

Technology Foresight[®]

[2024]

テクノロジーが拓くりジェネラティブな未来



BIPROGY

Foresight in sight

エグゼクティブサマリー

5～10年先、とりわけ SDGs の節目となる2030年の未来社会とはどのようなものだろうか。

2030年時点で SDGs の諸目標は十分には達成されていないだろう。地球温暖化による異常気象や自然災害、生物多様性の喪失、世界的な食料・水・資源の不足、日本の少子高齢化や労働人口不足など、まだ多くの問題が解決されないまま残されている。一方で、問題解決への取組みや人々の行動変容は着実に進んでいる。カーボンプライシング（炭素排出への価格付け）や効率的なエネルギーマネジメントが本格化し、労働人口不足を補う業務の自動化も各界・各分野で推進されている。生活者においては脱炭素製品や再生品を念頭に置いた消費行動が習慣化し、人権やウェルビーイングといった考え方への意識も高まっているだろう。2030年はさまざまな問題を残しつつ、それらの解決に向けた多くの取組みが進行している、いわば「過渡期」の状態にあると考えられる。

このような諸問題は、現在の社会経済システムから生み出されたものである。だとすれば、従来の仕組みをそのまま残して対処療法的な取組みや規制を進める限り、山積する諸問題を本質的に解決することは難しい。そうした危機感を背景に加速しているのが社会経済システムの「再生」＝リジェネレーションの動きである。さまざまな負の問題を解消するだけのネットゼロ社会を超え、新たな発想でプラスを生む再生型ネットポジティブ社会を目指し、リジェネレーションはすでに世界中で始動している。

リジェネレーションを推進するにはデジタル技術が欠かせない。デジタル技術はさまざまな価値の可視化を通して新たなつながりを生み出す。またその価

値を社会に循環させることでさらなる価値の創出を可能にする。デジタル技術を活用して「リジェネレーションを適切にデザインする」という視点を持つことで、5～10年先の大きな分岐点に向けた再生型ネットポジティブ社会への変革が進展する。

『Technology Foresight 2024』は、以下の3章で構成される。

1章では、再生型ネットポジティブ社会の根幹を成す「三方良し（経済・社会・環境の好循環）」に触れ、それを実現するリジェネレーションとデジタル技術の役割を概説する。

2章では、リジェネレーションのキーテクノロジーとなるデジタルツイン、Web3、メタバース、生成AI、ロボティクス及びそれらの基盤となるトラストにフォーカスし、それぞれの進化の方向性や社会にもたらすインパクトを明らかにする。

3章では、共創、共生、成長、ガバナンスをキーワードに、どのようにリジェネレーションをデザインするかについて考える。最後に BIPROGY グループが取組むデジタルコモンズを例に、再生型ネットポジティブ社会の実現に向けたコラボレーションプラットフォームについて解説する。

地球温暖化の影響がかつてない頻度で顕在化している。社会全体の危機感が今後5～10年でさらに拡大していくことが予測される中、本誌が事業戦略・設計のヒントとなり、「持続可能な地球」や「再生型ネットポジティブ社会」に向けた共創のきっかけとなれば望外の喜びである。

INDEX

エグゼクティブサマリー	2
1. 再生型ネットポジティブ社会とリジェネレーション	4
(1) リジェネレーションが推進する再生型ネットポジティブ社会	4
(2) なぜリジェネレーションなのか	6
(3) デジタル技術のケイパビリティ	6
2. リジェネラティブな未来を拓くテクノロジー	8
(1) リジェネレーションの中軸となるテクノロジー	8
(2) リジェネラティブな未来社会へのロードマップ	9
(3) リジェネレーションを加速させるテクノロジー	10
1- デジタルツイン	10
2- Web3、メタバース	12
3- 生成AI	14
4- ロボティクス	16
5- トラスト	18
3. 再生型ネットポジティブ社会に向けたリジェネレーション・デザイン	20
(1) リジェネレーション・デザインに欠かせない四つの視点	20
(2) リジェネレーション・デザインにおけるデジタル技術のケイパビリティ	21
(3) 四つの視点×デジタル技術のケイパビリティ	22
1- 共創	22
2- 共生	24
3- 成長とガバナンス	26
(4) BIPROGYグループが推進するデジタルコモンズ	28

Technology Foresight® とは

社会の変化やテクノロジーの進化は、現在の延長線上にない未来をもたらします。

Technology Foresightは、ICTをはじめとするテクノロジーの視点で、5～10年先の未来像とその実現可能性を示します。



1 再生型ネットポジティブ社会と リジェネレーション



「リジェネレーションによる再生型ネットポジティブ社会」とは、目指すべき未来としての「持続可能な社会」を一歩進めた世界である。その社会像を共有したうえで、実現に向けたデジタル技術の役割について述べていく。

(1) リジェネレーションが推進する再生型ネットポジティブ社会

再生型ネットポジティブ社会とは、社会問題の解決と地球環境の回復が進み、同時に経済成長が実現している社会である。言い換えれば「経済的価値・社会的価値・環境価値が相互に関連し合いながら総合的に増大し続ける『三方良し』の社会」と定義できるだろう。その推進力となるのが、既存のシステムやリソースの再生・洗練化＝「リジェネレーション」である(図1)。同社会では、デジタル技術を介して多様なステークホルダーがつながり、諸問題の解消(ネットゼロ)を超えた「もっと良く」が持続的に遂行されている。

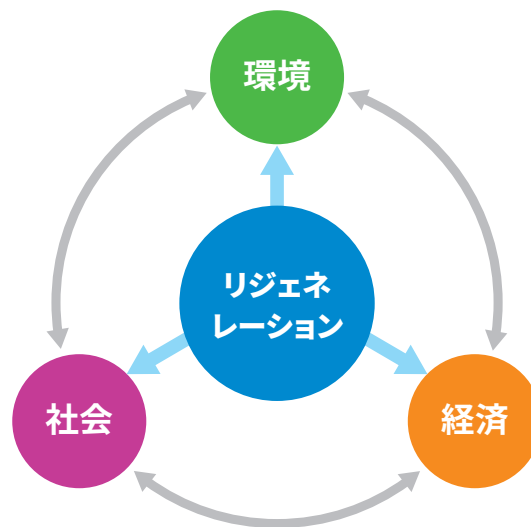


図1：再生型ネットポジティブ社会

経済・社会・環境の全てが良好である「三方良し」の社会では、デジタル技術の活用により人や物、企業、コミュニティ、環境がつながり、それぞれが持つアセット（資産）を活用した新たな価値が生まれる。

【経済】企業活動における生産性向上と事業機会の創出が実現

企業はAI、ロボット、デジタル空間等の活用で生産性を向上させ、またデジタル空間上に新たな事業機会を見出している。人はこれまでよりも高い価値を生み出す仕事をしている。

【社会】ライフスタイルの選択肢拡大、つながることでの価値共創が実現

デジタル技術により時間的・空間的・身体的な制約が低減し、個々が望む働き方や暮らし方の選択が可能になる。また同じ志向や嗜好を持つ仲間を集めることが容易になり、社会的価値の共創が活発化している。

【環境】環境再生を重視したネイチャーポジティブ経営が実現

企業経営における配慮の重点が、環境への負荷を低減させることから、環境を再生し回復軌道に乗せること（ネイチャーポジティブ）へとシフトし、その取組み姿勢や実績が市場・投資家の重要な評価基準になっている。



(2) なぜリジェネレーションなのか

リジェネレーションが目指すのは、社会へのネガティブな影響を減らすことに留まらず、経済的価値・社会的価値・環境価値を高めることで三方を「より良く」することである。そのためリジェネレーションは、人・物・社会・地球の間に新たなつながりを生み出す。その過程でさまざまなアセットの潜在的な価値が見出され、それらが組み合わせられることでまた新たな価値が生み出される。価値はつながりを通して循環し、結果的に三方におけるネットポジティブが実現する。

例えば、地球環境に配慮したいと考える生活者が、暮らしの中でできる取組みとしてCO₂排出量の少ない移動手段を選択したとする。その生活者は自らのアクションを通じて地球環境とのつながりを実感し、精神的な豊かさ＝ウェルビーイングが高まる。一方、削減されたCO₂は、スマホアプリを通して可視化されることで経済的価値となる。カーボンプライシングの運用により「伐採しない森林」がクレジット（排出権）となり得ることからも、環境や自然とつながることで新たな価値が生まれることがわかる。



(3) デジタル技術のケイパビリティ

デジタル技術は、生態系や社会経済システム、さらには暮らしや働き方にまで深く入り込むことでリジェネレーションを可能にする。デジタル技術の力＝ケイパビリティにより、人・モノ・サービスの「つながり」が生まれ、そこから新たな価値が創出される。社会経済システム全体は「最適化」されて生産性が向上し、その中を可視化された価値が循環する。人の感覚や能力も「拡張」され、仕事や暮らしにおける新たな体験や選択肢の享受、ウェルビーイングの充実が促進される。

① つなげる

〈可視化とマッチング〉

需要や要望が可視化され、これまでは難しかったマッチングが実現することで新たな関係性が生み出される。CO₂排出量データや健康状態データ等、従来は見えていなかった「もの」や「こと」を把握でき、新たな価値の創出が可能になる。

〈エコシステム形成〉

人・モノ・サービス、あるいは人と社会・環境がつながり、社会課題の解決に向けたエコシステムの形成が推進される。個別に運用されていたシステムがデータで連携されることによりアセットを持つステークホルダー同士がつながり、そこから新たな価値が創出される。

②最適化する

〈最適化と自動化〉

デジタルツイン・AIの活用により、企業活動の意思決定やオペレーションが最適化される。ロボティクスによる自動化は、既存の業務プロセスを再構築して生産性を向上させる。リアル空間におけるさまざまな変化をデータで捉えることにより、経済活動の最適シナリオを予測・シミュレーションして、リアル空間にフィードバックすることができる。進化し続ける量子コンピューティングによる最適化やシミュレーションは、さまざまな変化へのリアルタイムな対応策検討や、複雑な構造を持つ物質の解析を可能にする。



③拡張する

〈人間拡張（ヒューマンオーギュメンテーション）〉

ロボティクスやXRが、人の能力や物理的な存在の限界を拡張する。例えば遠隔作業・監視・操作は人が動作・認知できる範囲を押し広げる。空間的制約により不可能だったアクションが取れるようになり、さまざまな産業・業界で「人ができること」の可能性が広がる。また個々の能力拡張を目指し、仮想空間が技能獲得の場となっていく。

〈デジタルエクスペリエンス〉

デジタル空間での出会い、交流、コミュニケーションといった新たな体験は、これまでにない暮らし方や働き方を促進する。ライフスタイルの選択肢を広げて自己実現を支援し、ウェルビーイングの充実や、より生き生きと暮らせる社会の実現を後押しする。



2 リジェネラティブな未来を拓く テクノロジー



デジタル技術は、空間の制約を超えて物事をつなぎ、そこに現れたデータから価値を引き出して循環させる。デジタルツインは複雑なシミュレーションを可能にし、メタバース等の仮想空間は新たなコミュニケーション体験を提供する。そうした個々のテクノロジーが信頼できる仕組みをベースに運用されることで、再生型ネットポジティブ社会に向けたリジェネレーションが加速する。スマートフォンがそうだったように、デジタル技術は社会や生態系を短期間のうちに、かつ根本から変えることができる。

(1) リジェネレーションの中軸となるテクノロジー

本誌ではリジェネレーションの中軸を担うデジタル技術として、デジタルツイン、Web3、メタバース、生成AI、ロボティクス、及びそれらの基盤としてのトラストにフォーカスする。各テクノロジーは、人・モノ・サービスに新たなつながりをもたらすことで、リジェネレーションを実現する。Web3やメタバースにより仮想空間は、もはやリアル空間の単なる代替ではなく、リアル空間以上に人の可能性を拓ける場へと進化する。また双方の運用プロセスに人が介在することで相互のフィードバックが高まり、両空間はしだいに融合していく。各テクノロジーは要素技術としての単独利用に留まらず、結合して活用されることでリジェネレーションを加速させる（図2）。

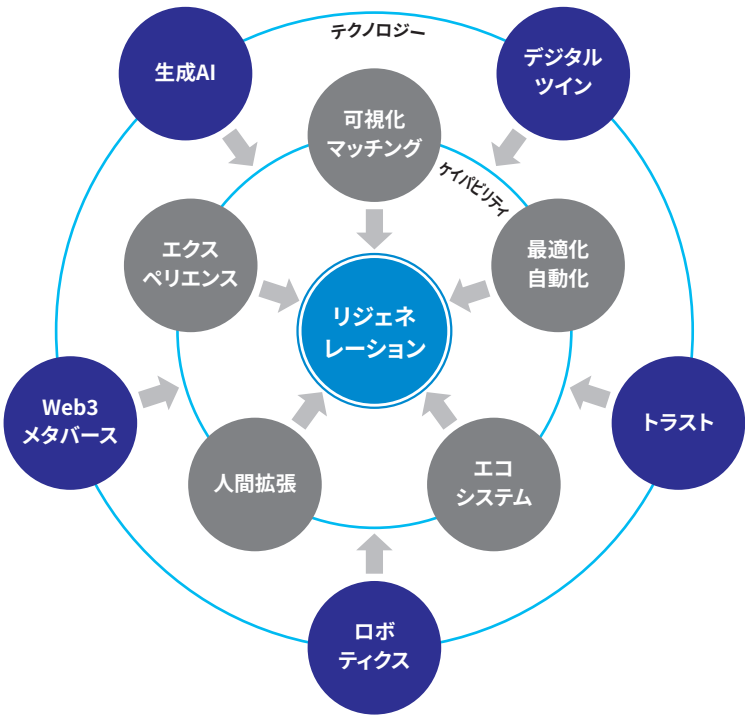


図2：リジェネレーションを可能にするデジタル技術

(2) リジェネラティブな未来社会へのロードマップ

この先進展していくデジタル社会において、リジェネレーションの中軸となるテクノロジーが重要性を高めていく（図3）。5～10年のうちに仮想空間はリアル社会の一部として活用されはじめ、各産業・都市・自治体ごとに個別のデジタル社会が構築されるようになる。さらに10年後以降になると、個々の仮想空間同士がつながり、独自の市場、コミュニティ、文化を備えた新たなデジタル社会が形成されていく。リジェネラティブな未来社会において、人々は仕事とプライベートとに関わらず多くの時間を仮想空間で過ごすようになる。

	2024	2030	2034
デジタルツイン	一部の都市でデジタルツインが活用される	複数の都市のデジタルツインがつながる	都市のデジタルツインで全体最適が可能になる
Web3	Web3、DAOについてのルール整備がされる	NFTトークンを購入する人が増える	DAOコミュニティが一般化する
メタバース	スマートグラスを使う個人ユーザーが増える	メタバース空間で仕事をする人が増える	メタバース空間で多くの時間を過ごす人が増える
生成AI	生成AIをカスタマイズする企業が増える	パーソナライズされた生成AIが人と共創する	生成AI同士が会話しはじめる
ロボティクス	案内ロボット等サービスロボットが増える	自律したロボットが活用されはじめる	遠隔介護ができる自律型ロボットが活用される
トラスト	フェイクを許容しない分野・ルールが策定される	AIの振舞いが信頼されるようになる	トラストサービスが一般化する

図3：リジェネレーションの中軸テクノロジーのロードマップ



DIGITAL TWIN

(3) リジェネレーションを加速させるテクノロジー

1-デジタルツイン

①テクノロジーの進化

デジタルツインは、組織における意思決定の最適化やオペレーションの効率化に活用される。この先さらに異なる領域のデジタルツイン同士がつながり、エコシステム等における全体最適が実現する。例えば交通渋滞状況と物流システムのデジタルツインが連携することで、物流の最適ルートが割り出される。都市同士のデジタルツインの連携は、リアル空間での課題解決はもちろん、メタバース等の仮想空間を含む広範囲の全体最適を可能にする。こうした連携は製造業や建築業をはじめ、都市、気象・防災、自動車、エネルギー、ヘルスケア等の多様な領域に広がるだろう。また、デジタルツインとメタバースが連動することで、例えば試作品の検証に際して、デジタル空間上によりリアルなビジュアルやサイズが再現される等、人の感覚・感性に即した判断が可能となる。

②もたらされる社会インパクト

【経済】作業現場のデジタルツイン化で効率化・最適化が進む

業務の効率化・最適化を念頭に、作業現場のデジタルツイン化が進行する。最も普及している業界の一つ、建設業界では設計情報、周辺道路や資材に関する情報、安全設備等の環境情報、クレーン車等の重機情報、作業員情報等を統合し、BIM (Building Information Model) として仮想空間上に建設現場を再現する。作業員に取り付けた各種センサー情報やスマートフォンで撮影した写真等も取り込み、作業プロセスを最適化する。設計、施工、管理等の各プロセスが3Dデータとして仮想空間上で共有されるため、関連部署・人員が建築物の状態や作業進捗を直感的に確認、判断できるようになり、また属人化されていた業務知識やノウハウの継承も促進される。

【社会】リアル空間の安全が仮想空間でのシミュレーションで確保されるようになる

仮想空間にてさまざまな条件下でのシミュレーションを実施することにより、製品やテクノロジーの安全性確認を高速化・高精度化する動きが広がる。例えば、リアル空間を仮想空間上に再現した自動運転シミュレーションでの検証・評価が、来たる自動運転社会の安全性を向上させる。自動運転では多数のセンサーが駆使されるが、リアル空間での実証実験となると天候や気候、時間帯、路面状況等、走行条件が多岐に渡るため、途方もない手間と膨大な時間が必要となる。その点、走行に影響するさまざまな状況を仮想空間上に高精度で再現できれば、走行条件の組合せを効率的に設計して適切なシミュレーションシナリオを作成できる。実際、仮想空間上の実証実験では、実車であれば再現が難しい多様な条件下での走行試験が行われており、安全性評価の効率化が進められている。



【環境】デジタルツインによる環境価値の可視化でカーボンネガティブが加速する

サプライチェーンや製品ライフサイクルをモデル化したデジタルツインにより、原材料調達から製品使用、廃棄に至る過程のCO₂排出量が可視化されることで、CN（カーボンニュートラル）実現のための施策立案やその効果検証の精度が向上する。各部材のCO₂排出量や、設計変更に際する環境への影響、さらにカーボンリサイクル技術の効果までもがシミュレーションされるため、製品設計の段階でコスト、品質、環境負荷のリバランスが検証できる。また、地球全体をモデル化したデジタルツインでは、自然と人間の活動を可視化・モデル化・予測することで、「持続可能なシナリオ」のシミュレーションが可能となり、すでに政策や企業経営の意思決定に反映させる試みがスタートしている。

2 リジェネラティブな未来を拓く テクノロジー



2-Web3、メタバース

①テクノロジーの進化

ピア・ツー・ピアのインタラクションを前提とした自律分散型の社会経済システムが徐々に受け入れられていく。普及を推進するのは、ブロックチェーン上のスマートコントラクトやガバナンストークンを活用した新しい組織形態「DAO（分散型自律組織）」、また中央集権的な管理者を置かず個人間の直接金融取引を可能にする金融システム「DeFi（分散型金融）」等である。DAOについては今後、法人格やガバナンスについての法制度、業界内ルールの整備が進むことで、志を共有する多様なコミュニティが増加していく。

一方、ライブイベントやショッピング、あるいはコミュニケーションそのものに新たな体験価値をもたらすメタバースは、今後、異なるプラットフォーム上の複数のメタバース同士が接続され、ブロックチェーンやNFTの活用により、アバター、仮想通貨といったデジタルアセットの相互運用が可能となる。加えて、空間コンピューティングの進展によりメタバースが仮想・現実の両空間をつなぐインターフェースとなることで、リアル空間に生きる一人一人の暮らし方が拡張されていく。さらに6G等の次世代通信技術が一般化すれば、スマートグラスを装着して複数の作業空間を行き来するといったデジタルワークスペースも可能となり、働き方から余暇の過ごし方までもが大きく変化する。

②もたらされる社会インパクト

【経済】リアル空間とメタバースの融合が経済活動を拓ける

リアル空間の制約を受けないメタバースは、新たな経済活動やこれまでにない生き方を可能にする。例えば、仮想店舗の運営や接客・案内業務等の労働機会、あるいは個人が表現・発信・販売者になれるクリエイターエコノミーやバーチャル教室でのリスキリングといったビジネス機会が創出される。身体的、精神的、地理的な理由で活動の場が限られていた人々には、活躍できる機会が大幅に拓ける。24時間休みなくライブコマースを行う「デジタルヒューマン」や、人間の意図を理解したうえで代わりに業務を実行する「デジタル従業員」等の試みも開始されており、メタバースは今後リアル経済をけん引する場へと成長していく。一方で、自治体業務の場としての活用も拓ける。例えばメタバース上に再現された市役所での住民票取得等、行政サービスをリアルかつ簡便に受けられるようになる。

【社会】分散型コミュニティが社会参加や自己実現の選択肢を増やす

Web3の進展により分散型コミュニティの立ち上げが容易になる。興味のあるコミュニティへの気軽な参加や、個人の世界観を活かしたセルフプロデュースが活発化することで、各コミュニティの多様化が進み、一人一人の志向・嗜好に合った社会参加や自己実現の選択肢が拡大していく。趣味仲間やファンクラブ、あるいは環境貢献を目指す人の集まりがDAOとして運営され、国境の壁を超えたコミュニティ参加、価値観を共有する者同士の熱量の高い交流、共通目的の実現に向けた共創やアクションが後押しされる。コミュニティからはまた別のコミュニティが誕生し、その活動が仕事やビジネスにも発展していく。DAOコミュニティでは、透明性のあるルールのもと、個人のコミュニティへの貢献度に応じて、仮想通貨や法定通貨・コモディティと交換することもできるNFTが分配される。DAOの活動を通して生み出された社会的価値が、そのままリアル経済における価値となる。



【環境】個々の経済活動のつながりが環境を再生する

一人一人の経済活動が大きな金流を生み出し、自然環境を再生する力となる。ReFi（再生金融、Regenerative Finance）は、ブロックチェーンを活用して社会課題の達成を目指す事業への資金流入を促す仕組みであり、気候変動対策や生物多様性保全等の分野を中心に活用が広まりつつある。ReFiでは、DAOコミュニティ等による環境や社会を再生する事業の経済的インセンティブが可視化される。そのうえで、例えばトークン化されたカーボンクレジットをコミュニティ内の人々が購入することにより、環境再生への貢献と、環境価値の流通を同時に促進できるという好循環が生まれる。

健康と環境をつなぎ、経済的価値を創出することも始まっている。ウォーキング等のエクササイズをすることで、報酬として仮想通貨を獲得できるWeb3ゲームが社会実装されている。エクササイズによる消費カロリーやCO₂排出量削減効果をアプリ上に表示することで、健康面でも環境面においても「より良くする」というアクションが可視化され、それが経済的価値の創出につながる。

2 リジェネラティブな未来を拓く テクノロジー



3-生成AI

①テクノロジーの進化

生成AIは、知的作業での「便利なツール」から「コラボレーター（協力者）」へと進化する。人の能力を拡張させるとともに、設計・開発業務に新しいエンジニアリングをもたらし、生産性を飛躍的に向上させる。無意味または誤った内容を真実であるかのように生成するハルシネーション等の克服すべき課題はあるものの、技術の進化や適切なデータセットによる学習、また開発・利用におけるルール整備等により解消され、「できること」が高度化していく。

その第一段階として、すでに文章の作成・要約、議事録作成、コード生成、アイデア案出等での業務利用が始まっている。音声・画像・テキスト等の多種類のデータを一度に処理できるマルチモーダル技術の実装により、動画の要約や、文章入力によるイラスト作成等、活用の幅も拡大していく。次の段階では、生成AIを任意の業務に特化して活用することを目的に、適用先に合わせて専門知識や新たな知識を追加学習させる「ファインチューニング」や、外部ソースからの最新情報を用いて質の高い回答を生成させる「RAG (Retrieval-Augmented Generation)」の適用が進む。さらに次の段階では、複雑な知的作業の代替、人との共創が本格化するだろう。顧客の意図を理解したコールセンターでの対応、設計者の要望や製造工程をふまえた設計書案の作成等、生成AIの活用を前提とした課題解決や業務シナリオ策定が推進される。

②もたらされる社会インパクト

【経済】業務効率化により生産性が向上していく

生成AIは業務プロセスそのものを、AI活用を前提としたものへと変えていく。例えば情報システムのマイグレーションにおいて、膨大な量のコード変換作業にコード生成AIが活用されることで、従来のエンジニアリングプロセスが大きく変わる。人の役割はプログラムの作成や修正から、要件定義や結果確認へと移行していく。作業結果の誤り検知、適切なコードへの自動修正も可能になるだろう。そうした生成AIの利用には、プロンプト入力やファインチューニング、データエンジニアリング等で固有の技術が求められるため、今後新たな専門職種が生まれる可能性もある。作業価値を測る基準も、人・時間・規模といった作業量ではなく、変換精度に基づいたものへと変わるかもしれない。生成AIはすでに創薬プロセスや製造業での設計エンジニアリングプロセスへの適用が進んでおり、今後は業務効率化という役割を超え、より知的な作業への活用が進んでいく。人の創造性を高めるコラボレーターとしての役割が増していく。



【社会】暮らしにおける情報の収集・整理・検討から解放される

自然言語によるコミュニケーションを通して、生成AIは人が「何を意図しているのか」に対する理解を深めており、細かな指示を与えなくても自律的にタスクを遂行する能力を高めている。例えば「ハワイ旅行の計画」といった曖昧な指示を受けても、タスクをサブタスク（移動・宿泊・観光・ショッピング等）に分割したうえで、自律的に大量の情報を収集・整理して最適な回答を生成・提示する。利用者は労力が大幅にカットされ、嗜好に応じてパーソナライズされたプランを選択するだけで済む。

【環境】生成AIが及ぼす環境負荷が最小化される

生成AIのLLM（大規模言語モデル）は、性能を表す指標の一つであるパラメーター数がすでに一兆を超え、大きな電力消費による環境への影響が懸念されている。そこでCPU負荷を抑えて電力消費を軽減するためのさまざまな試みがなされていく。例えば、生成AIが業務プロセスの自動化に活用されるケースでは、パラメーター数が少ない業務特化型のモデルを構築したり、既存のLLMを少量のデータでファインチューニングするといったアプローチが取られていく。グリーン電力を使用したデータセンターでの学習・運用も選択肢となるだろう。また、光技術を活用した電力消費の少ないコンピューターアーキテクチャーが提唱されており、低消費電力を実現する次世代半導体の利用と合わせて、AI活用推進のためのガイドライン整備に影響を与えるだろう。



4-ロボティクス

①テクノロジーの進化

ロボットは、さまざまな作業プロセスの協働者として定着し、人の能力を拡張させる存在、さらには代替へと進化していく。喫緊の社会問題である2024年問題においては、センシングとロボットの活用による工場・物流倉庫等の業務自動化が加速する。5Gネットワークを利用した建設機械の遠隔操作では、複数台の機械を一人の操作者が運用して工事を進める等、仮想空間とリアルな建築現場を高度に融合させることで生産性向上が図られるようになる。一方、産業用・サービス用ロボットの分野では安全面への配慮から、性急な完全自動化ではなく、人と協働して動作させるロボティクスが進化していくだろう。

技術進化に伴いロボットは自律性を高めていくため、既存の業務プロセスも徐々にロボットネイティブなものへと再構築される。ロボットによる完全な自律作業が困難な現場でも、遠隔操作技術の進展により人は空間に縛られずにロボットを動かせるようになり、人の働き方も洗練されていく。

②もたらされる社会インパクト

【経済】人とロボットの協働作業が省人化を促進する

先述のような完全自動化が難しい現場や、人手作業が常識となっている現場では、「人とロボットの協働」というアプローチでの部分的な自動化により、生産性の向上や人手不足の解消が進む。例えば弁当や惣菜の製造工程は、多品目の把握・認識、掴み、盛り付けといった作業の複雑さと、作業速度の調整の難しさから自動化が困難であるため、人とロボットが同じコンベアラインで協働する作業プロセスが実装されている。

【社会】生成AIと連動したロボットが見守りの安心感を高める

ロボットは、要介護者の様子や健康状態を高い精度で把握し、かつ適切なコミュニケーションを取ることで、見守る人・見守られる人に安心感を与える。独居老人の増加にどう対応するかが社会課題となる中、遠隔介護を可能にする見守りロボットの実証実験が進められている。生成AIと連動した見守りロボットは、ベッドや浴室で発生する危険事象（転倒、転落、単独での離床等）を検知するだけでなく、バイタルデータの異常を検知すると同時に要介護者本人に声がけし、応答がなければ遠方にいる家族にSMS通知したうえで、搭載カメラの映像を転送する。要介護者とマルチモーダルで自律的なコミュニケーションを行うことで、介護する側にも安心と負担軽減を提供し、異変時の適切な対応を可能にする。

【環境】自律性を高めたドローンが環境価値を可視化する

森林の環境モニタリングやインフラ監視においてすでに実用化されているドローンは、今後、自律航行能力の向上に伴い、AI画像認識とセンシングを活用した点検・監視業務の自動化が進展する。5G/6G 回線を使うことで遠隔操作による現場画像の伝送、AIによる即時解析も可能となり、リアルタイムで異常を発見する仕組みが実装されていく。また、ドローンによる森林モニタリングでは、立木本数や樹高、直径等の計測を通して森林品質が検証される。カーボンオフセットが促進される中、入山の難しい山林や放置された私有林における環境価値の可視化が期待される。



2 リジェネラティブな未来を拓く テクノロジー



5-トラスト

リジェネレーションを推進するうえで不可欠なのが、相手が期待を裏切らないと思える状態、すなわちトラスト（信頼）である。デジタル情報や情報システムが、セキュリティ、プライバシー、セーフティ、リライアビリティ、レジリエンス等により、その期待に応えられること、つまり「トラストワージネス」を確保するためのテクノロジーや方法論が進化していく。

①拡大し変容するトラストワージネスの対象範囲

デジタル技術の進化はリジェネレーションを可能にすると同時に、トラストワージネスの対象範囲を急拡大させ、その在り方も変容させる。例えば、生成AIには事実と異なる結果を生成してしまうハルシネーション現象のリスクがある。今後普及していく生成AIが生成内容を自律的に仮想空間上に記録するようなことがあれば、不完全な情報＝フェイクの横行につながる恐れがある。また、アバターやデジタルヒューマンにおける操作者への信頼性、あるいは自動運転車、AI、ロボットの判断・動作に対する信頼性や安全性も確保されていなければならない。

②トラストワージネスを実現するアーキテクチャー

トラストワージネスの実現に向けては、「ゼロトラスト」「デジタルトラスト」を前提としたアーキテクチャー設計が推進される。

ゼロトラスト

全ての通信及び通信先は信用できない（だからその安全性を検証する）とする「ゼロトラスト」の考え方に則った防護システムの導入は、サイバー攻撃の起点となるメールやリモートアクセスからのネットワーク侵入を防ぎ、信頼性・安全性が確保された環境を提供する。実装にあたっては、現状のセキュリティ対策レベルを診断したうえでの、目指すべきレベルの明確化、さまざまなクラウドセキュリティソリューションの組合せ、目標達成度の検証を繰り返すPDCAアプローチが有効となる。ゼロトラストシステムは、「可視化と分析」「自動化と調整」「ガバナンス」の各機能を実装し、システムリソース（ID／デバイス／ネットワーク／アプリケーション／データ）への全てのアクセスを認証・監視・制御することで、信頼性や安全性を確保する。IDごとにアクセスできる通信を厳密に制御し、ログ分析等により不正アクセスの兆候を検知して自動対応する。



デジタルトラスト

膨大な情報が飛びかうデジタル空間において、さまざまなリスクに対応できる体制の構築が喫緊の課題となっている。デジタル空間上の人材、プロセス、テクノロジーに対する信頼保証＝デジタルトラストは、「本人・本物であること（対象真正性）」「内容が事実・真実であること（内容真実性）」「振舞い予想・対応可能性」の3つの側面に整理できる。

対象真正性を確保する方法の一つである分散型ID（DID）は、サービス等の利用者側がブロックチェーン上で自分のIDを発行・管理できるテクノロジーである。自治体等が保有する本人確認データと紐付けられるため、例えば学生が就職希望先への提供情報を自分で管理する仕組み等で活用される。問題発生時の責任の所在をどうするか、といった課題は残るが、従来のプラットフォームによる中央集権的なID管理から生まれるリスクは回避できるため、今後データの信頼性を確保するサービスとして定着していく。

内容真実性は、フェイク検知等データ・コンテンツ問題対策の中心的なテーマとなる。生成AIによるフェイク検知技術が進化する一方で、「どこまでがフェイクに当たるのか」といった許容範囲に関する政府のルール整備や個人のリテラシーも重要性を増していく。

自動運転を担うAIや、判断根拠を明らかにできるXAI（説明可能なAI）等の、いわゆる「信頼されるAI」においては、振舞い予想・対応可能性が今後の技術進展の鍵となる。AIの機械学習が複雑化していく中、ビッグデータの偏り防止や質の高い学習データの収集等、機械学習の品質管理・安全性確保が推進される。リジェネレーションの実現に欠かせないAIの信頼性を高めるテクノロジーが、トラストの枠組みの中で進化していく。

3

再生型ネットポジティブ社会に向けた リジェネレーション・デザイン



(1) リジェネレーション・デザインに欠かせない四つの視点

再生型ネットポジティブ社会の実現に向けて、各企業・社会・個人がそれぞれのリジェネレーションを推し進めていく。それに先立ちリジェネレーションがどのようなメカニズムで機能するのかを整理しておくことは、個々の取組みをより適切にデザインするための助けになるだろう。そこで着目したいのが「共創」「共生」「成長」及び「ガバナンス」の視点である。

共創：共通のビジョンや目的のもとに集った人や組織が、互いに新しいアイデアや解決策を出し合うことで価値創出がなされること。

共生：人や社会、環境が、互いに利益を得られる互惠関係を形成し、それが持続可能な状態になること（花と蜜蜂の関係）。広義においては企業のアライアンス関係、さらにそのサービス利用者を含めた関係も共生と捉えられる。

成長：共創・共生に関わる人や企業、社会、環境、それぞれが持つ価値が可視化され、持続的に循環することで全体がより良くなっていくこと。従来可視化されている価値に加え、既に消費財としての役割を終えた廃棄物等の価値、顕在化していないもしくは活用されていない遊休資産等の価値、あるいは自動化・最適化により発生した余剰リソース等の価値も可視化され活用される。

ガバナンス：共創による価値創出や、共生の互惠関係を持続させるための、モラルやルールを生み出す機能のこと。

「共創」は「共生」を生み、共生は新たな共創を誘発する。そこに「ガバナンス」が利いていることで持続的な「成長」が可能になる。四つの視点を適切に連関・連動させることで、より効果的なリジェネレーションがデザインされる。経済的価値・社会的価値・環境価値が循環し、それらの総体が増大（スパイラルアップ）する再生型ネットポジティブ社会が実現する（図4）。

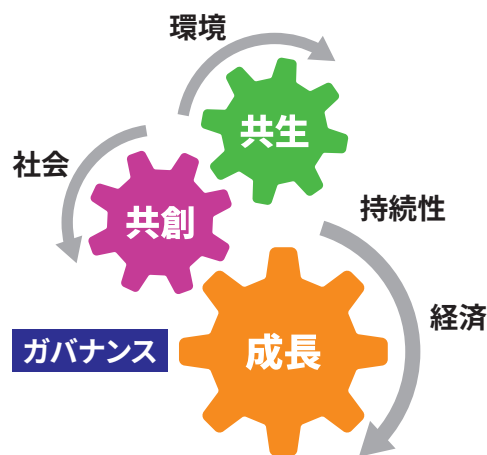


図4：リジェネレーション・デザインにおける四つの視点

(2) リジェネレーション・デザインにおけるデジタル技術のケイパビリティ

デジタル技術のケイパビリティ（つなげる／最適化する／拡張する）は、いわばリジェネレーションの動力である。上記の四つの視点に、デジタル技術の力を組み合わせることで、より効果的なリジェネレーション・デザインが可能になる。

例えば、人（社会）・企業（経済）・地球（環境）を一つの生態系と捉えたとき、デジタル技術は、まず地球の資産である森林の環境価値を可視化することで、社会と環境とを「つなげて」共生への端緒を開く。同時に志を同じくする人や企業も「つなげる」ことで新たな共創を生み出す。共創に関わる人の能力を「拡張する」のもまたデジタル技術である。共創コミュニティは、可視化された環境価値を流通させるために、デジタル技術を活用して経済活動を「最適化する」。活発に流通し増大した価値が環境に還元されることで、人・企業・地球の共生が実現する。その共生を持続的に成長させるために、デジタル技術を活用した適切なガバナンスが構築される。



3 再生型ネットポジティブ社会に向けた リジェネレーション・デザイン



(3) 四つの視点×デジタル技術のケイパビリティ

1-共創

デジタル技術の「つなげる力」は、さまざまなリソースやデータの価値を可視化することで、人や組織をつなげて共創関係を作り出す。例えばWeb3は、参加者個々の強みが発揮されやすい共創形態である分散型コミュニティの創出を助ける。また「最適化する力」は、共創コミュニティが効率的に価値を生み出せるよう、さまざまな経済活動を最適化する。一方で、生成AIと「つながる」といった共創の形もある。生成AIは求められているものを理解し、柔軟にアイデアを提示することで人の創造性を「拡張する」。新たな選択肢を提供するAIの能力と、人の創造性を掛け合わせることで、これまでにない価値の創出が可能になる。

①共創×「つなげる」 ～人や企業をつなげて価値を創出する

共創は、共通の価値観、理想、目的を持つ人々が集うことからスタートする。参加する個人や企業、団体の属性（国・地域・性別・年齢・業種業態等）が多様性に富んでいるほど、新たな価値を生むための新鮮なアイデアがもたらされる。多様性がうまく活用されるためには、まず対話による参加者間の相互理解とリスペクト、公平な関係性が不可欠となる。多様な価値観を学習した生成AIは、示唆に富んだ情報を創出することで他の参加者への理解促進を支援する。AIが参加者同士のつながりを深化させることで、力強い共創の土壌が形成される。またWeb3やDAO

等の組織形態は、参加者の関係をフラットにし、透明性の高いガバナンスの利いた意思決定を可能にする。さらにWeb3によるトークンを介した小口の取引は、デジタル経済圏を生み出して持続的な共創を可能にする。

②共創×「最適化する」 ～データ連携により価値を創出する

共創による価値の創出・循環に重要な役割を果たすのが、データ連携である。個人・企業・業種間の異なる形式のデータ、あるいはアプリケーションやサービスごとに分散されているさまざまな情報が、データ共有の認可・管理のもとに統合・連携されることで、必要なデータを適宜抽出・活用できるようになる。共創活動の円滑化に加え、データを共有するコミュニティ全体の最適化が図れるようになり、従来はハードルが高かった異業種との共創が促されることで、新たな価値の創出・循環が活性化する。例えば、レストラン事業者が運用する予約システムと、交通事業者の配車システムのデータを連携させることで、一回の食事にかかる利用者のアクションをワンストップ化でき、両事業者は互いのビジネスで最適化・効率性向上を図れるようになる。こうしたデータ連携技術の進化により、データ所有権を持つ個人とプラットフォーム間での共有、全く異なるサービス間での共有が可能となり、共創の成長を加速させる。



③共創×「拡張する」 ～人の創造性を拡張して価値を創出する

AIとの共創により、人はそれぞれの業務でより創造性を発揮できるようになるだけでなく、「社会にどのような価値をもたらしたいのか」「どのような製品を生み出したいのか」等、共創におけるビジョンや理念の発想に注力できるようになる。

例えば、製造業において現在、要件に基づき新しい製品設計案を提示する「大規模製品モデル」の研究が進められている。同研究では人の言葉を理解して対応する機能を持つAIのLLMが、製品設計者の求める製品像を理解し、製品の動作原理、製造方法、関連する制約等まで加味したうえで設計案を提示する。さらに人が作った設計案の不足点を挙げ、改善点等の選択肢まで提案する。こうした作業の自動化が進むほど、人の仕事は、判断、決定、あるいは選択肢を組み合わせる新たな設計の方向性を打ち出すといったものになっていく。生成AIや3Dプリンタ、ロボットがhow/doを、人がwhy/whatに基づいた意思決定を担う分業が進むだろう。価値の創出・循環を目指すにあたり、人はビジョンの策定、課題の見極め、製品・サービスに込められた志や想いを繰り返し「問い」続けること等、より共創の本質に関わる作業で本領を発揮できるようになる。

24

気候変動対策の代表的な取組みであるカーボンプライシングは、自然資源が持つ価値を可視化し、その価値をカーボンクレジットにより循環させることで、大規模植林や森林保全活動を促してCO₂吸収量を増大させる。そのためには炭素税やクレジット取引といった国による制度整備が不可欠であり、価値の循環にはデジタル技術の「つなげる力」が必要となる。

循環経済への移行は、製造・流通のサプライチェーンを中心に進展していくだろう。資源の循環利用と付加価値の最大化を目指し、原料調達から製品再利用までの一連のプロセスで、資源・部品の残存価値や品質レベルといったさまざまな情報が可視化・管理されていく。同時に、廃棄物の再資源化、バージン材使用量の削減、カーボンリサイクルやケミカルリサイクル技術の導入等、各種テクノロジーを最大限に活用した企業オペレーションが積極展開され、利用分相当以上の資源再生＝ネイチャーポジティブが進められる。生活者の環境意識も年々高まっていくだろう。矢継ぎ早に商品を買替えるトレンド追従型の消費行動は見直され、再生品の購入やサブスクリプション製品の利用等、いわゆるエシカル消費が拡大していく。製品の利用可能期間や再生率、資源の再利用率がメーカー評価の対象となり、循環経済への移行を後押しする。

生物多様性の回復に向けた取組みにおいても、その効果が可視化・価値化されはじめている。例えば、住宅メーカー、グリーンテックのスタートアップ、環境意識の高い消費者の連携により、地域の生き物と相性のよい在来樹種の植栽を、町づくり・家づくりに活かす取組みが進められている。ここでの生物多様性の回復度合いが、動植物の種数や多様性指数等を用いたシミュレーション分析により可視化されることで、経済的価値と結びつく。とりわけ緑地劣化の著しい都市部における「生物多様性の回復」に大きな価値が見出され、それが循環することで人・企業・環境の互惠関係がより強固なものになる。

②共生×「最適化する」 ～地産地消を支えて持続的な共生を実現する

デジタル技術の「最適化する」力は、需給バランス最適化や、生産現場の効率化を通して、資源のロス削減、労働力不足の解消等に寄与し、共生の持続的な成長に貢献する。

生活必需エネルギーはこれまで、電力なら電力会社が、食料なら各生産地が集中的に大量生産し、消費地へと輸送・運搬されてきた。これらエネルギーの需給バランスは今後、デジタル技術により地域ごとに最適化され、例えば再生可能エネルギーの域内消費を可能にするマイクログリッド（小規模電力網）等の普及を加速させる。

また、ビルの屋上等で栽培された野菜を一定地域内で消費する都市農園の取組みでは、日照量・土壌水分量・土壌温度等、リアル空間でセンシングされたデータが仮想空間上でシミュレーション分析され、農園運営者から栽培者へのアドバイスに活かされている。デジタル技術は、限られた耕地・生産者による栽培を可能にするだけでなく、耕作する喜びや楽しさの共有、さらにはイベントを通じたコミュニティ形成等も促しながら、都市型農業を進展させる。地産地消が促進される中で、輸送に伴うCO₂排出の削減、緑化による環境再生等も実現していく。



3

再生型ネットポジティブ社会に向けた
リジェネレーション・デザイン

GOVERNANCE

3-成長とガバナンス

共創・共生を持続的に成長させるには、事業環境の変化に応じて、ガバナンスを継続的に再設計していくことが必要不可欠となる。例えば価値の循環を可能にするデジタル技術は、共創・共生の成長に欠かせない一方で、プライバシーやシステムの透明性、安全性等、常に新しい問題をコミュニティにもたらす。データや情報システムにおけるトラストの確保は当然必要だが、その前提としてトラストを担保するためのルール、すなわちコミュニティの運営に関わる全てを適切に制御・管理するガバナンスが構築されていなければならない。



①ガバナンスの継続的な改善により成長を持続させる

共創・共生の成長に伴うコミュニティ内外のさまざまな変化に応じ、ガバナンスやルールも柔軟かつ機動的に見直され、改善が図られる必要がある。ガバナンスは、参加者間の対話やコミュニティ運営のリスク分析・達成評価・フィードバック等を通じたアップデートにより有効に機能し続ける。ガバナンスを継続的に再設計し、さらに共創・共生の仕組み自体についても最新のデジタル技術を積極的に活用して効率化・生産性向上を続けることで、コミュニティの持続的な成長が可能となる。

②「人を中心」のガバナンス構築でリジェネレーションを実現する

共創により生み出された新たな価値を適切に循環させ、経済・社会・環境のリジェネレーションを実現するためには、リアル空間であれ仮想空間であれ、「人を中心」のガバナンスシステムが構築されていなければならない。新しい価値を生み出す共創・共生のコミュニティは、多様性に富み、さまざまな価値観を前提に結びつく。そこに構築されるガバナンスは、これまでの中央集権的かつ一方的なものから、参加者全員がフラットに関与できるものへと変化する。一人一人の強みや想いを活かせる環境づくり、公平な富の分配も積極的に図られる。DAO等のデジタル技術を活用して、誰もが納得のいく仕組みを目指すことで、コミュニティは一人一人がより生き生きと活動に参加できる共創形態へと進化していく。





(4) BIPROGYグループが推進するデジタルコモンズ

① 共創を育む場としてのデジタルコモンズ

BIPROGYグループが推進するデジタルコモンズは、有形・無形のアセットを可視化し、新たな価値を付加したうえで「共有財」として共同管理するコミュニティである。さまざまな参加者をつなぐオープンイノベーションの場でもあるデジタルコモンズは、リジェネレーションにおいては共創を育み、より良いデザインを描くための活動基盤となる(図5)。

デジタルコモンズのプラットフォームには、ビジネス機会を創出する「共有」「コラボレーション」のための機能が実装される。デジタルファシリテーションにより、多様な価値観を持つ参加者が縦横に対話できる環境が提供され、より効果的なオープンイノベーションを可能にする。そこに活用されているブロックチェーン、Web3・DAO、トラスト等のデジタル技術が、参加者による共創・共生の取組みや、ガバナンスの構築を通じた持続的な成長を促進する。



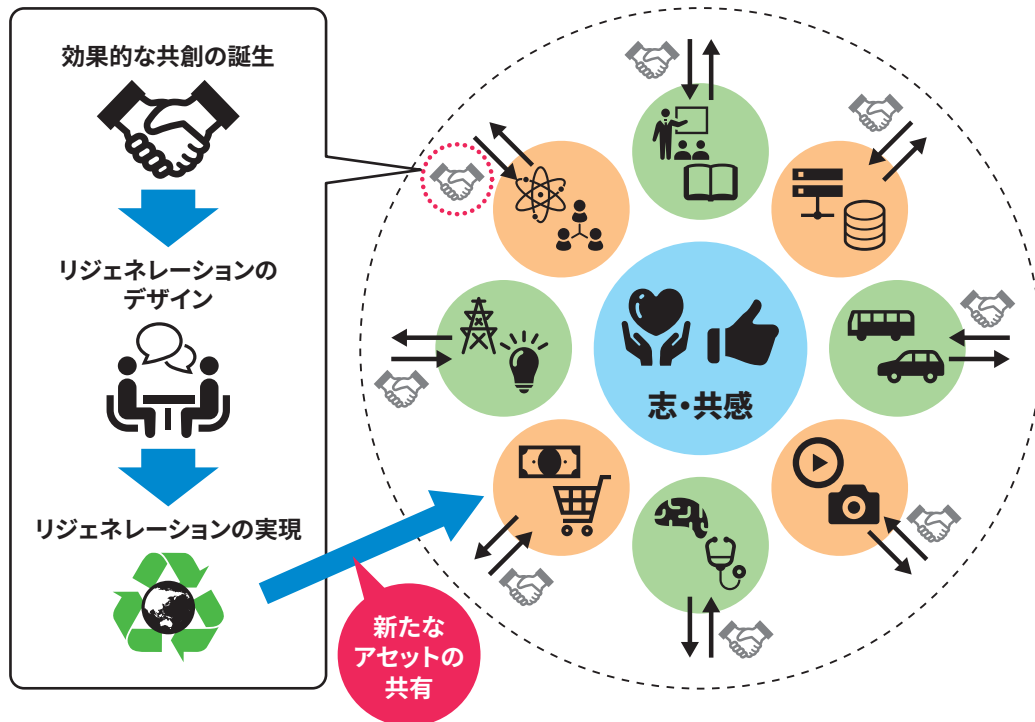


図5：共創を育むデジタルコモンズ

②デジタルコモンズの活用事例

デジタル・リアルの両アセットを組み合わせる新たな価値を創出できる場として、デジタルコモンズはリジェネレーションの推進に適した環境を提供する。そこから生まれた共創のストーリーに沿って、すでに新たな活動がスタートしている。

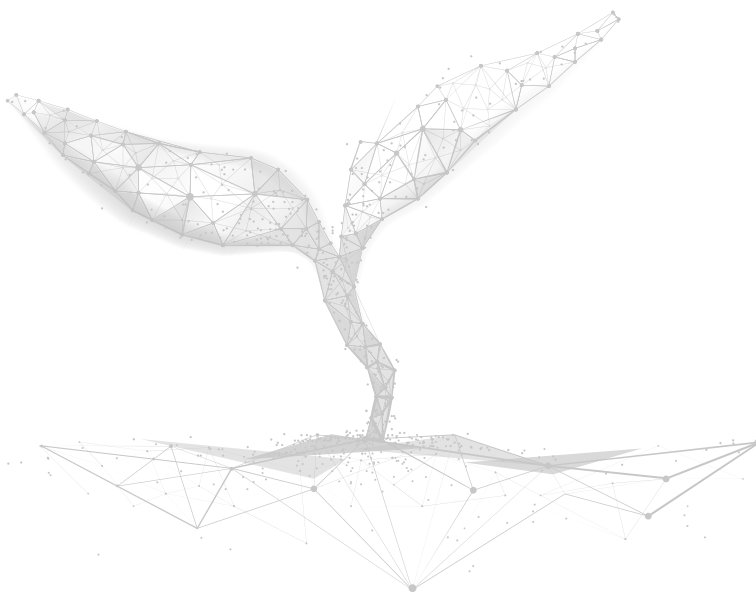
例えばBIPROGYグループが取り組む「マイクログリッド導入プラン策定プロジェクト」では、太陽光発電設備、蓄電池、AI技術や専門知識・ノウハウ等のアセットを共有したマイクログリッドのプロトタイプ構築が進められており、分散型エネルギーを地産地消する再生型ネットポジティブ社会の実現が目指されている。

また、地方銀行と地域事業者が一体となった共創事例では、製品・サービスの消費者＝ファンのニーズや嗜好に関するデータを「共有財」として集約・蓄積。そこにNFTやトークン技術、地域データ等のアセットを組み合わせることで、ファン同士のつながりや、地元企業による新たなサービスの創出を促進する取組みが進められている。さらにこの先、観光、環境、飲食、教育等に関するアセットの集約も構想されており、他地域との連携・共創も視野に入れた大規模なリジェネレーションが期待されている。

デジタルコモンズは、異なる価値観を持っていた人やコミュニティを、「共有財」とデジタル技術を通して「つなぐ」。デジタル技術が進化するほど、多様な価値観への理解とその共有はいっそう進み、より強い共感でつながった効果的な共創が生まれてくるだろう。

おわりに

本誌では、5～10年先の未来像として、再生型ネットポジティブ社会の実現に向けた経済・社会・環境のリジェネレーションを取り上げた。「共創・共生・成長とガバナンス」の視点にデジタル技術を効果的に掛け合わせることで、新たな価値の創出と循環が実現し、さまざまな「より良く」が生み出される。デジタルコモンズのような共有と共創によるオープンイノベーションの場を活用することも助けとなるだろう。多様な問題をはらむこれまでの社会経済システムは、さまざまなリジェネレーションの取組みが進められる過渡期を経て、「より良く」が持続的に創出されるネットポジティブ社会へ変革されていく。一人一人が輝く優れた共創が一つでも多く生まれることを願ってやまない。





Technology Foresight® 2024

BIPROGY 株式会社

本社 〒135-8560 東京都江東区豊洲 1-1-1

電話 03-5546-4111 (大代表)

https://www.biprogy.com/com/tech/technology_foresight/



©2024 BIPROGY Inc. All rights reserved.

本書に掲載されている文章、写真、イラスト、画像およびこれらを組み合わせた編集物は著作権法による保護を受けており、これらの著作権は、BIPROGY 株式会社に帰属するほか、第三者の著作によるものである場合は当該第三者に帰属しています。・Technology Foresight、Foresight in sight、デジタルコモンズは、BIPROGY 株式会社の登録商標です。・その他記載の会社名、商品名、サービス名は、各社の商標または登録商標です。

