、ロシアへの依存度の違いにより濃淡あり。
- 独はノルドストリーム2プロジェクトを破棄。LNG基地の設置を表明。英・仏もエネルギー政策の見直しを表明。
- 欧州は、REPowerEUを発表し、短期的な燃料確保と中長期的なカーボンニュートラル政策を両立させる。
- 米国は、経済制裁として、ロシア産原油、天然ガスの輸入を全面的に禁止。英も米国に歩調を合わせ、ロシア産原油、天然ガスの輸入を段階的に禁止。
- 日本も欧米との足並みを揃え、ロシアへの化石燃料依存をフェーズアウトしていく。
- 天然ガス、原油、石炭の価格上昇が世界経済へ与える影響を懸念。他方で、化石燃料価格の上昇は、シェールガス、シェールオイル、各種省エネ技術等の損益分岐点を移動させ、採算化。

【鉱物資源、希ガス】

- ロシアは、ニッケル、アルミニウム、パラジウム等といった鉱物資源、ウクライナはネオン等希ガスの世界的シェアが高い。これらは蓄電池、輸送機械、半導体製造装置に使用されるもので、世界の製造業のサプライチェーンを直撃。ニッケルやパラジウムは、将来のエネルギーシステムを担う蓄電池や燃料電池といったキーテクノロジーの基幹材料として必須。

【SNS、衛星通信等のデジタル技術、宇宙、その他（食料）】

- 今回の侵略は情報戦争の側面があり、経済制裁におけるテック企業の役割等、デジタルが大きな役割。
- ビッグテックによる製品・サービスの供給停止、サイバー攻撃やSNS等も駆使した初めてのデジタル戦争となった。
- ロシア、ウクライナから多く輸出されているひまわり油、大麦、小麦は、ウクライナ侵略によって供給が途絶えている。今後、世界の食料価格は高騰するとともに、栄養不足人口がさらに増加すると予測される。

- ロシアは、世界の天然ガスの16%、石油の11%、石炭の5%を占める世界的なエネルギー資源産出国であり、それら資源の輸出大国でもある。国際エネルギー市場に大きな役割。
- ロシアへ依存している各国にとって、ウクライナ侵略によりエネルギー安全保障が脅かされている。
- 特に、欧州は歴史的にもロシアへのエネルギー依存が最も高く、中でも独のロシア依存度は高い。
- 日本のロシア依存度は、天然ガス8.8%、原油3.6%、石炭10.8%。

【各国におけるロシアへの依存度（2021年）】

	天然ガス	原油	石炭
EU	45.3%	27%	46%
ドイツ	46%	37%	21%
英国	17%	3%	21%
米国	0%	4%	0%
中国	6%	15.6%	26.1%
日本	8.8%	3.6%	10.8%

出典：財務省貿易統計、JETRO、IEA「Reliance on Russian Fossil Fuels Data Explorer」を基にNEDO技術戦略研究センター作成

ロシアのウクライナ侵略を受けた各国の対応：エネルギー分野

- 日本や欧米各国は、足並みを揃えてロシアへのエネルギー依存からの脱却の方向。他方で、一部の国（ハンガリーやインド、ベトナム等）は、ロシアへの依存を継続。
- 石油に関しては、IEA加盟国は3月に6,000万バレル規模の石油備蓄の協調放出。4月も追加で加盟国全体で総量1億2,000万バレルの石油の協調備蓄放出。

	ドイツ	英国	EU	米国	中国	日本
ロシア産化石燃料輸入状況（依存度） -2021年-	原油：37% 天然ガス：46% 石炭：21%	原油：3% 天然ガス：17% 石炭：21%	原油：27% 天然ガス：45.3% 石炭：46%	原油：4% 天然ガス：0% 石炭：0%	原油：15.6% 天然ガス：6% 石炭：26.1%	原油：3.6% 天然ガス：8.8% 石炭：10.8%
ウクライナ危機を受けてのエネルギー政策	4月6日 エネルギー戦略「イースターパッケージ」	4月7日 エネルギー安全保障戦略	5月18日 REPowerEU 省エネの強化、エネルギーの調達先の多様化、再エネの導入加速	（特になし）	3月22日、「『第14次5カ年計画』期間の現代エネルギーシステム計画」において、エネルギー安全保障と自主供給能力を強化する方針	①他資源国への働きかけ②新有志国連携③代替調達（企業との対話や政策支援）④上流権益獲得の取組強化
ウクライナ危機を受けてのロシア産化石燃料への対応	・天然ガス備蓄義務化法が議会で成立 LNG受入ターミナル建設必要	・年末までにロシアからの石炭と石油の輸入を終了	ロシアへのエネルギー依存を急速に低下させると共に、気候変動対策を加速を両立させる	・ロシアからの天然ガス、原油、石炭について輸入を全面禁止 ・EUへ供給のため、石油・天然ガスを増産	中ロ天然ガスパイプライン計画は継続	・石炭輸入のフェーズアウトや禁止を含むエネルギー分野でのロシアへの依存低減 ・石油輸入の原則禁止 ・サハリン1,2の権益は維持
ウクライナ危機を受けての再エネ政策	再エネ加速2035年にほぼ全て再エネとする	再エネ拡大を止めるわけではない	再エネを加速させ、2030年までに再エネ比率を45%に引き上げ	（特になし）	（特になし）	（特になし）
ウクライナ危機を受けての石炭・原子力対応	原子力延長はしない	原子力推進 シェールガス再開	議論なし	（特になし）	国内の石炭生産量を前年比で約1割増やす方針に転換	（特になし）

- ウクライナ危機を受けたエネルギーに関する各国の対応は、ロシアへのエネルギー依存を低減する国とロシアからのエネルギー供給を継続する国とが二極化。
- ロシア産化石燃料から脱却する手段としては、再エネ、省エネ等グリーントランジションを一層加速させる政策転換、輸入全面禁止、代替調達等。

ウクライナ危機を受けた各国の対応

	ロシアへの依存度（％）			脱ロシア依存への対応			
	原油	天然ガス	石炭	ポジティブ	具体策	ネガティブ	具体策
EU	 27	 45	 46	○	グリーントランジション	—	
ドイツ	 37	 46	 21	○	グリーントランジション	—	
英国	 3	 17	 21	○	グリーントランジション 原子力	—	
米国	 4	0	0	○	天然ガス、原油、石炭 輸入全面禁止	—	
日本	 4	 9	 11	○	代替調達	—	
中国	 16	 6	 26	—		○	天然ガスパイプライン 継続

<今後の検討課題>

■ 省エネ推進 ■ エネルギーの多様化 ■ 再エネ促進

前述の情勢を踏まえ、今後の世界的な検討課題は以下の通り。

短期的（数年）課題

- ロシアに依存していたエネルギー供給分について、ロシア以外からの調達先を確保する等、当面の安定供給確保が急務。
- 他方、需要側においても既にある省エネ技術を棚卸しし、有効な省エネ技術の活用を改めて促進することにより、エネルギー需要の削減を図ることも求められる。
- これまで省エネという概念が薄かった欧州では、REPowerEUで、省エネも一つの柱として計画されているところ。なお、日本としては、ヒートポンプ式機器をはじめとした各種省エネ技術にとって、千載一遇のビジネスチャンスになる可能性もある。

中期的（2030年頃）課題

- 中長期的には、エネルギー安全保障と脱炭素化の両立に向けて、エネルギーおよび資源調達先の多様化や燃料転換について、早期の確立が重要。将来的な水素の大量導入に向けては、水電解技術やCCS技術などのCO₂フリーで水素を製造するための様々な技術が重要となる。
- エネルギーおよび資源調達先の多様化にあたっては、戦略的に同じ価値観を共有する国と連携することが重要となってくる。
- 需要側で特に検討すべきは、COTs (Commercial Off-the shelf、商品化された技術)の活用、ローテク、ローリスク・ローコスト技術の導入による省エネ・省CO₂技術の促進。例えば、ヒートポンプ式機器など各種省エネ機器・設備導入を後押しする支援補助等も重要。中長期的には、2050年CNを見据えた形でもう一段の省エネ・省CO₂の深掘りのため、効率改善、CO₂コスト低減、面的利用技術としての統合に係る技術開発の推進も重要。
- 再エネの導入加速に向けては、発電技術、送変電技術、需要機器に係る個々の技術開発だけでなく、それらの統合的な解析・設計を踏まえたエネルギーシステムの全体最適化・運用の高度化も重要。

長期的（2050年頃）課題

- ■ エネルギー安全保障を考慮すると、安定供給の確保を前提に化石燃料への依存を減少させ、2050年のカーボンニュートラルの実現に向けた取り組みを着実に推進し、グリーンエネルギーを中心にした新しいエネルギーシステムを構築することが重要。
- これまで取り組んできた再エネの導入拡大・技術開発を継続するとともに、以下の課題に対しては、今後はより一層の強化が求められる。
 - ✓ 自国内でのエネルギー調達拡大、レジリエンス強化：これまで導入が進んでいない分野への展開・多用途化（例：太陽光発電の水上・農地・壁面・車載分野への対応）、地域振興や地域に根付くことを念頭に置いた普及拡大
 - ✓ 省資源化、資源循環：リサイクル技術の確立、リサイクルを念頭に置いた設計・開発、設備の長寿命化など

ロシア・ウクライナのシェアが高い鉱物資源・希ガス等原材料

- ロシアは、特に自動車、半導体、電池産業において重要となる資源のシェアが高い。
- ウクライナも半導体製造に欠かせない希ガス資源のシェアが高い。

ロシア・ウクライナのシェアが高い鉱物資源・希ガス

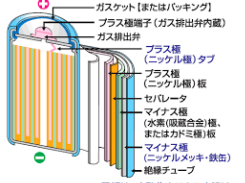
名称	主な用途	産出量等の上位産出国（2020年）
アンチモン	鉛蓄電池（自動車・太陽光発電用等）	①中国：55% ② ロシア：23% ③タジキスタン：12%
ニッケル	リチウムイオン電池材料	①インドネシア：30% ②フィリピン：13% ③ ロシア：11%
パラジウム	エンジン排ガス処理・工業用触媒	① ロシア：43% ②南アフリカ：34% ③カナダ：9%
白金	エンジン排ガス処理・工業用触媒	①南アフリカ：68% ② ロシア：14% ③ジンバブエ：9%
バナジウム	建築構造材、工具	①中国：67% ② ロシア：19% ③南アフリカ：8%
ネオン、クリプトン（希ガス）	半導体製造、レーザー、液晶・ランプ、建材（断熱等）	ネオン：ウクライナ（70%） クリプトン： ロシア+ウクライナ（計80%）
テルル	半導体材料、太陽電池材料	①中国：57% ② ロシア：12% ③日本：12%
工業用ダイヤモンド	半導体素材の切削、研磨等	① ロシア：31% ②豪州：24% ③コンゴ：22%
コバルト	リチウムイオン電池材料	①コンゴ：69% ② ロシア：6% ③豪州：4%
チタン（スポンジチタン） 注) 生産量	建築構造材、機械部材、医療資材	①中国：53% ②日本：21% ③ ロシア：13% （⑥ウクライナ：6%） ※触媒用は回収・リサイクルが行われている
硝酸アンモニウム 注) 出荷額	肥料	① ロシア：33% ②米国：5% ③ブルガリア：5%

半導体、エネルギー産業において特に重要な鉱物資源・希ガス等

Technology Strategy Center

- ロシアの生産シェアが高いニッケル、アルミ、パラジウムはエネルギー関連分野に関係が深い。
- ネオンやクリプトンはロシア・ウクライナの生産シェアが高く、半導体製造に不可欠。

半導体、エネルギー産業において重要な元素とその特徴

	ニッケル (Ni)	アルミニウム (Al)	パラジウム (Pd)	ネオン (Ne)	クリプトン (Kr)
用途	 ニッケル水素電池・ニトド電池[1]	 クリーンディーゼルエンジン[2]	 パラジウム鉱物[3]	 超電導ケーブル管路を冷却する冷凍機（Neが冷媒）[4]	 半導体デバイス表面加工用レーザー発生装置（KrFエキシマレーザー）[5]
	高張力鋼、磁性材、ニッケル・水素蓄電池、ニッケル・カドミウム蓄電池の二次電池の正極	エンジン部品、航空機の胴体や翼等輸送用機械、アルミサッシ等の建材、アルミ缶・アルミ箔等の容器包装	水素吸蔵合金、銀歯（20%以上のパラジウム含有）、自動車の排ガス浄化用の触媒（三元触媒）、エチレンからのアセトアルデヒドの合成（ワッカー酸化）用触媒	半導体製造におけるエキシマレーザー、フッ化クリプトンレーザーのバッファガス、ヘリウムネオンレーザー、超伝導機器のネオン冷凍システム	半導体エッチング、リソグラフィー、断熱・断音材
ロシア、ウクライナの世界生産シェア	ロシア11% (USGS)	ロシア5% (USGS)	ロシア43% (USGS)	ウクライナ70% (日経)	ロシア+ウクライナ 80% (日経)
日本の輸入シェア (参考)	ロシア4% (JOGMEC)	ロシア19% (JOGMEC)	ロシア42% (JOGMEC)	ロシア+ウクライナ 3% (貿易統計)	

出典：各種報道およびJOGMEC資料、USGS資料、貿易統計を基にNEDO技術戦略研究センター作成

（画像については、[1]社団法人電池工業会ウェブサイト「電池の構造と反応式（例）」、[2] NEDO. 2013. 実用化ドキュメント「世界最高水準の燃費と環境性能を持つクリーンディーゼルエンジン」、[3] Jurii - <http://images-of-elements.com/palladium.php>, CC 表示 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=7817093>による [4] NEDO. 2019. 「『高温超電導実用化促進技術開発』中間評価報告書」, p.3-243 [5] NEDO. 2009. 実用化ドキュメント「より微細な半導体デバイスを作るために、表面加工に欠かせないレーザー光源を開発」

ロシアのウクライナ侵略を受けた各国の対応：鉱物資源・希ガス分野

- 各国では、重要資源の洗い出し、サプライチェーンの見直しが従来から実施されているが、ロシア・ウクライナに依存する資源はよりリスクが高いと判断。供給代替策や企業支援策などを実施。
- 一方で、即時に代替ができない資源については、輸入の継続が要請される場合も。

国	現況
日本	・ 「戦略物資・エネルギーサプライチェーン対策本部」を設置。経済、産業にとって不可欠な戦略物資・エネルギー供給における脆弱性の解消、グローバル・サプライチェーンにおけるチョークポイント技術の優位性の獲得・維持等を目的。 ・ 経産省は、半導体製造用ガス、自動車用排ガス触媒など7品目を特定。資源国への働きかけ、代替調達に向けた政策支援等、対策についても取りまとめ。
米国	・ 1950年代に制定された「国防生産法」を発動。国防の観点から蓄電池用重要鉱物（リチウム等）の国内生産増を奨励。 ・ 議会での経済安全保障のやりとりで一部の有力議員から戦略金属としてグラファイト（黒鉛）、マンガン鉱、コバルト、ニッケル、リチウムが特に大事との意見。
中国	（特に動向なし）
EU	・ 欧州航空機大手エアバスは欧州首脳部に対し、ロシアからの禁輸対象から航空機材料のチタンを除外するよう要請。 ・ 一方で、仏エンジンメーカーは、これまで在庫を積み立てており、それを活用しつつロシアから供給元をシフトする動きも。
ドイツ	・ ドイツ金属取引者協会は、原材料戦略の一環として、政府にパラジウム、バナジウム、コバルト等の備蓄を要請。

＜今後の検討課題＞

前述の情勢を踏まえ、今後の世界的な検討課題は以下の通り。

短期的（数年）課題

- ロシア・ウクライナに依存する、あるいは影響を受ける資源・原材料の当面の安定調達が必要。そのため、機動的な自国内での増産対応や、調達先の分散の観点から新たな調達先の検討、備蓄の積み増し等の実施。
- 極短期で可能な需要抑制手段として、リサイクル装置の導入。

中期的（2030年頃）課題

- 短期的な調達達成だけではなく、今回の情勢を契機として、今後の希少資源の安定的な供給体制の構築に向けた、高効率リサイクル技術開発、リサイクル施策および既存リサイクル技術の活用促進、さらに代替資源・技術開発も期待される。
- 資源コストや調達コストの高騰といった、市場経済的な視点から、省資源化・リサイクル等の研究開発を検討する必要性も。例えば「倍の研究開発コストをかけられるのであれば、どのような研究開発が可能か」といった観点からは、資源価格が倍になれば開発コストが倍となることが想定される技術であっても、開発を行う動機・可能性が向上。

長期的（2050年頃）課題

- 今回の情勢を発端として、鉱物資源・希ガスの安定的な原料調達や代替資源の開発の重要性が再認識されたが、長期的には、原料から製品までのサプライチェーンの強靱化も重要。そのためには、デジタル技術の活用などによりサプライチェーンの垂直連携を強化し、調達リスクにより柔軟に対応できるような仕組みを構築する必要。
- 一方、長期的に自国内で閉じたサプライチェーンを構築することは現実的ではなく、また全ての資源について一国内で閉じることは不可能。ロシア・ウクライナ情勢と同様の状況が発生した際のリスクを低減させるため、自国内で調達可能な資源、権益確保による調達資源、他国から調達する資源など、バランスのとれたポートフォリオを組むことも一案。
- 今後同様の情勢が発生した際の資源確保におけるレジリエンス向上が課題。自国内で調達でき輸出も可能な資源を（単純に増産を目指すのではなく）「カード」とし交渉・貿易を可能にする自由貿易を行うことも有効、そのためには「エネルギー」分野と同様に戦略的に同じ価値観を共有する国との連携が重要。

デジタル技術がロシアのウクライナ侵略に与えるインパクト

- 現代のデジタル技術が初めて大規模紛争に動員され、4つの側面で戦争を変えている。
⇒ 1) 戦闘現場、2) サイバー上の戦い、3) 情報操作、4) 金融ネットワーク
- インターネット、通信・衛星といったインフラが、こうした戦争におけるデジタルを支える形となっている。

デジタルが変える戦闘現場

- ◆ 衛星画像情報による侵略状況の把握
- ◆ 市民のSNS情報活用（敵軍情報の提供）
- ◆ ビデオ会議システムによる戦闘指揮
- ◆ ドローンの活用（民生用 + 攻撃用）
- ◆ 米国はハイテク製品の輸出を規制、ハイテク技術規制の域外適用も実施

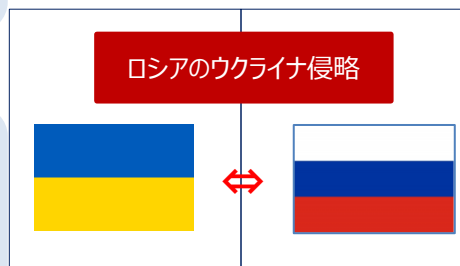
サイバー戦

- ◆ ロシアによる侵略直前の大規模サイバー攻撃（ウクライナ通信インフラを含む）
- ◆ ウクライナは「デジタル軍」を形成、ロシアのサイバー攻撃を監視、米IT企業も監視を支援
- ◆ 国際IT義勇軍が参入、ロシアへ攻撃

デジタルによる情報操作

- ◆ 陸・海・空に加えて第4の「情報戦」が登場
- ◆ SNS上での偽情報・画像の大量拡散
- ◆ ウクライナ大統領はSNSで国民へ直接発信
- ◆ ロシアは海外SNSを遮断
- ◆ 米IT大手はロシアでのサービス停止、偽情報の監視も実施

ロシアのウクライナ侵略



金融ネットワーク

- ◆ 西側諸国はロシアをSWIFTから締め出し、ロシアの海外資産を凍結
- ◆ 国際クレジットカードは対ロシア利用停止、ロシアは独自カード決済システムで国内カード運用
- ◆ 仮想通貨による軍資金獲得、NFTの活用



インターネット

- ◆ オープンプラットフォームとしての重要性
- ◆ 一方で遮断・分断の手段としても作用



インフラストラクチャー

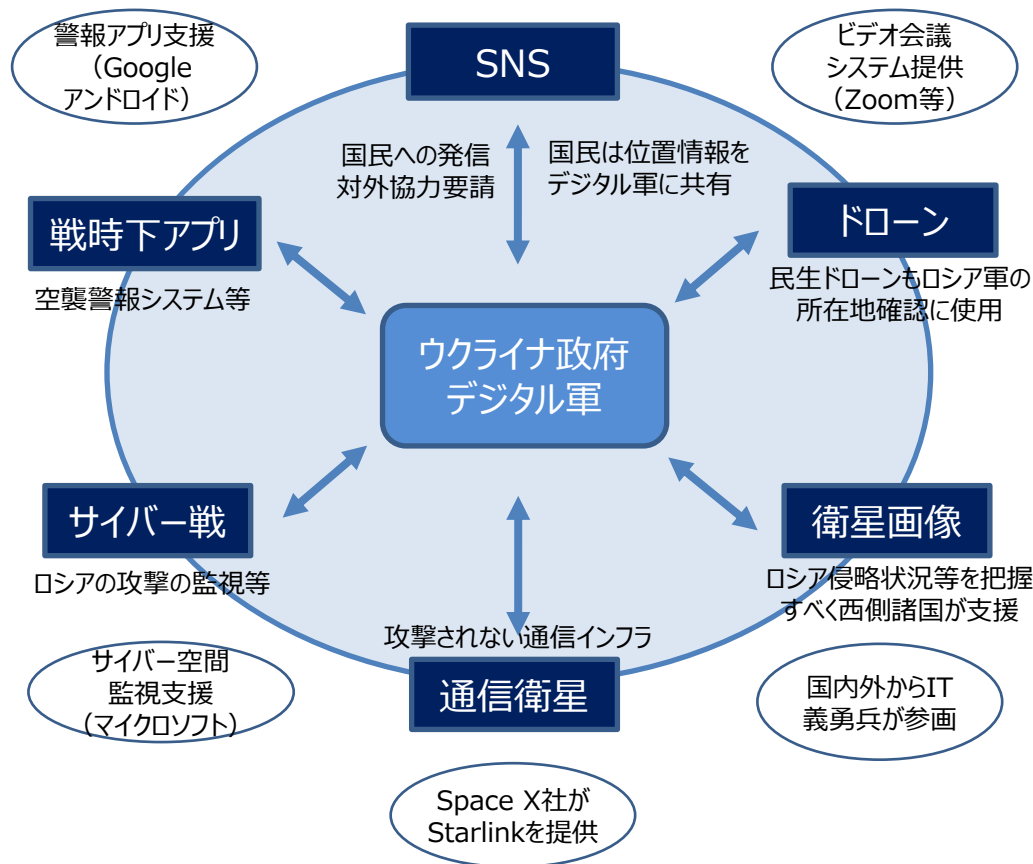


通信・宇宙

- ◆ 通信衛星が重要な通信手段として機能
- ◆ 衛星画像が戦闘現場を支援

- 31歳のデジタル大臣が「デジタル軍」を形成、国外からもデジタル義勇軍が参戦。
- イーロン・マスク氏に要請し、米Space X社のStar Linkで通信網を確保。
- 衛星画像、民生ドローン、市民のSNS情報を駆使してロシア軍の進行状況を掌握し攻撃。

デジタルを総動員して官民で抗戦、世界のテック企業がウクライナを支援



「対ロシア戦、通信が命綱 ウクライナの対外発信支える」

● 日本経済新聞 2022年4月26日付

「回線確保、米企業も即応

ウクライナ政府の動きも速かった。ロシア侵略後、米国を中心とした世界のIT企業に通信回線の確保などで支援を求めた。

要請を受けたマスク氏が率いるスペースXは、侵略直後から衛星通信システム「スターリンク」のサービスをウクライナ向けに始め、専用の通信設備を大量に提供している。利用者は増えており、調査会社の米センサータワーによると、同国では3月15日から10日ほど、スターリンクのアプリが1日のダウンロード数で3位以内だった。

「デジタル外交」を指揮したのは、ウクライナのミハイロ・フォードロフ副首相兼デジタル転換相だ。2019年に発足したデジタル転換省は政府機関のデジタル化を推進する役割を担ってきたが、ロシアによる侵略を受け、デジタル戦線に対応する組織に改めた。フォードロフ氏は31歳で、オンライン広告会社の起業を経て、最年少の大臣として19年発足のゼレンスキー政権に入閣した。」

- 東西冷戦の終結以降、世界はインターネットをはじめとするグローバルでオープンなネットワークを構築し、世界的なデジタル社会が形成されてきた。今回の侵略によって、そのネットワークの分裂が多方面で発生し、自国・自地域完結が加速する可能性がある。

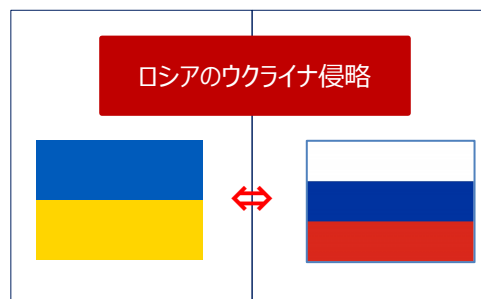
今後、中長期で分裂が懸念される分野

インターネットサービスの分裂

「スプリンターネット」（インターネットの分裂）が世界的に現実となる可能性
（中国は既にGreat Firewallを構築）

情報・データの分裂

各国はサイバーセキュリティを強化
自国・自地域でのデータ保護が進展



サプライチェーンの見直し

半導体や自動車分野での資源・原材料戦略の見直し、代替技術の開発
自国完結サプライチェーン追及の加速

国際宇宙協力の分裂

国際協力の枠組みが変化
各国が自前の衛星通信網を競争

（ページ55参照）

<今後の検討課題>

前述の情勢を踏まえ、今後の世界的な検討課題は以下の通り。

短期的（数年）課題

- ・ 今回世界が経験しているデジタル戦争を踏まえ、デジタル環境の頑健性を高める必要がある。
- ・ 具体的には、平時からバーチャルエコノミーやデジタルエコノミーを最大活用することが急務。
- ・ 平時および非常時における偽情報対策を講じることも重要。
- ・ 加えて、非常時に備え、サイバー攻撃対策の強化（サイバーレジリエンスの強化）、とりわけ制御システムへの対策強化、さらにはサイバー戦に対する備えの強化。
- ・ これら対策を推進するデジタル人材、サイバーセキュリティ人材、彼らを牽引する経営者の育成・確保。

中長期的（2030～2050年）課題

- ・ 正しい情報が検証できるような、オープンなインターネット環境を確保し続けることが課題となっている。
- ・ 具体的には、発信源、媒体、速度、鮮度等の情報に付随する情報（メタ情報）を認識し、定量的に評価する技術が重要。
- ・ 衛星通信環境を確保する等、バックアップ体制を取りやすくするような取り組みの推進も必要。



日本のウェルビーイング促進のためにも重要

- ロシアのウクライナ侵略を発端とし、世界が二極化しつつある中、エネルギー安全保障の重要性が浮き彫りになった。今後、国際エネルギー市場の不安定化とエネルギー価格の高騰が続くことが予想され、世界に与えるインパクトは深刻で、後戻りできない状況。
- 今後世界において、エネルギー安全保障の観点から、安定供給の確保を前提に化石燃料への依存を減少させるとともに、2050年のカーボンニュートラルの実現に向けた取り組みを着実に推進することが求められる。短期的にはロシア以外からの調達先を確保する等安定供給確保や既にある有効な省エネ技術の普及促進、中期的には省エネ技術のもう一段の深掘りや再エネの導入加速に向けたエネルギーシステムの全体最適化等技術の開発、長期的には2050年のカーボンニュートラルに向けたエネルギー調達拡大やレジリエンス強化及び省資源化・資源循環等の技術開発の一層強化、が求められる。
- ロシアのウクライナ侵略の影響により調達リスクが高いと考えられる鉱物資源や希ガスについても、安定的な原料調達や代替資源開発の重要性が再認識された。中長期的には、原料から製品までのサプライチェーンの強靱化が重要とされる。このため、サプライチェーンの垂直連携を強化し、調達リスクにより柔軟に対応できるような仕組みの構築が求められる。
- エネルギーや鉱物資源等の調達先の多様化や技術開発にあたっては、潜在的风险と将来のチャンスを見据えながら、戦略的に同じ価値観を共有する国との連携が重要。
- デジタル技術が初めて大規模紛争に動員され、デジタル技術の重要性が再認識された。平時から偽情報対策やサイバー攻撃対策の強化等デジタル環境の頑健性を高めるとともに、デジタル人材、サイバーセキュリティ人材を育成・確保していくことが必須。
- 今後、停戦や経済復興シナリオ、石炭や原子力の位置付け等、様々な不確定要素やリスク等にも留意しながら、関連分野における技術戦略等の検討・見直し等が必要。

- 社会変化が社会像に与える影響を特定し、影響を排除する方法や代替手段などにより影響を緩和する方法の検討が必要



➡ 次頁以降で、関連する社会像についてのイノベーション例を提示。

現代社会が取り組むべき イノベーション例

■ 本編で導出した実現すべき社会像を基に、政府による白書や官民による未来予測、NEDO/TSC技術戦略などを分析し、現代社会が目指すべき目標と取り組むべきイノベーション例を創案、および抽出した。

実現すべき社会像

誰もが健康で食事に困らない社会

全ての人々を孤独や孤立、排除や摩擦から援護し長期的に健康で食事や住居の不安がなく、ゆとりを感じられる生活をおくることができるよう、社会の一員として包み支え合う社会



現代社会が目指すべき目標

誰もが食べ物に困らない社会

資源循環型食料生産の実現

- 生物機能をフルに活用した完全資源循環型食料生産
- ⇒持続的な食料供給産業の創出

食のサプライチェーンの強靱化

- スマート農業等による持続的な食料生産・消費システム構築
- 食品ロスの削減
- ⇒無駄のない食料供給体制の構築

食の充実による満足度の向上

- 栄養・健康状態に応じたセルフケア食の提供
- ⇒いつまでも食を楽しむことができる社会



取り組むべきイノベーション例

イノベーション例 食のサプライチェーンの強靱化

■スマート農業により、労働力不足が深刻化する中、生産性を飛躍的に高めることが可能

■作業の自動化、情報共有の簡易化、データの活用による省人化・環境保全

農業分野では、労働力不足が深刻な課題があるが、依然として人手に頼る作業や熟練者でなければできない作業が多く、省力化、人手の確保、負担軽減に係る技術の開発・実用化が必要



【主要な学問・技術分野】

- ・ロボティクス
- ・自動制御
- ・知能機械システム
- ・学習制御
- ・空間知能化システム
- ・農業機械システム
- ・生物生産施設
- ・生産環境調節
- ・農業気象環境
- ・農業情報システム
- ・遠隔計測情報処理
- ・水産資源管理
- ・水産工学
- ・森林計画

政府による白書など

- ・内閣府 高齢社会白書
- ・総務省 未来をつかむTECH戦略
- ・経済産業省 ものづくり白書
- ・文部科学省 科学技術白書

官民による未来予測

- ・日本学術会議 夢ロードマップ2014
- ・三菱総合研究所 未来社会構想2050
- ・NEDO/TSC技術戦略

未来予測

科研費小区分内容

小区分	内容の例
26010	〔金属材料物性関連〕 電気磁気物性、電子情報物性、準安定状態、拡散、相変態、状態図、結晶格子欠陥、力学物性、熱光物性、材料計算科学、など
26020	〔無機材料および物性関連〕 機能性セラミックス、機能性ガラス、構造用セラミックス、カーボン系材料、結晶構造解析、組織制御、電気物性、力学物性、物理的・化学的性質、粒界物性、など
26030	〔複合材料および界面関連〕 機能性複合材料、構造用複合材料、生体用複合材料、複合高分子、表面処理、分散制御、接着、接着、界面物性、傾斜機能、など
26040	〔構造材料および機能材料関連〕 社会基盤構造材料、粘性、医療福祉材料、機能性高分子材料、信頼性、光機能材料、センサー材料、エネルギー材料、電池機能材料、環境機能材料、など
26050	〔材料加工および組織制御関連〕 加工成形、加工熱処理、結晶組織制御、レーザー加工、精密加工、研磨、粉末冶金、コーティング、めっき、腐食防食、など
26060	〔金属生産および資源生産関連〕 分離精製、融解凝固、結晶成長、鋳造、資源保障確保、希少資源代替、低環境負荷、リサイクル、エコマテリアル、省エネルギー、など

■ 現在の経済社会情勢・課題を踏まえ、下記に示す46編の政府白書、日本学術会議提言、国内外の官民による未来予測、NEDO技術戦略等を参考にし、本編で示した12の社会像の実現に向けて「現代社会が取り組むべきイノベーション例」を創案、抽出したので紹介する。

政府白書

発行機関	文章名
内閣府	防災白書
	高齢社会白書
	障害者白書
	交通安全白書
	統合イノベーション戦略2020
総務省	情報通信白書
	未来をつかむTECH戦略
文部科学省	科学技術白書
	文部科学白書
	科学技術予測調査
文科省・経済省	マテリアル革新力強化のための政府戦略に向けて
厚生労働省	厚生労働白書
厚労省・経済省	未来イノベーションワーキンググループ
農林水産省	食料・農業・農村白書
水産庁	水産白書
経済産業省	製造基盤白書(ものづくり白書)
資源エネルギー庁	エネルギー白書
中小企業庁	中小企業白書
国土交通省	国土交通省白書
	交通政策白書
観光庁	観光白書
環境省	環境白書・循環型社会白書・生物多様性白書

日本学術会議提言、国内外の官民による未来予測

発行機関	文章名
日本学術会議	理学・工学分野における科学・夢ロードマップ2014(夢ロードマップ2014)
	日本における農業資源の潜在力を顕在化するために生産農学が果たすべき役割
	超高齢社会における生活習慣病の研究と医療体制
JST CRDS	「システム科学技術を用いた予測医療による健康リスクの低減」に関する研究開発戦略
	AI×バイオ DX時代のライフサイエンス・バイオメディカル研究
	デジタルトランスフォーメーションに伴う科学技術・イノベーションの変容
	二酸化炭素資源化に関する調査報告
	米国「科学イノベーション政策のための科学」の動向と分析
	計測横断チーム調査報告書 計測の俯瞰と新潮流
	Beyond Disciplines – JST/CRDSが注目する12の異分野融合領域・横断テーマ (2018年)
	計測横断チーム調査報告書 計測の俯瞰と新潮流
	次世代ものづくり ～基盤技術とプラットフォームの統合化戦略～
JST	未来社会創造事業
みずほFG	「2050年のニッポン～課題を乗り越え、輝き続けるために～」
三菱総研	未来社会構想2050
欧州委員会	研究・イノベーション総局「プロジェクト・ボヘミア」
ロイヤルダッチシェル	「スカイシナリオ」
日立製作所	「ビジョンデザイン」
OSTP(米国)	地球システム研究開発の戦略的枠組みとロードマップ(2020年)
	高齢化をサポートする新興技術(2019年)
Eurofound	ヨーロッパにおける社会的結束と幸福(2018年)
European Commission	Horizon Europe

「豊かな未来」を実現するために取り組むべきイノベーション例

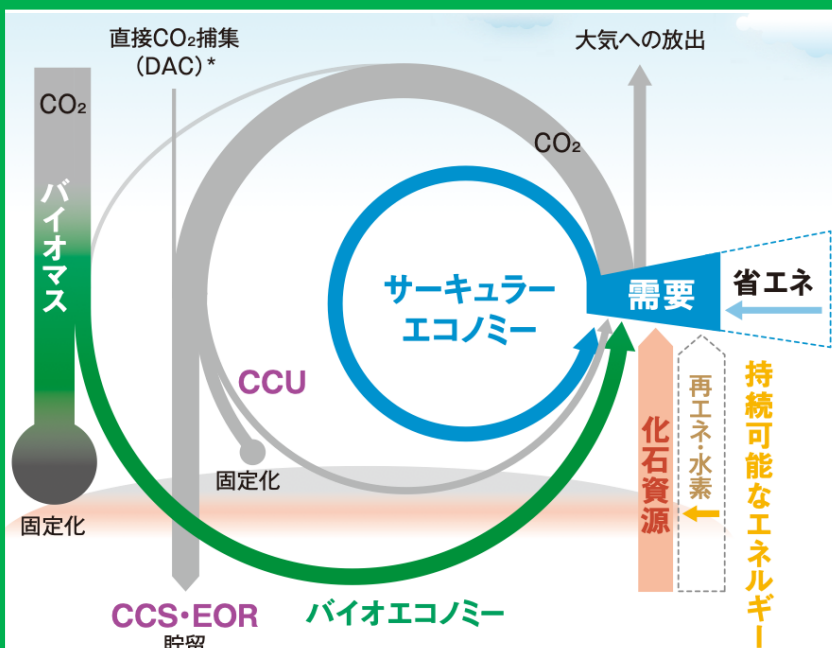
■ 創案、抽出した40のイノベーション例を目次としてリスト化すると、以下のとおり。

6つの価値軸		12の社会像	イノベーション例
Value of Life (多様な幸せ)	健康で安定な生活の実現	誰もが健康で食事に困らない社会	生活習慣病・難病の克服(P6)、誰もが望む医療・介護を享受(P8)、健康リスク制御の実現(P10)、感染症対策(P11)、資源循環型食料生産の実現(P12)、食のサプライチェーンの強靱化(P13)、食の充実による満足度の向上(P14)
		多様性を認め合える全員参加型社会	価値共創基盤の構築(知識のデジタル化)(P16)、開かれたコミュニティ×技術(P17)、インクルーシブ・イノベーション(P18)
	自分らしい生き方の実現	誰もが潜在能力を発揮し自己の理想を実現できる社会	人間理解の深化(P21)、人間の能力の限界への挑戦(P22)、未開領域への挑戦(P23)、五感の活用による究極のバーチャル空間の実現(P24)、バーチャル空間上でやりたい自分を実現(P25)
		誰もが無理なく働き続けられる社会	やりがいのある仕事への変革(P27)、柔軟な働き方の実現(P28)
Sustainability (持続可能性)	持続可能な経済成長の実現	基幹産業・技術の創成による持続可能な社会	多品種少量生産の実現(P31)、DX推進によるモノのサービス化(P32)、データ駆動型材料開発(P33)
		物質循環による持続可能な社会	循環性の高いビジネスモデルへの転換(P35)、環境にやさしいものづくりの追求(P36)
	持続可能な自然共生世界の実現	持続可能で自然にやさしい社会	炭素循環社会の実現(P39)、地域循環共生圏の構築(P40)、バイオマス産業都市の構築(P41)
		環境と調和した持続可能なエネルギー社会	エネルギーネットワークの脱炭素化・強靱化(P43)、エネルギー技術の転換(P44)、水素社会の実現(P45)
Resilience (強靱性)	強靱で快適な社会基盤の実現	快適で活力に満ちた社会	自然と共生する持続可能都市(P48)、自立・分散型社会の実現(P49)、デジタル対応都市の実現(P50)
		強くてしなやかな社会	社会インフラのレジリエンス機能向上(P52)、持続可能インフラの整備(P53)、デジタル・通信インフラの整備(P54)、交通・物流革命(P55)
	安全・安心な国の実現	誰もが自由に安全に活動ができる社会	モビリティ革命の実現(P58)、地域コミュニティの活性化(P59)、安全性確保と信頼性醸成(P60)
		透明性・信頼性の高い社会	データ駆動型社会の実現(P62)、行政の在り方変革(P63)

■ 大気・海などの環境も含む物質の循環、地域の経済・社会活動とライフサイクルにわたる省資源化の両立を図り、自立・分散型で健やかな自然環境の保全・創造を実現した社会を目指す

社会像の実現に向け、現代社会が取り組むべき目標とイノベーション

炭素循環社会の実現

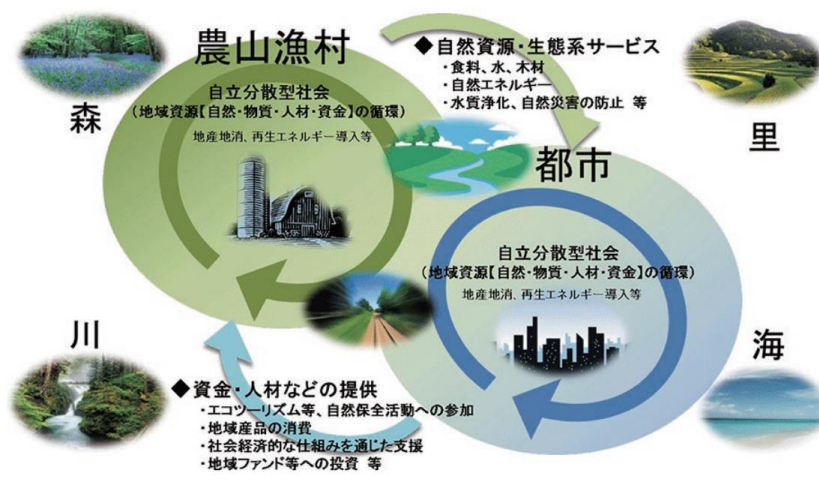


出典：持続可能な社会の実現に向けた技術開発総合指針2020(NEDO)

大気等の環境も含む炭素循環を実現する
CCUS/カーボンリサイクル分野
⇒炭素循環システムの構築

地域循環共生圏の構築

農山漁村、都市双方の人々の暮らしを豊かにしながら、地域の活力を最大限に発揮



出典：環境・循環型社会・生物多様性白書(環境省、2020)

⇒自然と人間との「共生」や地域間の「共生」が図られた循環共生社会の構築

バイオマス産業都市の構築



多くのバイオマスは地域に広く薄く存在



出典：バイオマスの活用をめぐる状況(農林水産省)

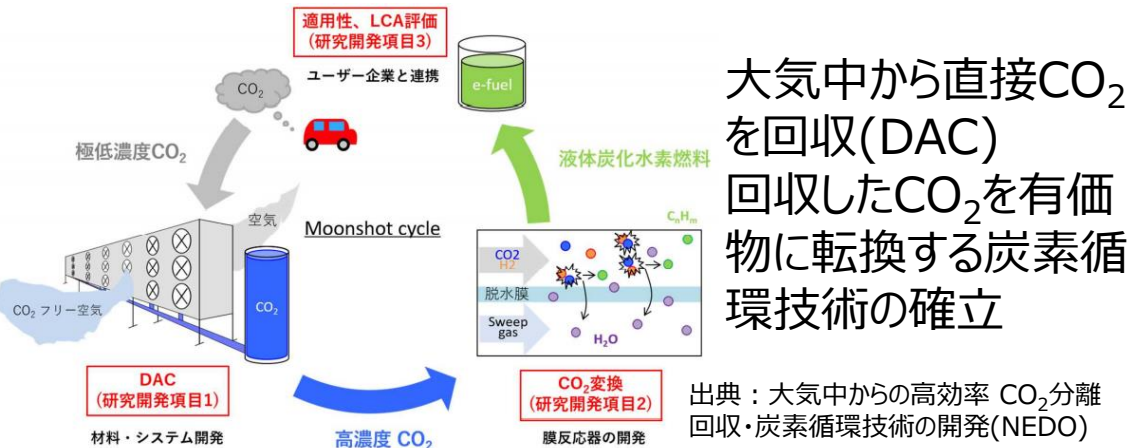
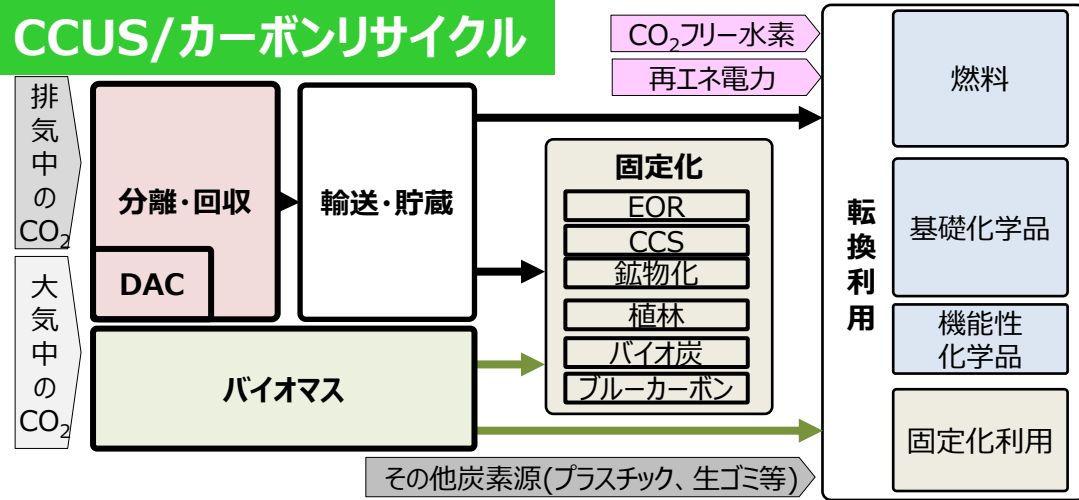
⇒経済性が確保された一貫システム構築

イノベーション例 炭素循環社会の実現

- 使用済みプラスチック、バイオマス等有用炭素源、さらにはCO₂を原料とした製造
- 大気中のCO₂の貯留・固定化するネガティブエミッション技術

化石燃料由来物質を、CO₂を原料とした化学物質に代替することで、炭素循環社会の構築を目指す

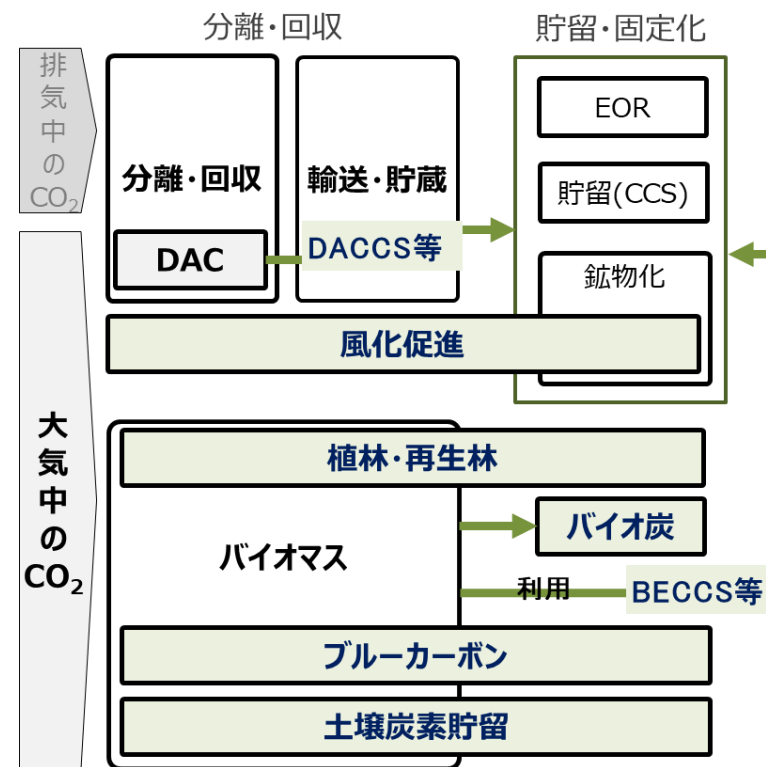
CCUS/カーボンリサイクル



大気中から直接CO₂を回収(DAC)
回収したCO₂を有価物に転換する炭素循環技術の確立

出典：大気中からの高効率 CO₂分離回収・炭素循環技術の開発(NEDO)

ネガティブエミッション技術



【主要な学問・技術分野】

- ・産業共生
- ・CO₂分離・回収 / DAC
- ・ケミカルリサイクル
- ・CCU (炭酸塩、機能性化学品製造)
- ・水素によるCO₂転換
- ・eFuel
- ・植物由来原料による化学品製造
- ・人工光合成
- ・スマートアグリ技術
- ・風化促進
- ・ブルーカーボン技術
- ・土壌炭素貯留
- ・BECCS / バイオ炭

イノベーション例 地域循環共生圏の構築

- 地域の特性に応じた資源活用を促進する技術の開発
- 自立・分散型の社会形成を可能とする資源循環型ビジネスの構築と創出

地域資源を最大限活用しながら自立・分散型の社会を形成し、地域循環共生圏の構築を目指す

広域化・統合管理

特定の拠点に循環資源を集中→多様な資源の性質に応じた処理方法の選択→効果的な転換

プラスチックリサイクルシステム(地元で選別・資源化・再資源化製品循環)など



地域課題の解決

高齢化問題(使用済み紙おむつの再資源化)

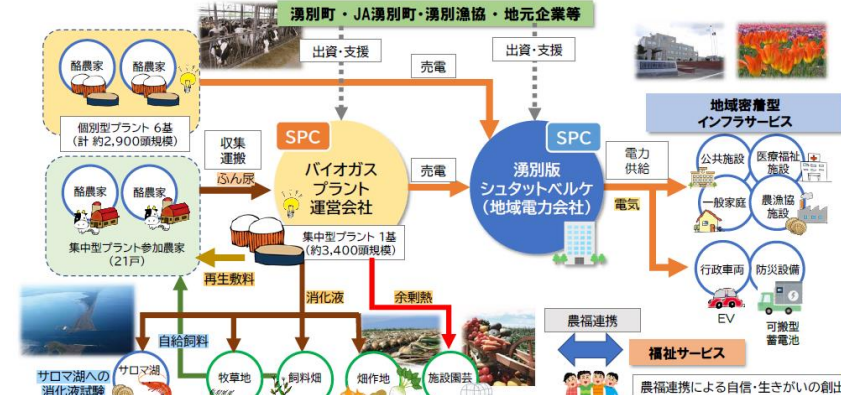


出典：地域循環共生圏形成に向けて-循環分野(環境省)

分散型エネルギーシステム



出典：分散型エネルギープラットフォーム(2021年2月,資源エネルギー庁、環境省)



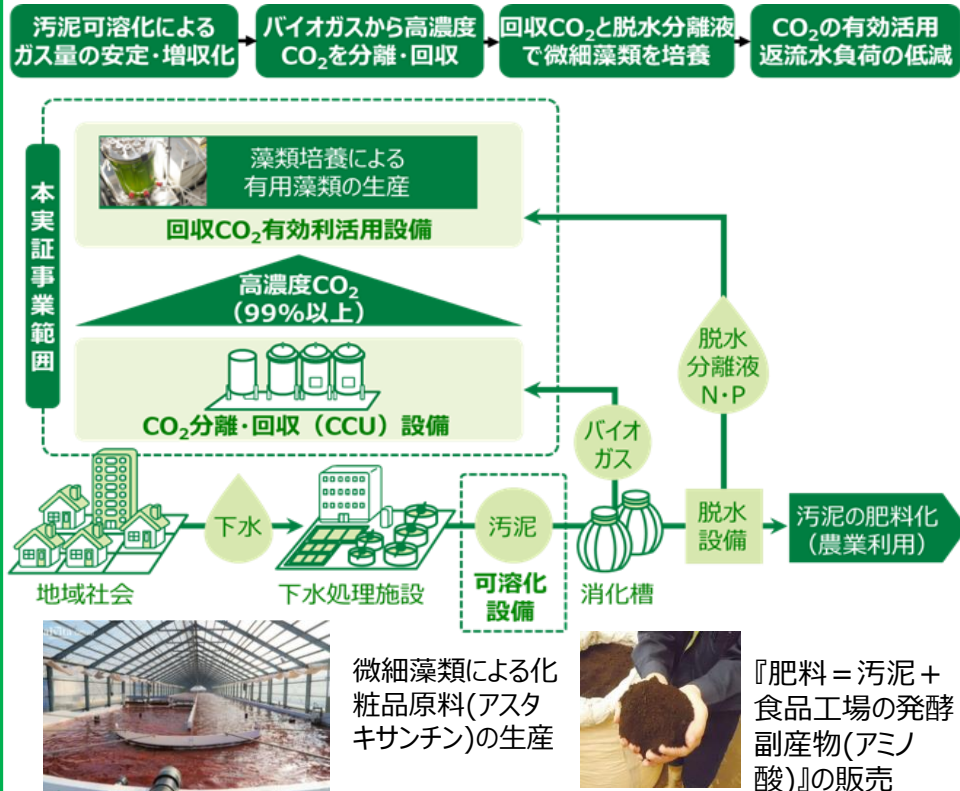
出典：湧別町バイオマス産業都市構想(農林水産省)

【主要な学問・技術分野】

- ・再生可能エネルギー
- ・物質循環システム
- ・物質エネルギー収支解析
- ・低炭素社会
- ・地域創生
- ・水システム
- ・産業共生
- ・資源エネルギー循環
- ・プラスチックリサイクル技術(マテリアル化、油化、RPF化)
- ・再資源化技術
- ・分散型エネルギーシステム(マイクログリッド、EMS、VPP、蓄電池、再生可能エネルギー)

- 清掃工場や下水処理場から発生したCO₂を分離・回収(CCU)し、微細藻類の培養や農作物の栽培(施設園芸農家や植物工場)に活用
- 廃水/廃棄物の統合や地域バイオマスの集約による有効活用

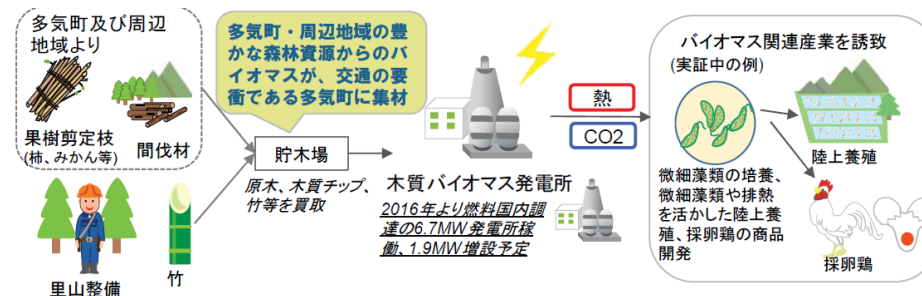
清掃工場排出CO₂の活用(佐賀市)



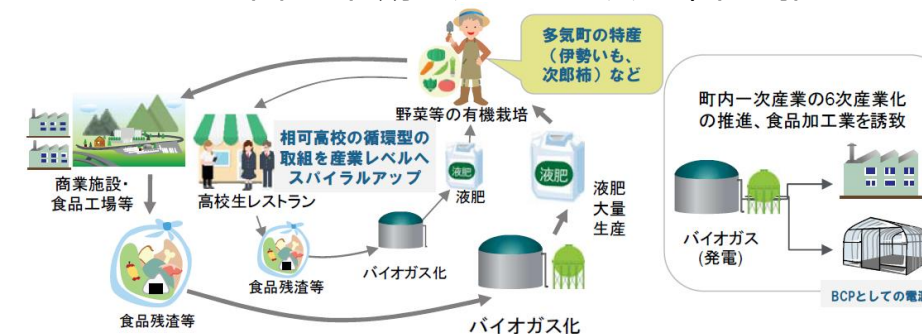
出典：B-DASH「バイオガス中のCO₂分離・回収と微細藻類培養への利用技術実証研究」(国土交通省)

バイオマス発電(三重県)

＜木質バイオマス発電バリューチェーン＞



＜地域循環型バイオマス農業・食産業の構築＞ 廃棄物の有効活用による6次産業化の推進



出典：令和2年度 多気町バイオマス産業都市構想(農水省)

【主要な学問・技術分野】

- ・バイオマス利活用
- ・バイオマスリファイナリー
- ・環境調和型農業
- ・資源循環システム
- ・再生可能エネルギー
- ・廃棄物統合システム
- ・バイオマス発電
- ・廃棄物ガス化による化学品・燃料合成技術
- ・CO₂分離回収技術
- ・CO₂による植物工場
- ・微細藻類による有用物質生産技術
- ・廃水濃縮化
- ・活性汚泥の再利用
- ・メタン発酵

社会像 環境と調和した持続可能なエネルギー社会

- 必要な時に必要なエネルギーを供給できる強靱で脱炭素なエネルギーネットワークの構築
- 電力分野の脱炭素化と産業、運輸分野の電化の促進

社会像の実現に向け、現代社会が取り組むべき目標とイノベーション

エネルギー網の脱炭素・強靱化

再エネ・蓄電・デジタル制御技術等を融合した脱炭素化エネルギーネットワークの構築
 安定的なエネルギーの確保、エネルギーセキュリティの強化
 地域資源も活用した分散型ネットワークシステム
 変動再エネの利用効率向上と再エネを用いた系統の調整力、慣性力の確保
 発電側、需要側を統合的に最適化する統合シミュレーション技術
 エネルギー資源の循環利用

⇒次世代統合エネルギーネットワークの構築

エネルギー技術の転換

再生可能エネルギーの主力電源化
 太陽光発電の高効率化、低コスト化
 洋上風力発電の導入拡大
 脱炭素燃料による発電技術
 蓄エネ技術の高性能化
 蓄電池の高密度化、低コスト化
 全固体リチウム電池の開発
 徹底した省エネ
 エネルギー利用技術の高度化
 未利用熱の有効利用技術の開発
 パワーエレクトロニクスの普及拡大
 超電導技術の利用分野拡大

⇒エネルギー技術の高性能化、低コスト化、信頼性向上、脱炭素化

水素社会の実現

安価な水素製造技術
 脱炭素な水素製造技術の開発
 水電解装置の高性能化
 輸送・供給技術
 水素キャリアの製造・輸送・利用技術の開発
 海外からの水素長距離輸送技術
 新型の水素キャリア技術の開発
 利用技術の拡大
 FCV用の燃料電池の利用技術の拡大
 定置型燃料電池の導入普及
 産業、運輸、業務分野での水素利用技術の拡大

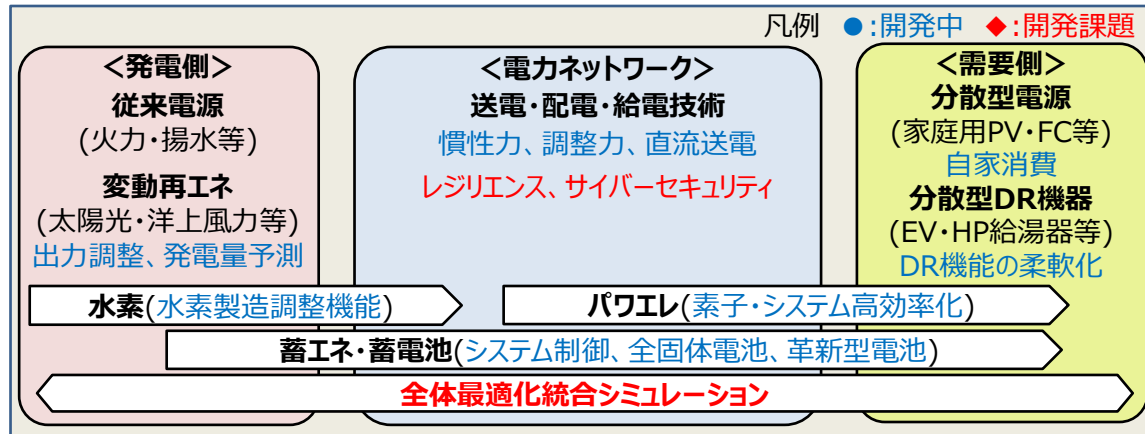
⇒水素エネルギーの実用化加速

イノベーション例 エネルギーネットワークの脱炭素化・強靱化

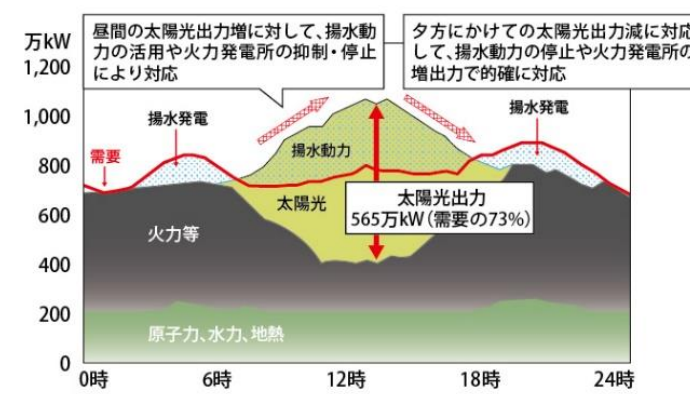
- 必要な時に必要なエネルギーを供給できるエネルギーネットワークの構築
- 安定的なエネルギーの確保、レジリエンス、エネルギーセキュリティの強化

再エネ、蓄電、デジタル制御技術等を融合して強靱で脱炭素なエネルギーネットワークの構築を目指す

脱炭素で強靱な電力ネットワークの構築に関する技術課題



ダックカーブ問題

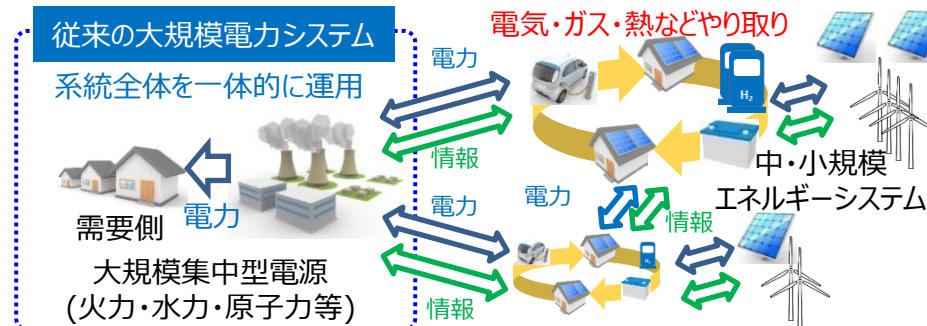


出典：九州電力「2017年度 経営計画の概要〔詳細版〕」

超分散エネルギーシステム

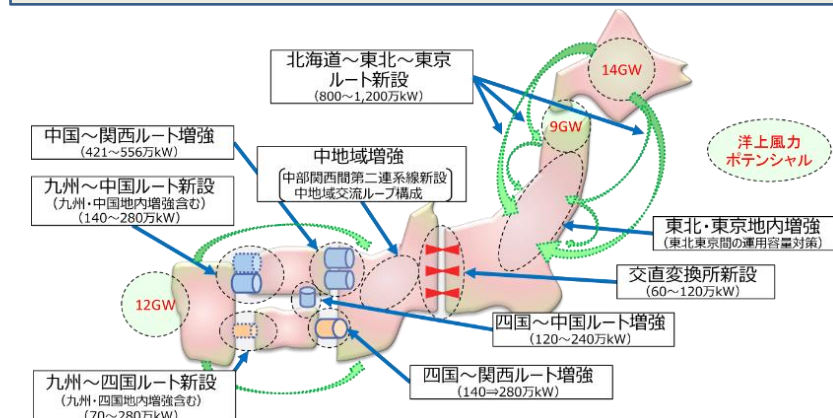
- ・中小規模エネルギーシステムと従来の大規模電力システムが混在
- ・電力・ガス・熱等エネルギー・情報を双方向でやり取り

出典：NEDO TSC Foresight Vol.19(NEDO)



【主要な学問・技術分野】

- ・エネルギーシステム
- ・エネルギー技術政策
- ・再エネ、蓄電、デジタル制御技術等を融合した脱炭素化エネルギーネットワーク構築
- ・安定的なエネルギー確保、エネルギーセキュリティ強化
- ・分散型ネットワークシステム
- ・変動再エネに対する系統の調整力、慣性力の確保
- ・電力需給を最適化する統合シミュレーション技術
- ・エネルギー資源の循環利用



出典：第8回広域連系システムのマスタープラン及び系統利用ルールの在り方等に関する検討委員会（電力広域的運営推進機関）

- 創・蓄・省エネルギー・エネルギー利用技術の脱炭素化、低コスト化、信頼性の向上
- 国際競争力のあるエネルギー技術と国内サプライチェーンの構築

非連続なイノベーションによって、高性能、低コストかつ信頼性の高いエネルギー技術の開発・社会実装を目指す

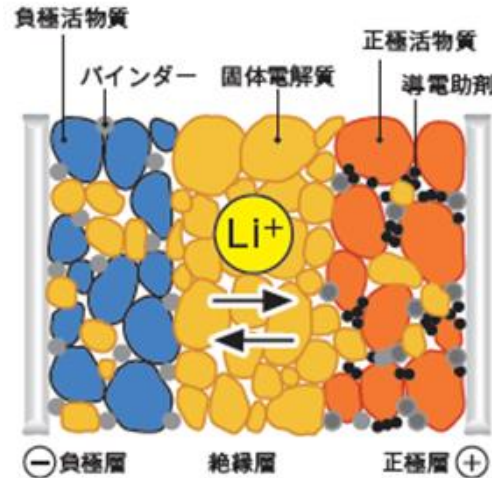
再エネの主力電源化



太陽光発電のビル壁面への設置

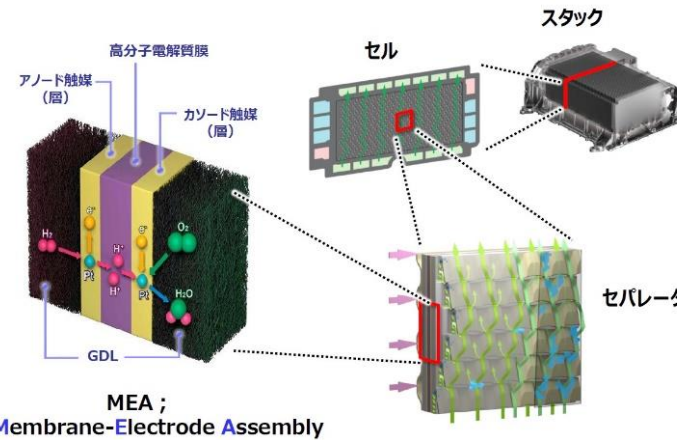
(写真：大成建設ウェブサイトより引用)

全固体LIBの模式図



出典：focus NEDO No69, 2018

燃料電池のセル・スタック



出典：NEDO水素・燃料電池プロジェクト評価・課題共有ウィーク「FCV用燃料電池の現状と課題」(トヨタ自動車、本田技術研究所)

【主要な学問・技術分野】

- ・エネルギー変換材料
- ・電池と電気化学材料
- ・物質変換と触媒

再エネの主力電源化

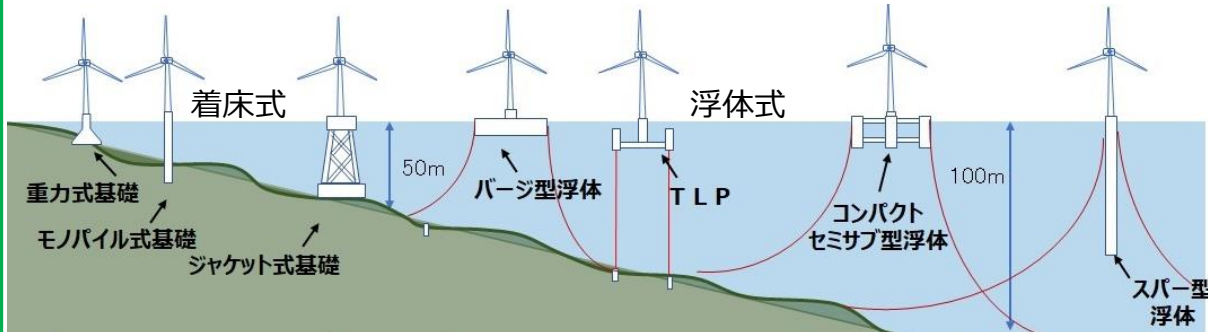
- ・PVの用途拡大
- ・洋上風力発電の導入拡大
- ・脱炭素燃料による発電技術

蓄エネ技術の高性能化

- ・蓄電池高密度低コスト化
- ・全固体リチウム電池技術

徹底した省エネ

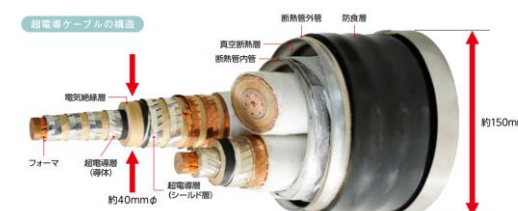
- ・エネルギー利用技術
- ・未利用熱の有効利用技術
- ・パワエレの普及拡大
- ・超電導技術



水深と洋上風力の基礎形式

出典：日本風力エネルギー学会，通巻132号を元にNEDO作成

超電導ケーブル



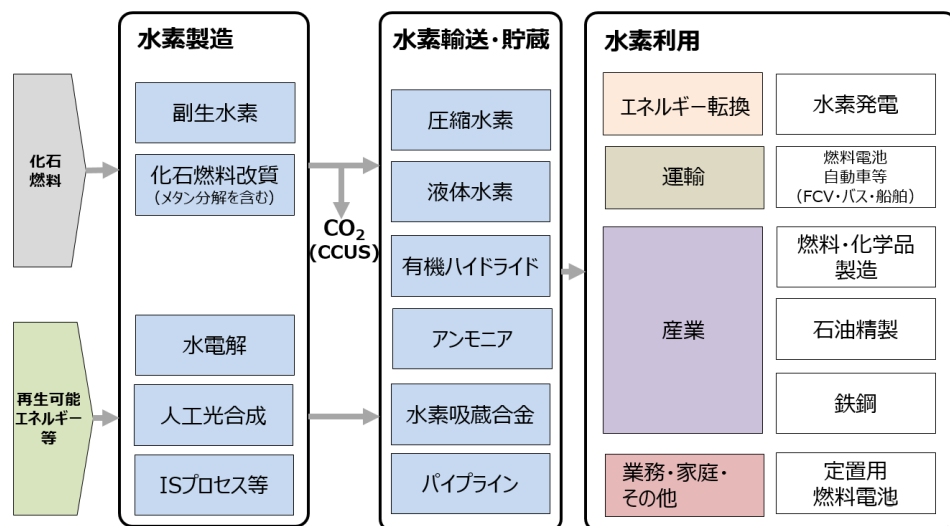
出典：focus NEDO No49, 2013

イノベーション例 水素社会の実現

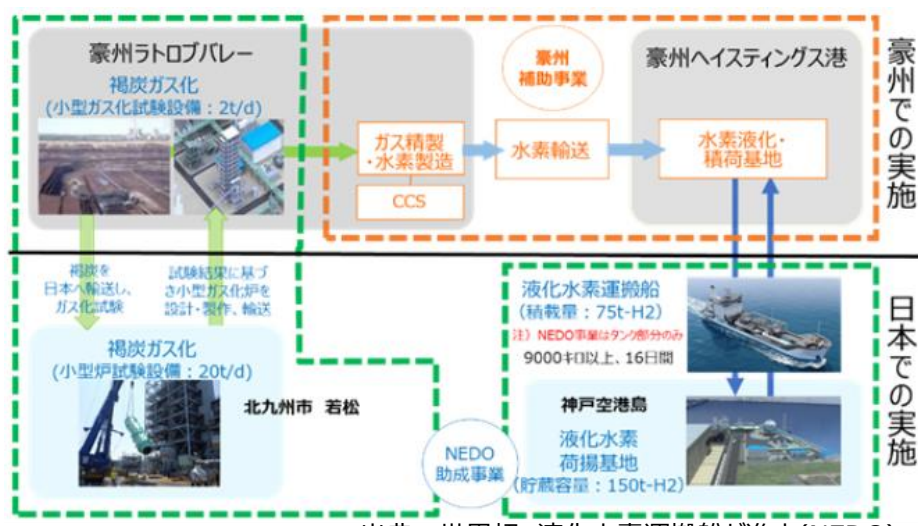
- 水素社会の実現によるカーボンニュートラルの達成
- 水素社会実現のための水素技術(製造、輸送・貯蔵、利用)の開発推進

水素製造、輸送・貯蔵、利用技術の開発推進により水素社会の構築を目指す

水素技術の全体俯瞰



水素輸送技術(液体水素輸送)



出典: 世界初、液化水素運搬船が進水(NEDO)

水素利用技術



水素発電がスタービン (川崎重工)



FCV MIRAI (トヨタ自動車)



定置用FC (パナソニック)

【主要な学問・技術分野】

- ・エネルギー変換材料
- ・物質変換と触媒

水素製造技術

- ・水電解装置低コスト化・高効率化技術
- ・革新的水素製造技術

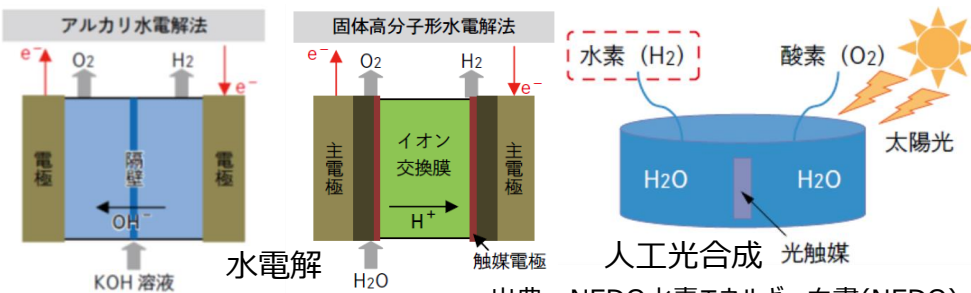
水素輸送・貯蔵技術

- ・高効率水素液化技術
- ・有機ハイドライド低コスト合成技術
- ・軽量・高容量貯蔵技術

水素利用技術

- ・ガスタービン水素専焼技術
- ・FCV利用拡大
- ・水素還元製鉄技術
- ・定置用FC高効率化

水素製造技術



出典: NEDO水素エネルギー白書(NEDO)

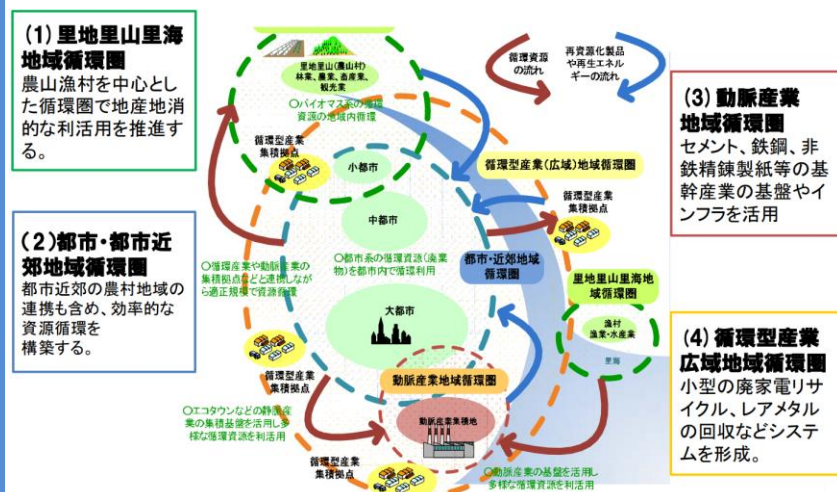
強靱で快適な社会基盤の実現

- 自然と人間との共生および地域間の共生の実現による循環共生型社会の構築
- リモート化、バーチャル技術の推進による自立・分散型社会の実現
- 都市の動きを丸ごと可視化・予測が可能であるデジタル対応都市の実現

社会像の実現に向け、現代社会が取り組むべき目標とイノベーション

自然と共生する持続可能都市

資源循環システムによる環境負荷低減
地域循環圏構想・将来ビジョンガイドライン



出典：地域循環圏形成推進ガイドライン(環境省)

⇒自然と人間との「共生」や地域間の「共生」が図られた循環共生社会の構築

自立・分散型社会の実現

地方においても大都市圏と協働・連携
オフィスや仕事場の地域配置が分散的



出典：TSC Foresight短信「コロナ禍後の社会変化と期待されるイノベーション像」(NEDO)

リモートワークの実現により必ずしも移動が必要ない＝交通インフラの東京一極集中の影響が薄れる
送電網短縮化、災害・疫病に強い国
⇒分散型・ネットワーク型への転換

デジタル対応都市の実現

災害・疫病への強靱性向上
国土交通データプラットフォームによるデータ連携による新価値創造や災害予測、災害時の迅速な復旧活動、避難誘導



気象・防災・減災にかかる先端技術、自動運転、AI、ICT、ロボット技術に対応した都市の計画・建設
⇒都市活動全体のデジタル化・最適化 95

- 自然の恵みを将来にわたって享受できる「自然共生社会」の構築
- 資源循環システムによる環境負荷低減、自然災害の軽減に資する森林資源の有効活用

自然と人間との「共生」や地域間の「共生」が実現した循環共生型の社会を目指す

資源循環システムによる環境負荷低減と共生循環型社会の実現

地域の特色に応じた地域循環圏の類型

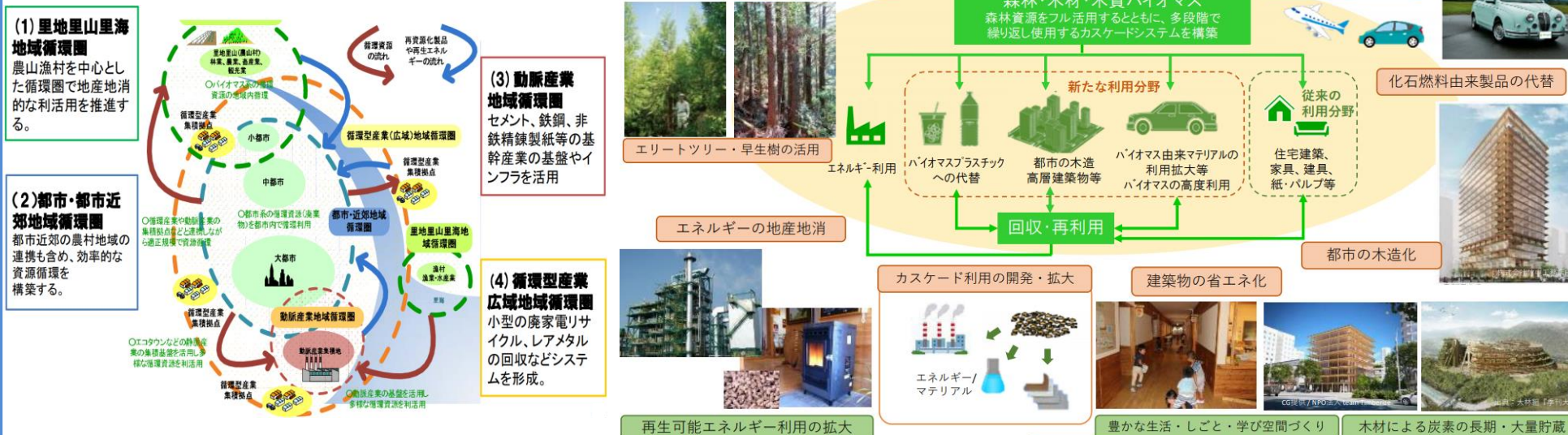
(1) 里地里山里海地域循環圏

(2) 都市・都市近郊地域循環圏

(3) 動脈産業地域循環圏

(4) 循環型産業広域地域循環圏

自然災害の軽減に資する「森林資源」との共存
(森林・木材・木質バイオマスの有効活用)



出典：地域循環圏形成推進ガイドライン(環境省)

出典：みどりの食料システム戦略 中間取りまとめ(農林水産省)

【主要な学問・技術分野】

- ・エリートツリー・早生樹の育種技術
- ・AI、レーザー計測等の森林資源情報把握技術
- ・遠隔操作・自動化技術
- ・IoT活用による生産・流通のサプライチェーン効率化
- ・木材由来(改質リグニン、セルロースナノファイバー等)の新素材の高機能化技術
- ・木材のカスケード利用技術
- ・地産地消のバイオマス発電
- ・高層木造建築物等の木材利用拡大技術
- ・健康で豊かなライフスタイル実現のための森林サービス

- 東京一極集中の影響を緩和できる高度なリモートワーク技術の実現
- 送電網の短縮化、災害・疫病に強い社会を実現

自立社会を分散させて都会への機能・人口の集中を緩和し、様々な災害等への耐性強化を目指す

自立・分散型社会の実現に必要な基盤技術

【コネクテッド・インダストリーズの実現】

クラウド×次世代コンピューティング エッジ×革新的AIコンピューティング



多様な人、組織、機械、技術がつながる社会の基盤技術

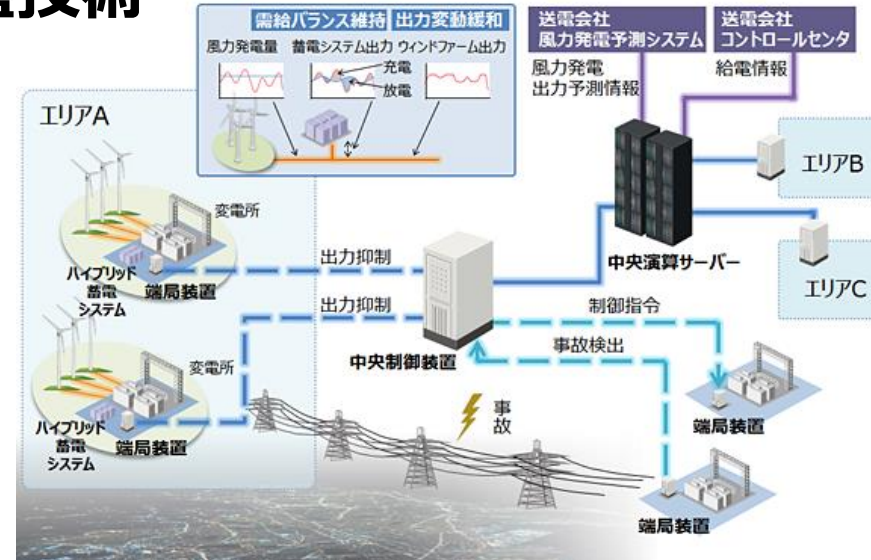
出典：高効率・高速処理を可能とするAIチップ・次世代コンピューティングの技術開発事業（経済産業省）

東京一極集中から
地方分散へ



ネットワークでつながり
リモートワークを実現

スマートグリッド



出典：ポーランドでスマートグリッド実証事業の事前調査を開始(NEDO)

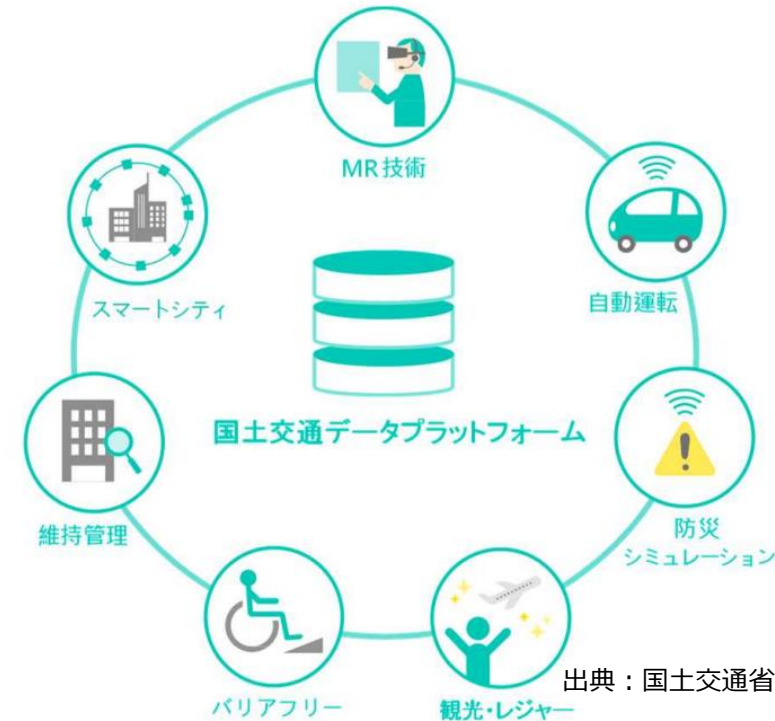
【主要な学問・技術分野】

- ・地域都市計画
- ・次世代コンピューティング技術
- ・AI技術
- ・フィジカル空間デジタルデータ処理技術
- ・超低消費電力IoTチップ・革新的センサ技術
- ・広域監視・制御技術
- ・配電自動化技術
- ・エネルギーマネジメント技術
- ・大容量、高速通信技術
- ・スマートグリッド技術
- ・通信技術
- ・ポスト5G通信の多接続技術

- 様々なデータの連携による新価値創造や災害予測等を可能にする技術の実現
- 防災・減災にかかる先端技術、自動運転、AI、ロボット技術に対応した都市の計画・建設

ビッグデータの利活用やデジタル技術を駆使した災害・疫病等への対策が可能な都市造りを目指す

AIやIoT、衛星データ、ドローン等の新技術をデジタル対応都市に活用



【主要な学問・技術分野】

- ・地域都市計画
- ・国土計画
- ・防災計画
- ・リモートセンシング
- ・建築設備
- ・維持管理
- ・次世代コンピューティング
- ・AI技術
- ・メタデータ自動生成技術
- ・既設構造物の3次元化
- ・超低遅延、多接続、大容量通信技術
- ・通信技術
- ・IoT
- ・計測技術
- ・ドローン

必要なデータを取得し、同一地図上で様々な情報を表示・検索・ダウンロードすることで都市活動を最適化

出典：総力戦で挑む防災・減災プロジェクト(国土交通省)

ビッグデータの利活用に基づく適時適切な情報の提供による減災、災害対策の支援で安全・安心を確保

- インフラ監視技術や自己修復、3R技術を利用した持続可能インフラの整備
- 豊かな暮らしの基盤となるデジタル・通信インフラの整備
- 交通・物流革命による誰も取り残さない社会の実現

社会像の実現に向け、現代社会が取り組むべき目標とイノベーション

持続可能インフラの整備

老朽化を見据えた持続可能インフラ整備

自己修復材料(コンクリート)

軽量・高強度な材料・構造

インフラ診断技術の高度化

インフラ監視(デジタルツイン)

電気水道ガス

= エッセンシャルワーク

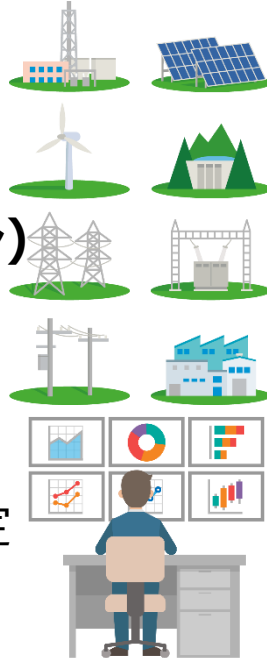
物理オブジェクトの

状態を可視化

設備の潜在的な所外を特定

リモートトラブルシューティング

⇒安全・強靱なインフラが低コストで実現



デジタル・通信インフラの整備

量子コンピューターの実現

組合せ最適化問題の解決

EC(電子商取引)・広告、防災、金融、医療・製薬・化学、街づくり・交通網管理など
企業活動、社会インフラの運営・管理の
様々な分野に適用

次世代情報通信技術の実現

CPSの社会実装に向けた高速通信の実現
スマートテレオートノミー実現
超相互制御型ネットワーク技術
超リアルタイム最適化技術
超自律型セキュリティ技術

⇒強靱で活力ある社会の実現

交通・物流革命

DX推進による物流の効率化

輸送の高付加価値化、コールド技術
効率的な倉庫システム、自動運転技術

CO₂や大気汚染物質の排出削減

CO₂排出の少ない輸送モード

燃料電池トラックの実用化

ドローンの活用

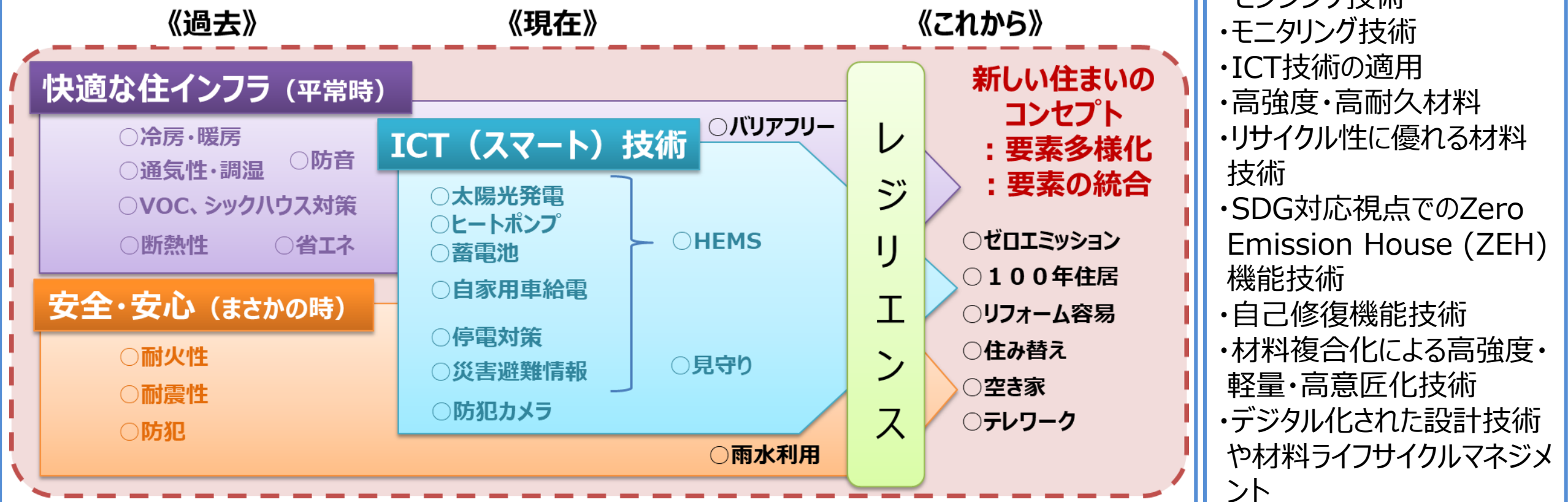


⇒誰も取り残さない社会の実現

- 高性能・高耐久材料とスマートメンテナンス技術の相乗効果による、レジリエンス機能が向上した社会インフラを普及させ、次の世代に引き継ぐ。

自然災害の激甚化・社会インフラの老朽化に対応し、レジリエンス機能の向上した社会を目指す

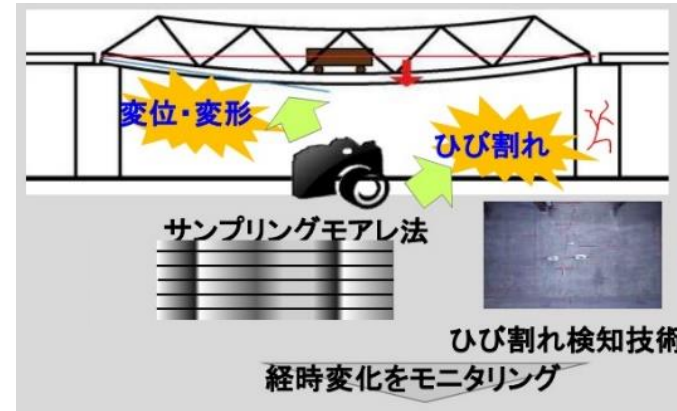
サイバー・フィジカル技術融合によるレジリエンス向上(住宅インフラの例)



■ 安全・強靱なインフラ構築のための、インフラ監視技術、老朽化したインフラの維持・管理技術の実現

定期的な維持・管理が必要なインフラの老朽化を検査する技術により確実な維持を目指す

ロボット、モニタリング、センシング技術等によるインフラの維持管理



モニタリングのためのイメージング技術



【主要な学問・技術分野】

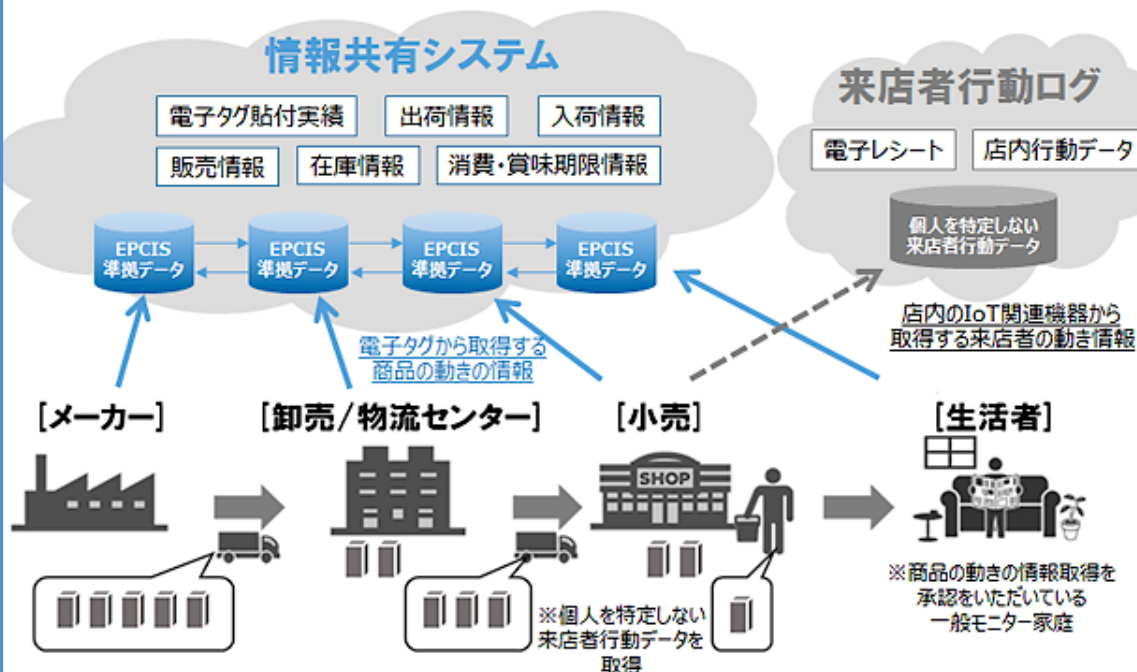
- ・地域都市計画
- ・国土計画
- ・防災計画
- ・自己修復材料
- ・コンクリート構造
- ・構造工学
- ・地震工学
- ・耐震構造
- ・地盤、河川、海洋工学
- ・鋼材・複合材料
- ・橋梁センシング技術
- ・法面変異センシング技術
- ・ライフラインコアモニタリング
- ・画像計測システム技術
- ・ひび割れモニタリング技術
- ・非破壊検査技術

- 量子コンピュータによる超大容量データ処理により、社会インフラの運営・管理の強化・安定化
- 次世代情報通信技術による高速通信、スマートテレオートノミーの実現などでのインフラ再構築

デジタル技術の秘匿性、安全性、安定性を図ることにより高度なインフラに再構築できる社会を実現

防災、金融、交通網管理等のためのデジタル・通信インフラ強化・安定化

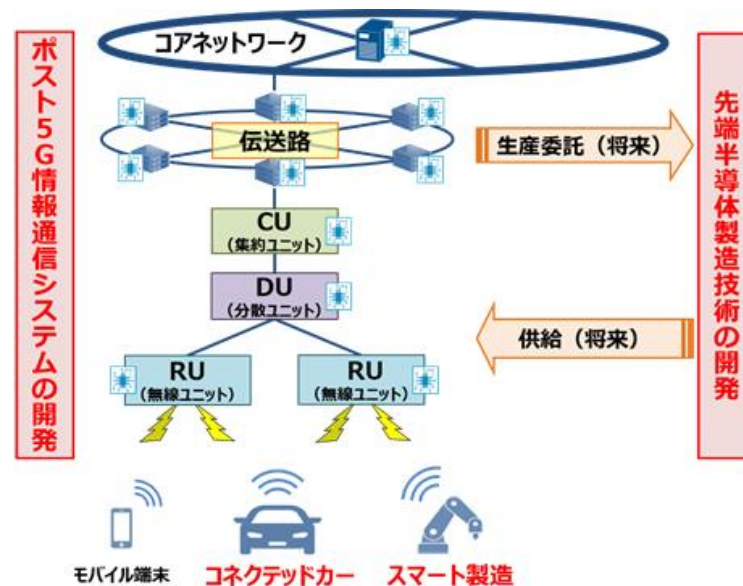
デジタルインフラの整備



大量生産、多頻度配送を支える精緻な
ロジスティクスの維持・管理

出典：電子タグを用いた情報共有システムの実証実験を実施へ(NEDO)

次世代大容量・広域通信網 (超低遅延、多数同時接続)



工場や自動車といった多様な
産業用途への活用

出典：ポスト5G情報通信システム基盤強化研究開発事業(NEDO)

【主要な学問・技術分野】

- ・無線通信ネットワーク共通プラットフォーム技術
- ・情報共有技術
- ・大容量・広域・高速通信技術
- ・先端半導体製造技術
- ・次世代コンピューティング
- ・AI技術
- ・メタデータ自動生成技術
- ・既設構造物の3次元化
- ・超低遅延、多接続、大容量通信技術
- ・通信技術
- ・IoT
- ・計測技術
- ・ドローン

■ 実質のゼロエミッション技術によるCO₂や大気汚染物質の排出削減、DX推進による物流の効率化により新たな物流システムを構築し誰も取り残さない社会を実現

環境に配慮した上で、誰もが恩恵を受けられる交通・物流の社会基盤システム構築を目指す

燃料電池技術等の環境にやさしい大型輸送機器による交通・物流革命

物流システムの構築



出典：エネルギーITS推進事業(NEDO)

① 隊列形成

④ 障害物との衝突回避制御

② 車線保持制御

③ 車間距離維持制御

⑤ 先頭車追尾制御

自動運転技術による輸送の効率・高付加価値化とコールド技術、効率的な倉庫システム等との組み合わせにより循環型社会の実現に貢献

出典：大型トラックの自動運転・隊列走行実験に成功(NEDO)

燃料電池の飛躍的な普及



発電時にCO₂が発生しないため、温室効果ガス排出抑制や大気汚染物質の抑制が期待

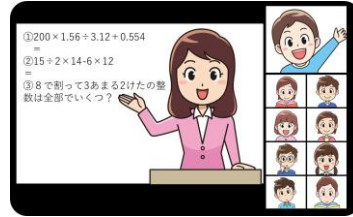
出典：燃料電池の飛躍的な普及拡大に向けた研究開発事業を開始(NEDO)

【主要な学問・技術分野】

- ・AI技術
- ・ゼロエミッション
- ・社会公共システム
- ・資源有効利用技術
- ・資源代替技術
- ・低環境負荷
- ・車車間通信
- ・隊列形成技術
- ・車線保持技術
- ・車間距離維持制御
- ・前方障害物認識技術
- ・障害物回避制御技術
- ・先頭車追尾制御技術
- ・固体高分子形燃料電池
- ・固体酸化物形燃料電池
- ・水素貯蔵システム

アフターコロナの社会変革と期待される技術

- コロナ禍を受けて人の密集を避けるため、ロボットなど自律して動く機械やリモート技術の活用が広く進んだ。
- 今後も人の行う様々な活動に自律化・リモート化の活用を広げ、社会実装を加速するためには人工知能技術（AI）との融合が不可欠
⇒ スマートテレオートノミー：テレオペレーション（リモート化）とオートノミー（自律化）のスマートな融合



今後、自律化およびリモート技術の導入が期待される分野の例（製造・生産現場）



人込みでも自律して動く警備ロボット
出典：NEDOチャンネル

東大 館障研究室ホームページを参考にNEDO技術戦略研究センター作成

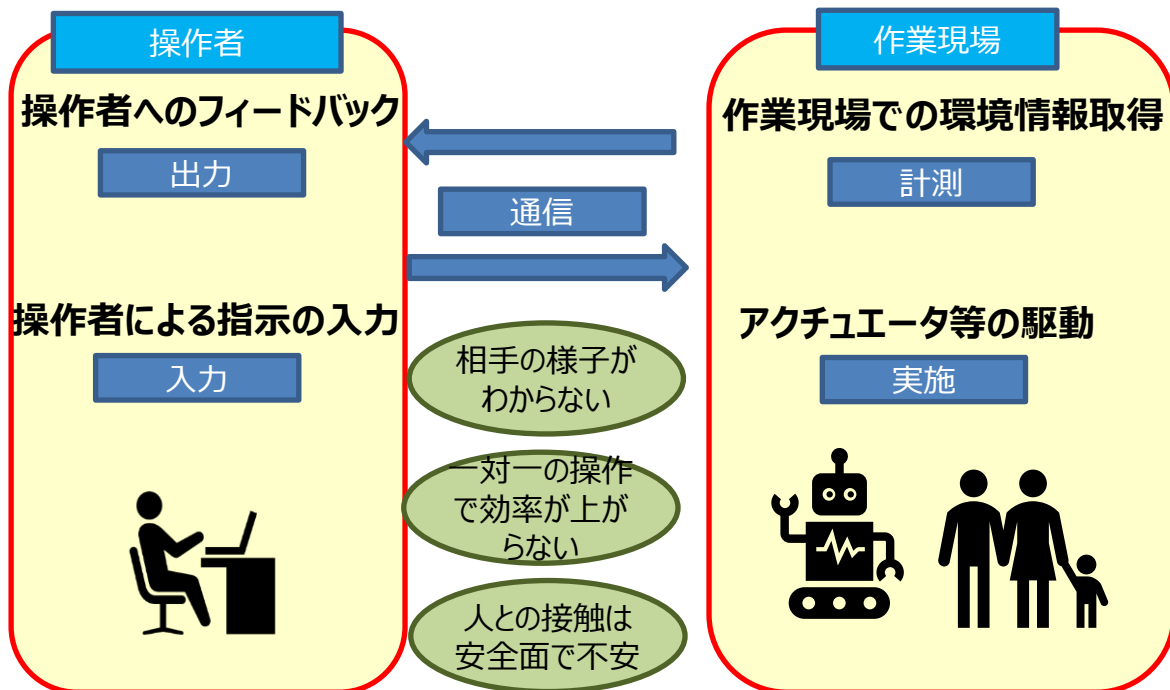
リモート化、自立化それぞれの概念と課題

■ 製造業やサービス業、医療・福祉分野での活用には課題が顕在化

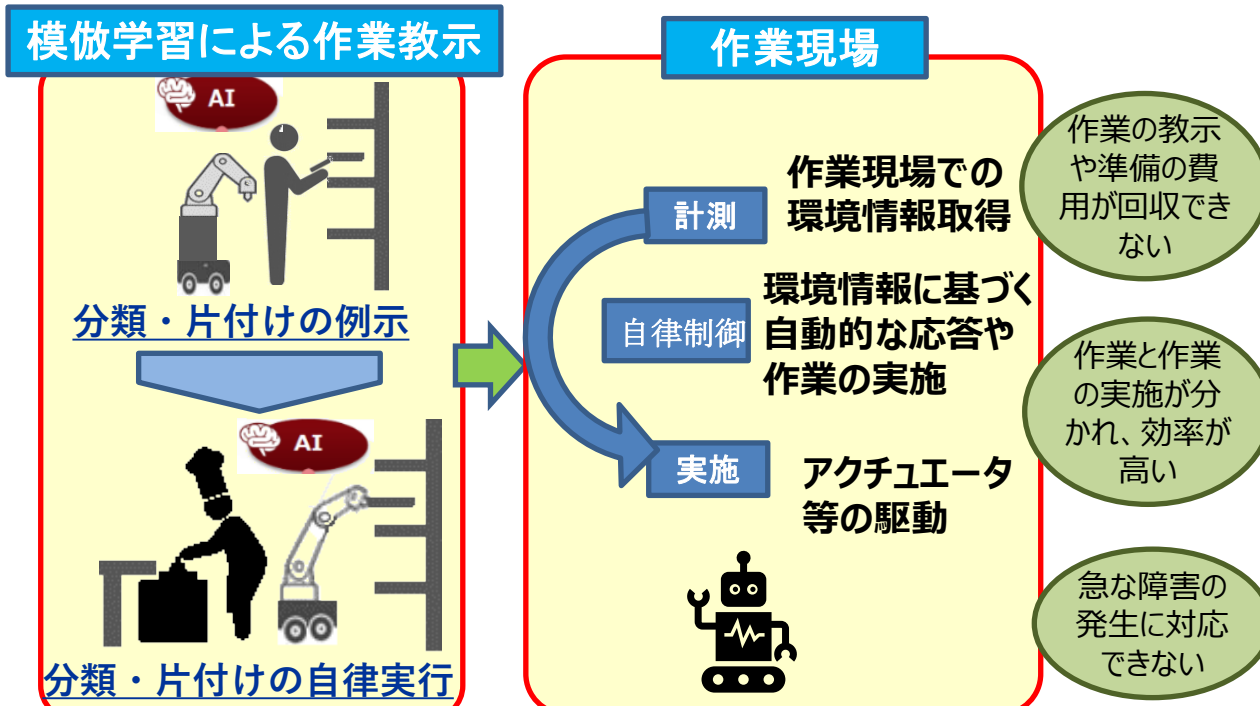
- 相手の様子がわからない
- 一対一の操作で効率が上がらない
- 人との接触は安全面で不安

■ 少量多品種生産の製造業や卸売・小売、医療・福祉、サービス業への自動機械の適用には様々な課題が顕在化

- 作業の教示や準備の費用が回収できない
- 教示と作業の実施が分かれ、効率が悪い
- 急な障害の発生に対応できない

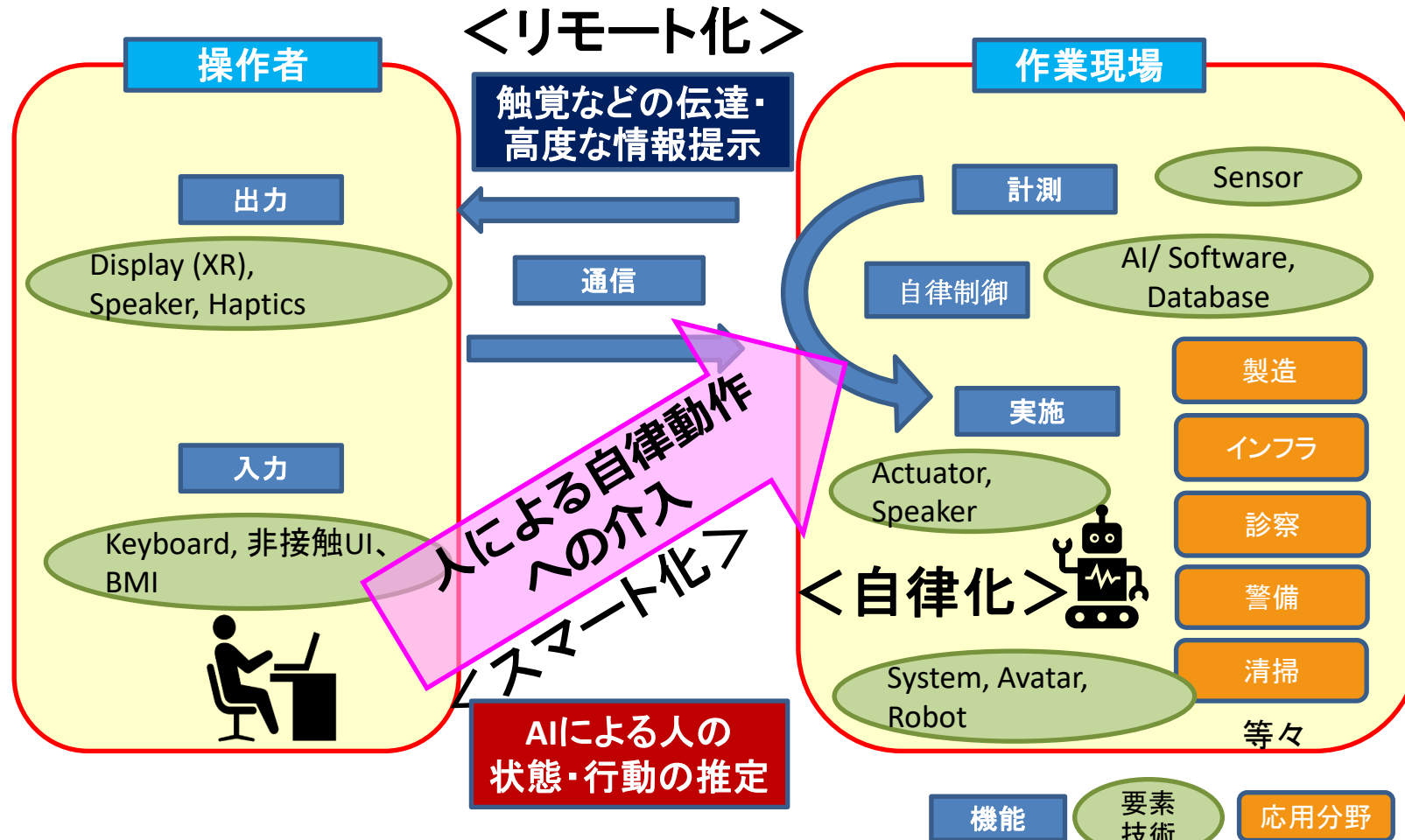


リモート化技術と課題



自律化技術と課題

- リモート化技術および自律化技術がそれぞれ持つ課題を両技術を融合することで相補的に解決
- より高度に融合することで、実操作と学習の同時達成による高い作業効率、障害発生時の人の介入による高い信頼性も実現



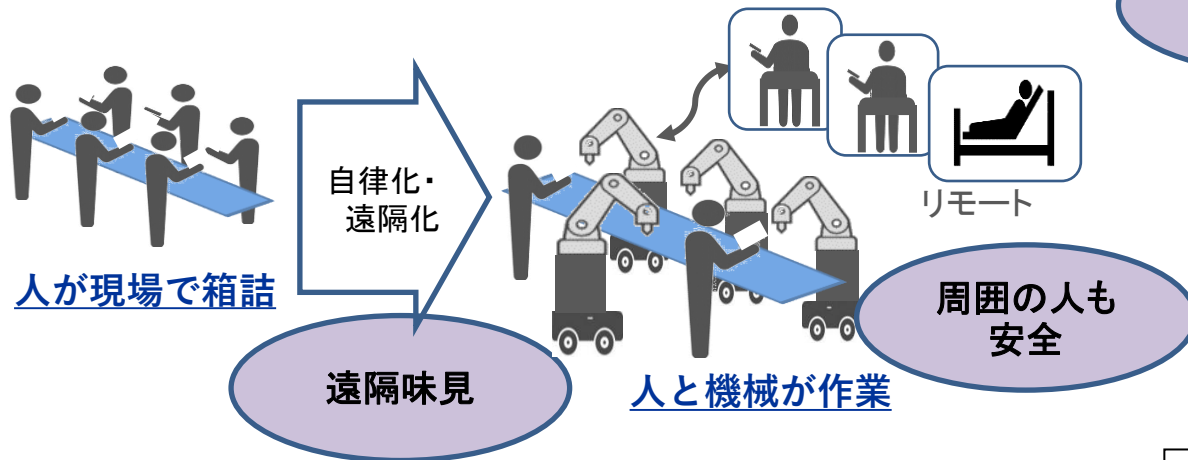
技術開発要素

- **高度なXR**
遠隔地点間で視・聴覚を超えた力触覚、味覚、嗅覚情報や、複数のセンシング結果を高度に情報伝達し、統合して人に提示
- **人間の状態・行動の推定**
人間の行動や、離れた相手同士の感情およびニュアンスの推定、推定結果に基づき適切に反応する技術
- **部分自律化**
人の動作を見たり人による操作を通して自ら作業を学ぶ学習機能により、自動機が実行可能な自律化程度を高める技術
- **スマートテレオートノミー (全体)**
多様な応用分野に対応するスマートテレオートノミー共通基盤の構築

スマートテレオートノミーの応用分野における将来像

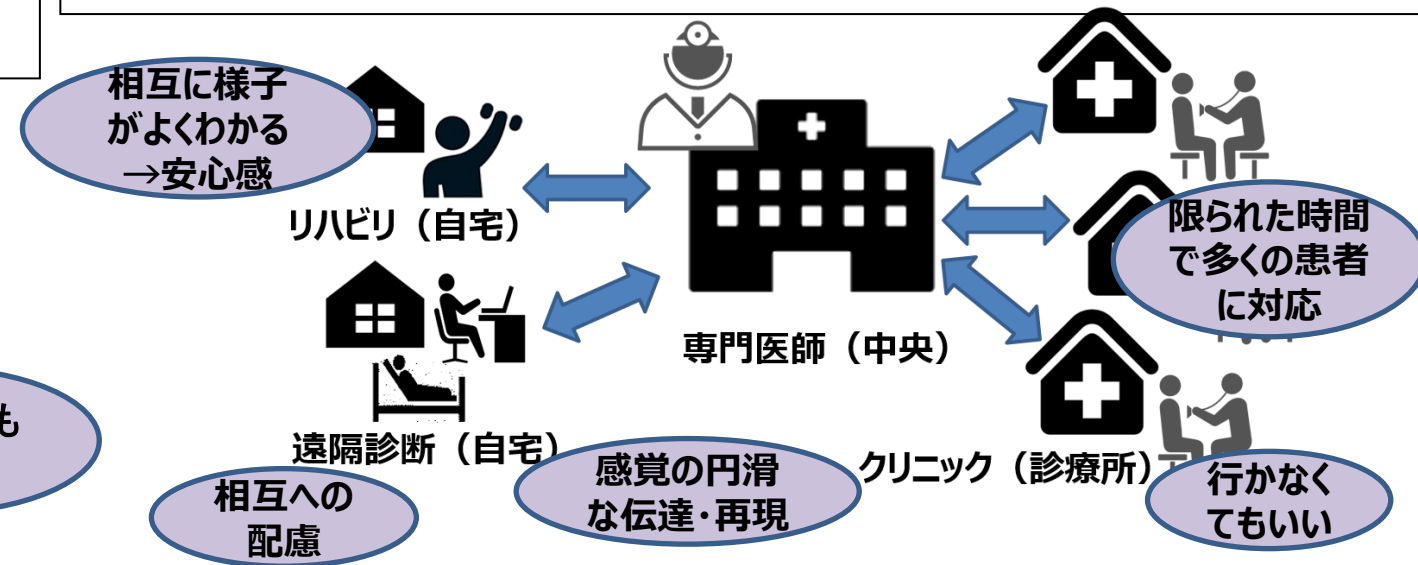
■ 製造業（食品加工業）

部分自律化による省人化、自律作業の教示を簡易化
直感的なフィードバックと高い自律性で使いやすく



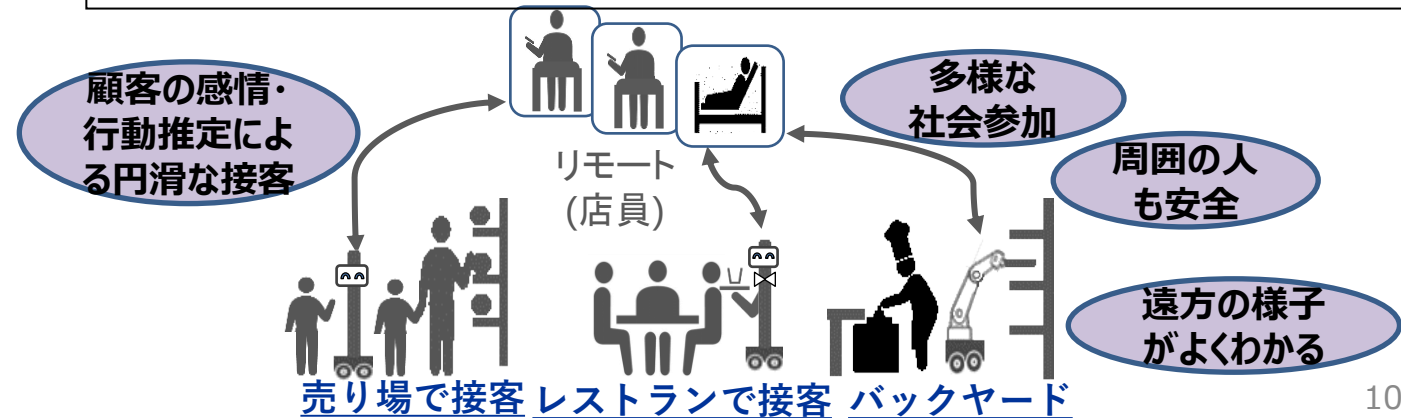
■ 遠隔リハビリ・触診

相手の状態・様子がわかったり触診により、安心感、安全性を醸成

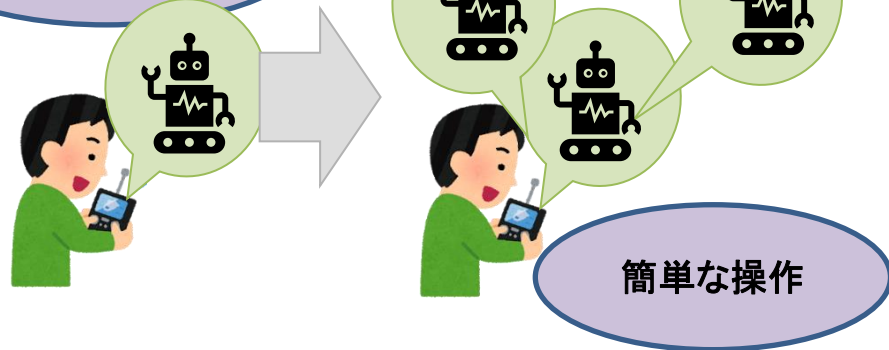


■ サービス業（小売・飲食）

接客、商品陳列、配膳、食器片付けなどを効率化、遠隔化



応答の
部分自律化・
1対n対応化



売り場で接客 レストランで接客 バックヤード

新たな技術革新が新たな価値を創出し、社会を変革する例

■ スマートテレオートノミーで例示。価値軸の方向に社会がシフトするための課題を解決し、社会をより豊かに。

【既存技術】

【新規技術開発】
スマートテレオートノミー

【イノベーション】

【価値軸の方向に社会をシフト】

リモート技術

- ・遠隔操作
- ・遠隔コミュニケーション

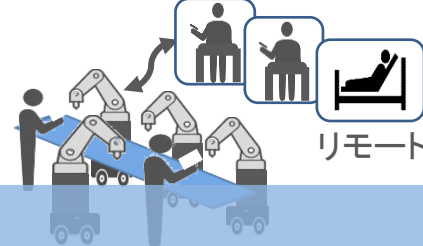
技術
取り組み

- ・自動機械

高度な感覚伝達
人間状態行動推定

イノベーション

- ・人工知能を活用した拡張



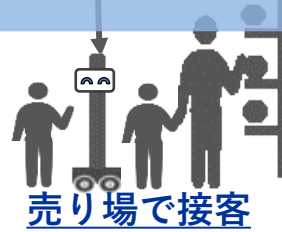
人と機械が作業



遠隔リハビリ



リモート
(店員)



売り場で接客



レストランで接客



バックヤード

誰もが無理なく
働き続けられる社会

地方に住みながら仕事に従事し、より長い余暇を趣味に活用

社会の変化

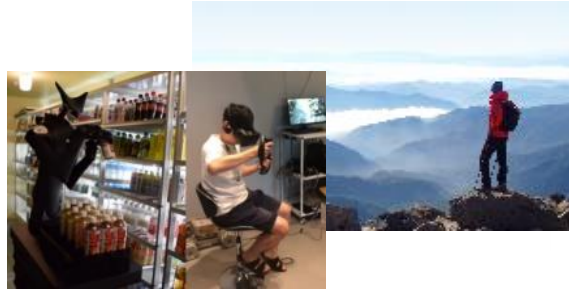


高齢者、障がい者も社会参加しコミュニケーション能力を発揮

多様性を認め合える
全員参加型社会

スマートテレオートノミーによるアウトカムおよび課題の検討

- それぞれの価値軸に沿ってどのようなアウトカムがありえるかを検討。その過程で新たな課題を抽出。



地方に住みながら仕事に従事し、より長い余暇を趣味に活用

Life satisfaction

課題：レイテンシの影響削減

Social Inclusion

課題：I/Fや遠隔地の臨場感共有

高齢者、障がい者も社会参加



Economy

課題：一人で複数操作

現

Governance

安 課題：安全性、個人情報保護



移動制限下でも社会活動継続(遠隔見舞)

Environment

課題：デバイスや通信使用によるエネルギー使用増との比較・検証

通勤や移動の削減
CO₂排出量削減に貢献



Infrastructure

課題：通信インフラ、地産地消エネルギー



分散型社会の実現に寄与地域活性化/地域格差減少

- 本レポートでは、第6期科学技術・イノベーション基本計画が開始されるタイミングに合わせて、同基本計画の着実な推進に資するため、国内外の豊かさやイノベーションに係る報告書の共起ネットワークなどの俯瞰的な分析を行い、イノベーションの先に目指すべき「豊かな未来」の実現に向けて「大切にすべき6つの価値軸」と「実現すべき12の社会像」の導出を行った。
- 豊かな未来の実現に向けては、本レポートで示した6つの価値軸に沿って、12の社会像の実現につながるイノベーションを創出していくことが重要である。ここで示した6つの価値を高め、12の社会像の実現に資することとなる、「現代において取り組むべき具体的なイノベーションの事例」についても、別冊として取りまとめた。
- 別冊の内容も含め、本レポートで示した価値軸、社会像およびイノベーションの事例が、イノベーション分野に関わる様々な企業や団体等において、自らのイノベーション活動の検証や、今後の活動展開のよりどころとして活用されていくことを期待したい。
- さらには、本レポートが狭義のイノベーション関係者を超えて豊かな未来の実現に携わる幅広い組織や個人にも参考とされ、その実現に向けた検討や取り組みが少しでも活性化していくことを期待するものである。