

# 実質脱炭素に向けた複数主体をつなぐ 温室効果ガス排出・脱炭素度トレースシステム の必要性



植村哲士



百武敬洋



南 剛志



小林庸至



根岸正州

## CONTENTS

- I 製造業・石油・ガス産業を中心に迫られるカーボンニュートラル対応
- II ブロックチェーンを活用したトレースシステムの先行事例
- III 想定されるカーボンニュートラル時代の二酸化炭素排出トレースシステム
- IV 脱炭素社会に向けた可視化ツールとしての二酸化炭素トレーシングの早期実現が必要

## 要 約

- 1 菅義偉首相の2050年実質脱炭素宣言以降、特に製造業や運輸部門において、脱炭素要求の厳しい企業や消費者との取引に向けて、自社製品の脱炭素度合いの証明を効率的に行う必要が生じると予想される。既に、アップルのサプライヤーへの要求や自動車のライフサイクル燃費規制にその萌芽が見られる。
- 2 脱炭素時代への移行期に製品別の脱炭素度を示す作業は、企業にとって追加コストになる。この作業を効率的に実施するために、カーボンフットプリントなど温室効果ガスの排出をトレーシングするシステムを構築する必要がある。
- 3 脱炭素に向けた取り組みとして、再生可能エネルギーの利用や環境価値証書の購入によるオフセットが考えられるが、グリーン電力証書、J-クレジット、非化石証書は別の仕組みとして運用されており、証書利用者、納入先、消費者、環境NGO、政府、監査人など、多様な主体による随時の参照を想定した仕組みになっていない。
- 4 トレーシングシステムの仕様はデファクトになる可能性がある。日本勢としても、仕組み作りにおいて主導権を取るためにも、積極的に取り組むことが期待される。

# I 製造業・石油・ガス産業を 中心に迫られる カーボンニュートラル対応

## 1 迫られる実質脱炭素対応

2020年10月25日に行われた菅義偉首相の実質脱炭素宣言以降、日本政府だけでなく、エネルギー企業をはじめ、多くの日本企業がカーボンニュートラルへの取り組みを加速している<sup>文献1, 2</sup>。この脱炭素に向けた取り組みはグローバル企業においてさらに積極的に推進されており、グローバルサプライチェーンで存在感を維持するためには、日本企業も早急な対応が必要である<sup>文献3</sup>。また、実質脱炭素への取り組みは、気候関連財務情報開示タスクフォース（TCFD）の観点から企業の資金調達に大きな影響を与えるようになってきている<sup>文献4</sup>。この観点からも日本企業の取り

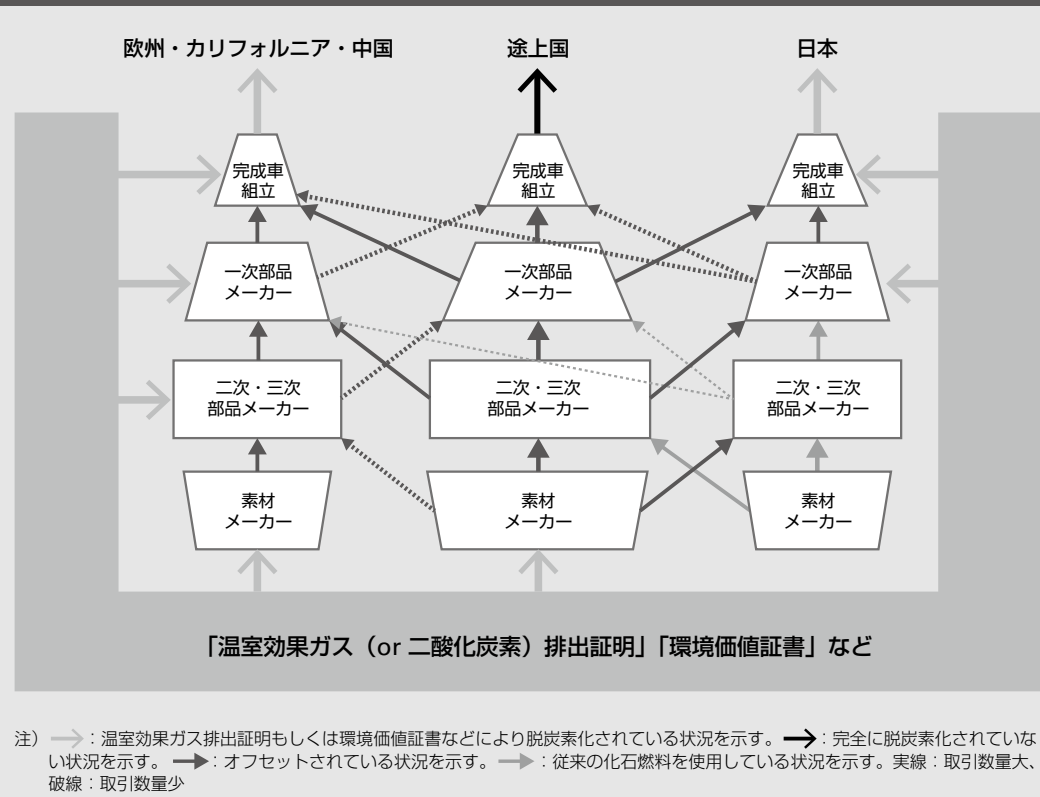
組みは不可欠になっている。

## 2 追加的な経営リソースを 割かざるを得ない脱炭素対策

究極的な世界、つまり、世の中のエネルギーがすべて脱炭素化できている世界では、現状と同じように、企業は普通に生産活動や資金調達活動を行えばよく、わざわざ、自らが脱炭素であることを他者にアピールしたり証明したりする必要はない。

一方、たとえば実質脱炭素に厳しい国や企業と、そうではない国や企業が混在するような場合、現時点で高コストの脱炭素対応をすべての企業活動において実施するのは経済合理性があるとはいえない。ここに、移行過程において限りある環境価値を、脱炭素要求の厳しい顧客に割り当てていくという作業と、その割当の妥当性の証明を行う必要が生じる。

図1 サプライチェーンと環境価値証書や発生源証明



「RE100」のような活動は企業単位の取り組みであるが、図1のような製品のサプライチェーンを考えると、製品の観点から個々の企業の取り組みに横串を通す作業が必要になる。この発生源証明書<sup>※1</sup>や環境価値証書を製品に紐づける配賦作業と、それを複数の企業間で受け渡していく作業を人で行うには、日々、膨大な作業量が発生することが予想される。また、証明書は正当なものか<sup>※2</sup>、これらの配賦作業が正しく行われているか、二重計上はないかなどを監査し証明する必要も出てくるが、監査対象の取引が膨大になるため、相当の費用がかかることも予想される。

さらに、これらの活動は、顧客であるグローバル企業や、社内のESG/CSR報告書、政府の統計などに報告される場合も予想されるため、その集計報告作業もそれなりの手間がかかることが予想される。脱炭素の取り組みについて、再生可能エネルギー（再エネ）の購入費用増や、環境価値証書の購入費用増などは分かりやすい費用増であるが、これらの管理会計上の追加事務作業費用や、外部報告のための追加費用も無視できない費用増として企業経営の重荷になることが予想される。

### 3 効率的な脱炭素対応のための 二酸化炭素排出トレースシステム が備えるべき要件

前節で指摘した脱炭素に向けた取り組みによって発生するさまざまな費用増を抑制するために、社内の管理会計上の追加事務作業費用や外部報告目的の追加費用を抑制する必要がある。このために、理想的にはサプライチェーンにおいて、製品ごとに脱炭素度合いを後工程に引き渡していくような情報基盤（二

酸化炭素排出トレースシステム）の整備が必要になると考えられる。このような二酸化炭素排出トレースシステムの要件として、次のような項目が考えられる。

- サプライチェーン全体をカバーできること（システム間でのデータの引き継ぎができること）
- エネルギーの流れは生産・消費活動そのものを表すものであるため、開示すべき対象を限定できること
- 世界全体で公正に二酸化炭素の排出削減を進めていくために、情報の改ざんなどが行われないこと
- 多数のプレーヤー、多数の製品に紐づけた二酸化炭素排出トレースに耐えられること
- 各社の社内システムと情報のやり取りが行えること
- 政府統計への報告機能を具備していること

## II ブロックチェーンを活用した トレースシステムの先行事例

### 1 ブロックチェーン活用の事例

前章で挙げたトレースシステムの要件の実現方式は、特定の技術を指定するものではないが、既に多くの提案、PoC（実証実験）、実施において、ブロックチェーンが基盤として採用されている。それは、ブロックチェーンの持つ技術特性がトレースシステムの要件と高い親和性を持つためだといえる。

- 対改ざん性（過去の記録を改ざんすることが困難であること）
- 透明性（参加者が相互に監査できるこ

と)

- 二重支払い（計上）を防止できること
- 前記信頼性の担保を単一組織に依存しない設計が可能であること

ブロックチェーンは、暗号資産であるビットコインの実装技術から派生した技術であり、現在までに多くの方式が提案・実装されている。ブロックチェーンの課題として、トランザクション性能、ファイナリティ（実行結果の確定タイミング）などが指摘されることがあるが、本質的には先の技術特性とトレードオフの関係であり、また、改善のためのさまざまな方式も提案されている。

トレースシステムの実装に、どのブロックチェーンの方式を選択するか、あるいは、ブロックチェーン以外の技術を採用するかは、求められる業務要件によって判断が分かれるところとなる。信頼性や性能はもちろんではあるが、広範囲に多くのステークホルダーを抱えることになるトレースシステムでは、サステナブルに運用できるモデルをいかに構築できるかが鍵となる。なお、ビットコインのマイニングという行為が大量の電力を消費するため、反環境保護的との批判があるが、それはあくまでもビットコインの実装方式によるものであり、ブロックチェーン一般にいえるものではない。

ブロックチェーンには、サイバー空間上での価値交換を可能にするデジタルトークンや、デジタルトークン自体にプログラムを付随させるスマートコントラクトなどの技術があり、デジタルアセットと呼ばれるブロックチェーンを用いた証券市場などの金融マーケットとの連携の可能性など、多様なビジネス発展も期待される。

次節以降で先行事例を紹介するが、これはあくまでも、これまで数多く提案されてきたプロジェクトのごく一部である。今後、国際機関、国、NGO、大学、大企業、スタートアップなどを巻き込んだ、グローバルな検討・提案・実装が一層加速していくと考えられる。

## 2 発生源証明・環境価値取引

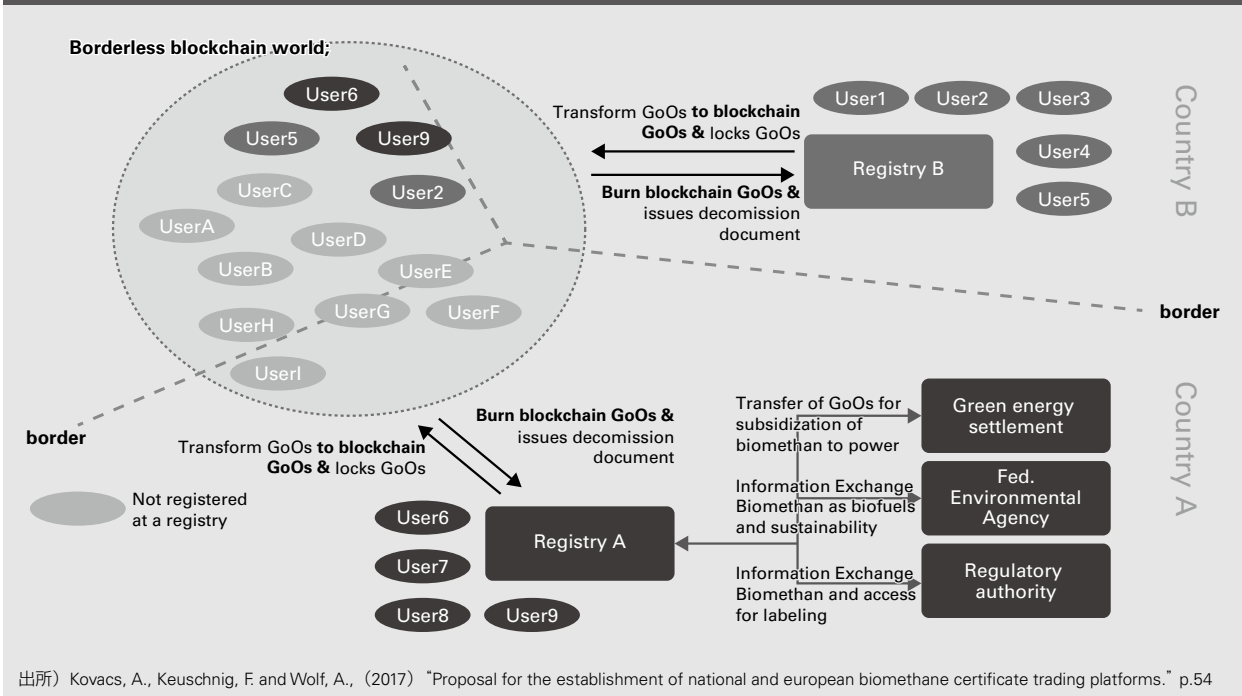
環境価値取引のためには、環境価値が、誰により、いつ、どこで、どれだけ生み出されたかが正確にレジストリに登録され、その登録証書が二重に取引されることなく流通し、場合により小口に分割され、最終的に消費されるまで記録される必要がある。また、それらの一連のプロセスは、第三者によって監査可能であることも必要である。

### (1) InterWork Alliance (IWA)

IWA (InterWork Alliance<sup>註3</sup>) は、デジタルトークンによるサイバー空間上での価値交換サービスの、日常の商取引や貿易などでの採用や利用促進を目的とした民間の非営利団体で、マイクロソフト、ナスダック、ブロックチェーン企業などが加入している。2020年に Sustainability Business Working Group を発足させ、排出量とオフセットをトークン化する技術の標準化を目指すことを発表した<sup>註4</sup>。デジタルトークン化により、以下に示す権利をデジタルアセットとして金融市場で取引されることで、市場拡大が期待できるとしている<sup>文献5</sup>。

- カーボンクレジット
- 再生エネルギークレジット (REC)
- グリーンボンド

図2 ブロックチェーンとバイオメタンGoOの交換の仕組み



出所) Kovacs, A., Keuschnig, F. and Wolf, A., (2017) "Proposal for the establishment of national and european biomethane certificate trading platforms." p.54

- 将来の再生エネルギー事業収入の証券化 用が有効であると提言している (図2)。

## (2) BIOMethane as SUstainable and Renewable Fuel (BIOSURF)

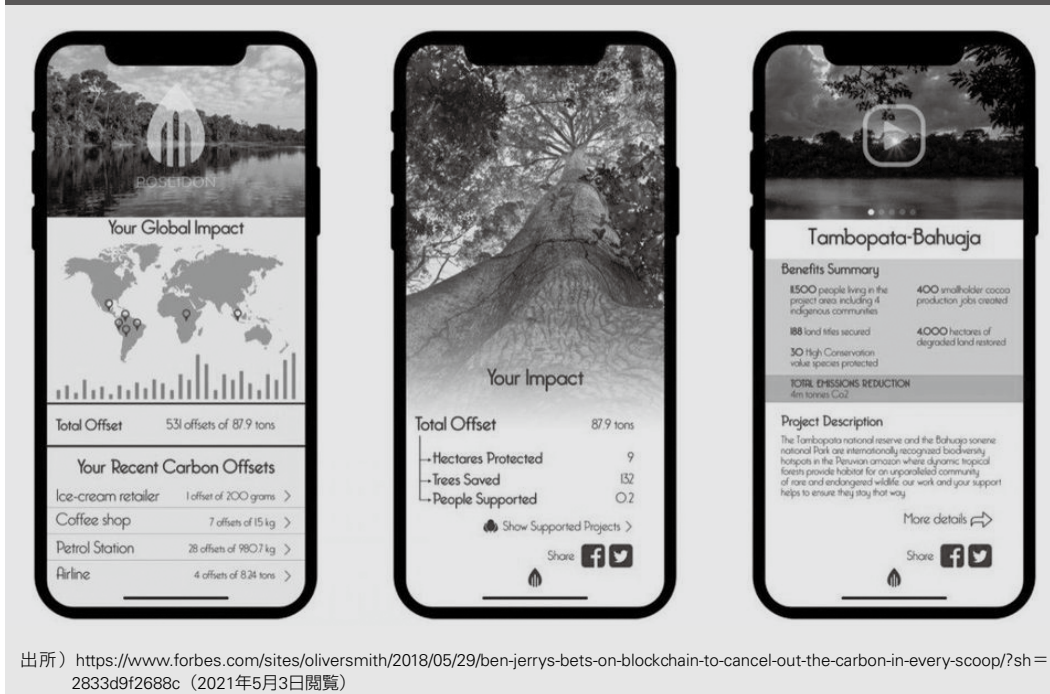
BIOSURF<sup>5)</sup>は、EUが資金を提供する欧州におけるバイオメタン証明書取引プラットフォームの研究プロジェクトである。農業廃棄物などを原料とする再生可能エネルギーであるバイオメタンの欧州での流通促進を目的に、そのトレーサビリティ実現のためのブロックチェーンの活用に関するレポートを出している<sup>6)</sup>。再生可能エネルギーの活用促進には、その原産地保証GoO (Guarantee of Origin) とその移転プロセスにおいて高い信頼性の担保が必須となる<sup>6)</sup>。BIOSURFでは、GoOの所有権移転プロセスにおいて広く取引参加者を集め、国を跨いだグローバルな取引を実現するには、ブロックチェーンの採

## (3) Ben & JerryとPoseidon Foundation

2018年にPoseidon Foundation<sup>7)</sup>の支援を受け、Ben & Jerry (アイスクリーム販売)は、ペルーの森林保護プロジェクトから発生したクレジットを活用し、Cookie Dough (クッキー Dough) とKaramel Sutra (カラメル スートラ) の個々のアイスクリーム販売ごとにカーボンフットプリントをオフセットしたことを可視化するアプリのトライアルを実施した<sup>8)</sup> (図3)。会計時に、オフセットに必要な費用を負担したり、同額をさらに寄付したりすることで、カーボンクレジットを購入できる仕組みになっていた。

Poseidon Foundationは、Stellar blockchain<sup>9)</sup>を活用し、森林吸収のクレジットを個々のアイスクリーム販売まで細分化するこ

図3 Poseidon FoundationがBen & Jerryに提供したカーボンフットプリントをオフセットするアプリの画面



出所) <https://www.forbes.com/sites/oliversonsmith/2018/05/29/ben-jerrys-bets-on-blockchain-to-cancel-out-the-carbon-in-every-scoop/?sh=2833d9f2688c> (2021年5月3日閲覧)

とを可能にしている<sup>10</sup>。

### 3 サプライチェーンにおける排出証明

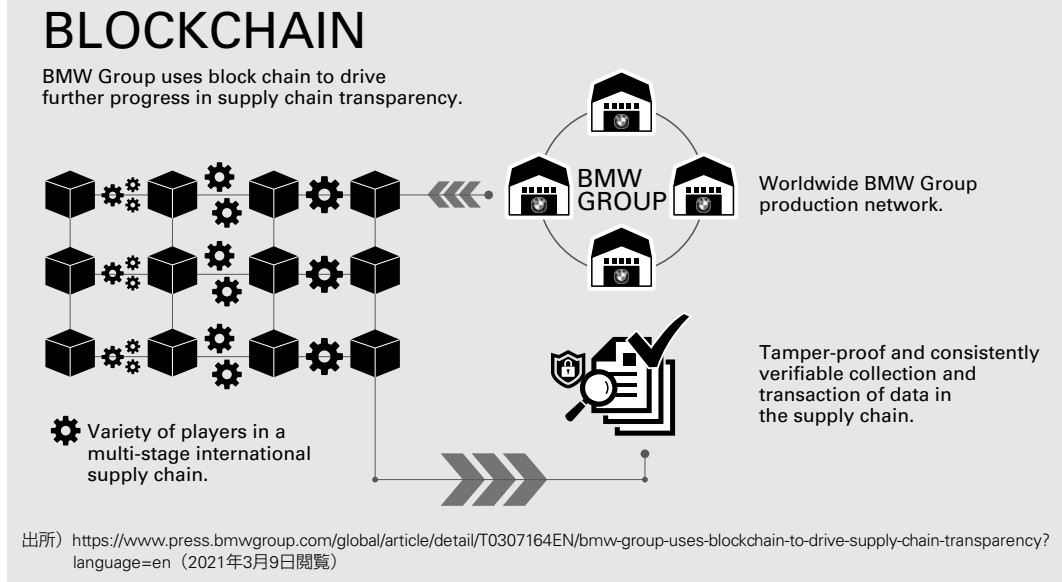
アップルは2030年までにサプライチェーンの100%カーボンニュートラル達成の約束を発表した<sup>11</sup>。これは、すべての部品メーカーに再生エネルギーの利用あるいは調達を課すものである。この流れは、もちろんアップルなど一部の製品のサプライヤーにとどまるものではなく、あらゆる製造メーカーにおいて、グローバルに広がる長く複雑なサプライチェーン全体における「責任ある調達」実現のため、カーボンニュートラル、労働環境など、さまざまな管理とその証明が求められてきている。以下に海外自動車メーカーにおける事例を紹介する<sup>文献7</sup>。

#### (1) BMW

BMWグループは、国際間のサプライチェーンにおける部品や原材料のトレーサビリティを確保するためにブロックチェーンを採用したプロジェクト「PartChain」を立ち上げたが、今後、その適用範囲を拡大すると発表した<sup>12</sup> (図4)。2019年にはフロントライトを対象としたパイロットプロジェクトを実施している。これにより、原材料の鉱山、精錬所から始まるサプライチェーンのトレースを可能にするとともに、匿名のままデータ共有ができる技術を採用することで、業界全体をカバーするプラットフォームの構築を目指している。

なお、BMWグループは、MOBI (Mobility Open Blockchain Initiative) という、自動車メーカー、部品メーカー、ブロックチェーン企業らを含む120社で構成される組織の共同

図4 BMWグループのPartChainプロジェクトのイメージ



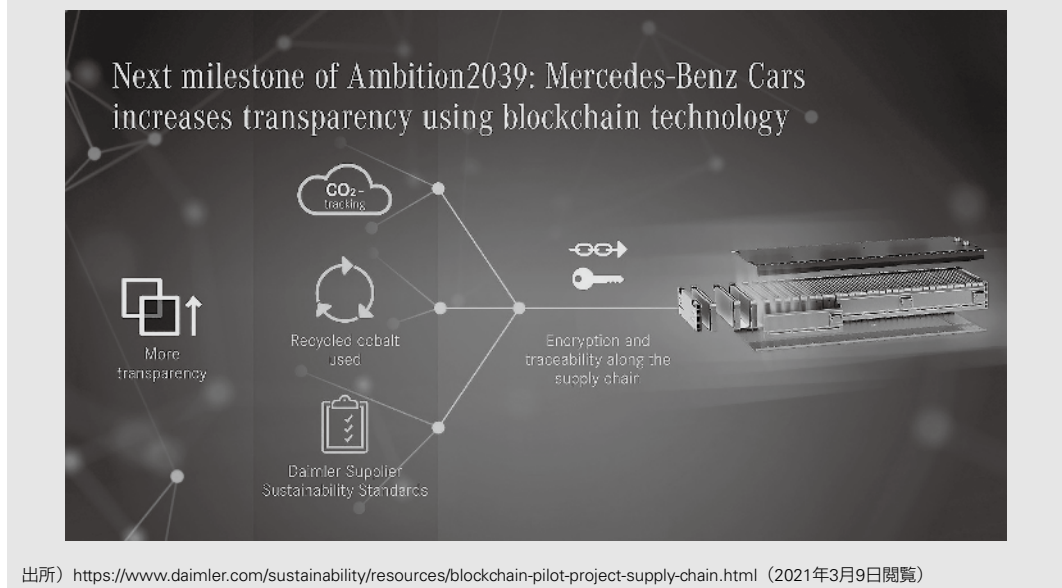
創設者であり、同組織ではサプライチェーン、車両ID、金融などに関するワーキンググループが活動している。

## (2) メルセデス・ベンツ

メルセデス・ベンツは、20年以内のカーボンニュートラルな新型乗用車の発売を目指す

という「Ambition2039」を掲げ、その最初のステップとして、二酸化炭素排出量と資材の再利用の透明性を高める取り組みをしている。そこでは、電池メーカー、ブロックチェーンスタートアップのCircular社と組み、コバルトのサプライチェーンにおける二酸化炭素排出量を透明化するためのパイロットプロ

図5 メルセデス・ベンツの「Ambition2039」におけるコバルトサプライチェーンのトラッキング



プロジェクトを実施している<sup>注13</sup>（図5）。

## 4 再生可能エネルギー売買

再生可能エネルギー活用促進のため、電力会社が需要家に一方的に電力を供給する形から、一般家庭や工場などにおいてソーラーパネルなどで発電された電力を、電力会社が買い取るだけでなく、需要家間で売買できる仕組みの導入が期待されている。販売される電力が再生可能エネルギーに由来するものであることの証明や、小口・多量かつ常に変動する需給状況に対応した電力売買において、ブロックチェーンが有効な選択肢であると考えられている。

### (1) フォルクスワーゲン

非営利団体であるEnergy Webが、フォルクスワーゲンの研究部門と提携し、電気自動車と充電スタンドを地域の電力網に統合するための研究をすと発表した<sup>注14</sup>。近隣地域の電力需要が大きい時間帯は、電気自動車の所有者は、充電をしないことで報酬を得たり、

供給が余剰の時間帯には逆に電気自動車に充電をすることで報酬を得るなど、電力網全体の需給安定を図るための、インセンティブ設計などが構想されている<sup>文献8</sup>。

### (2) LO3 Energy社

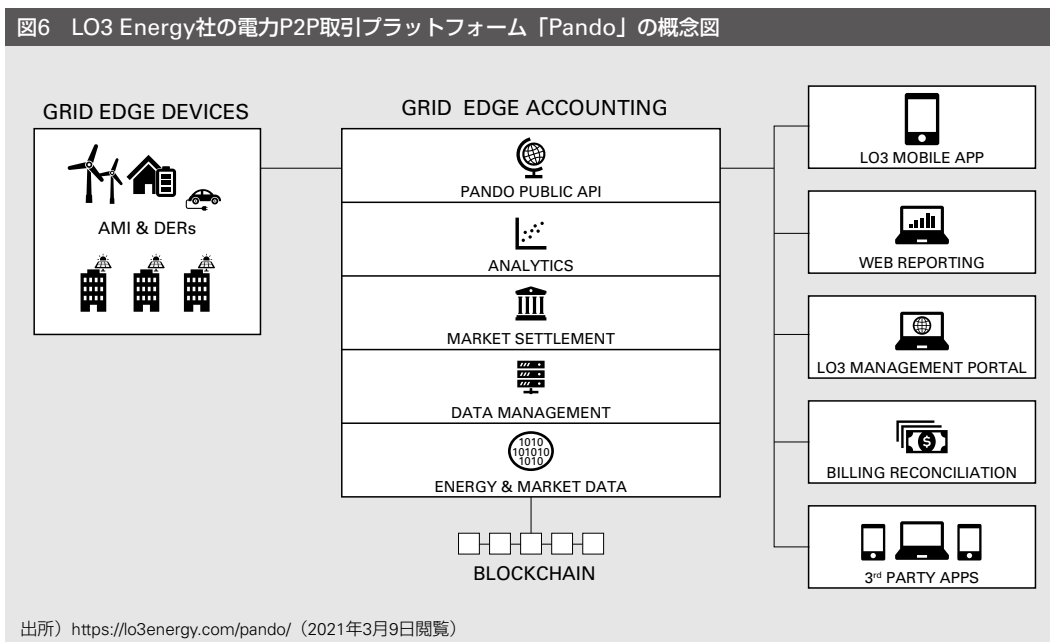
米国のスタートアップLO3 Energy社は、ブロックチェーンを活用したP2P電力取引のプラットフォームを提供している（図6）。米国、欧州でプロジェクトを行っており、日本でも京セラと丸紅が実証実験に着手している。シーメンス、ロイヤル・ダッチ・シェル、住友商事らが出資をしていたが、2021年3月には四国電力が出資を発表し、日本での事業展開を共同して行うとしている<sup>注15、文献9</sup>。

## Ⅲ 想定されるカーボンニュートラル時代の二酸化炭素排出トレースシステム

### 1 トレースの対象

脱炭素社会の実現に向けて製品単位でカー

図6 LO3 Energy社の電力P2P取引プラットフォーム「Pando」の概念図



出所) <https://lo3energy.com/pando/> (2021年3月9日閲覧)



ボンニュートラルを実現するためには、二つの対象をトレースする必要がある。一つは、サプライチェーンにおける二酸化炭素の排出量（カーボンフットプリント）であり、もう一つは、カーボンフリーエネルギーを利用したか、もしくは、排出した二酸化炭素をオフセットしたことの証明書（日本では、グリーン電力証書/J-クレジット/非化石証書）である。

カーボンフットプリントはライフサイクルアセスメント（LCA）手法を活用し、原材料調達から廃棄・リサイクルに至るまでのライフサイクル全体で温室効果ガスの排出量を計測し、表示する仕組みである<sup>注16</sup>。カーボンフットプリントを公表している製品は、2020年3月31日現在で128製品と必ずしも多くはないが、製造過程における二酸化炭素排出量計測の考え方は、脱炭素社会に向けて製品製造過程のエネルギー消費を計測するのに応用可能と考えられる。

もう一つの測定対象は、再生可能エネルギーや環境価値である。前段で計測した製品製造過程のエネルギー消費に対応して、再生可能エネルギーが使われているのか、環境価値でオフセットされているのかなどを計算し、その差分の「純二酸化炭素排出量」の情報を含めて、後工程に情報として引き渡していく必要がある。

ここで、重要なのが、エネルギー消費、再生可能エネルギー使用量/環境価値によるオフセット量、差分の純二酸化炭素排出量の三つの情報を保持することである。製品別に応じた段階でどのような脱炭素の状況になっているかの記録を残すことで、サプライチェーン全体で効率的に脱炭素化に向けた取り組みが

可能になると考えられる。

## 2 登録簿・取引システム・トレース システムの連携と証書参照の仕組み

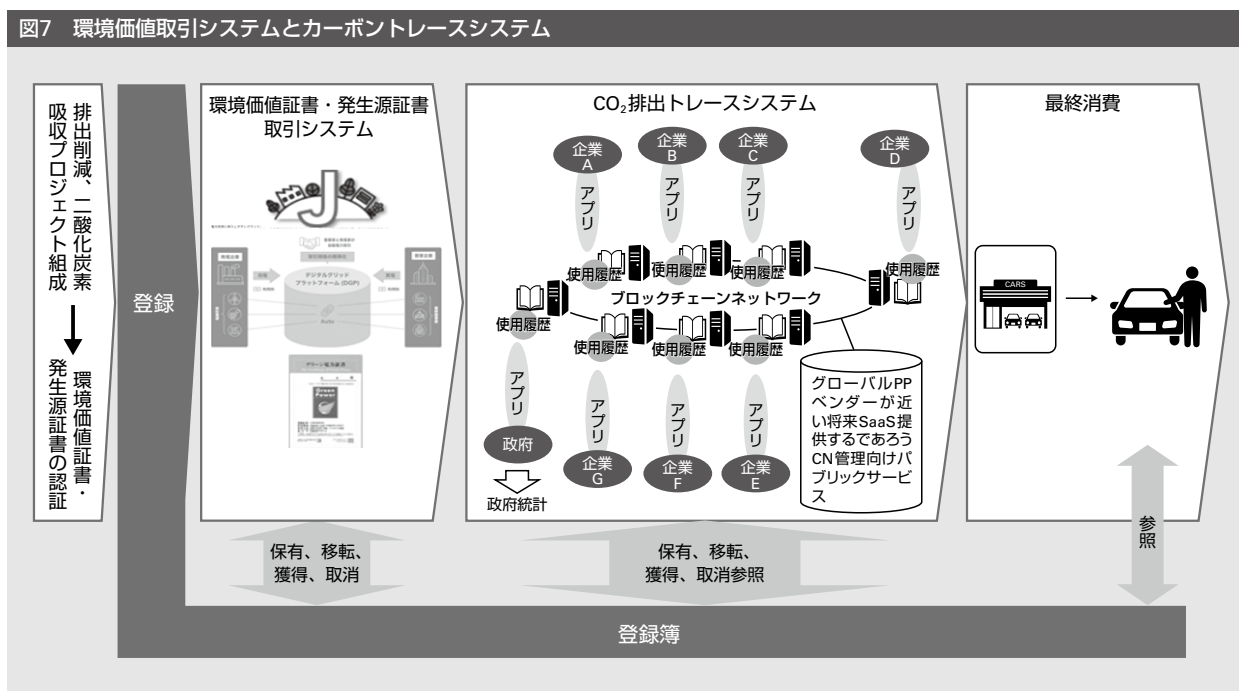
### (1) システム間連携の必要性

実質脱炭素宣言の前から、京都議定書やパリ協定の温室効果ガス排出削減目的のために、環境価値にかかわる証書が発行され、取引されてきている。海外では欧州連合域内排出量取引制度（EU-ETS）があり、わが国ではJ-クレジット、グリーン電力証書、非化石証書などの制度・仕組みがある。

実質脱炭素に向けた取り組みは、遷移過程において製品別の取り組みが必要であり、環境価値証書を購入した後に、その証書を最終消費者までつないでいくことが必要になる。このつなぎの部分で二酸化炭素排出トレースシステムが担うと考えられる。また、製品が最終消費者に渡った段階でも消費者が購入した製品の脱炭素度を確認できるように、どのような環境価値でオフセットしたのかを容易に参照できる仕組みが必要と考えられる。

環境価値にかかわる証書は日本国内でも複数主体から発行されており、今後、新たな仕組みが提案される可能性もある。また、製造業がグローバルに活動していることを考えると、海外の排出権や発生源証明書なども、日本国内の製造過程の脱炭素化で活用されたり、部品の脱炭素度証明の一部として利用されたりする可能性が高い。これらの多種多様なカーボンオフセットのための証書類の発行、保有、移転、獲得、取消、償却、参照について、低コストで、効率的に実施するためには、多様なシステムの間での連携ルールを明確に定める必要があると考えられる（図7）。

図7 環境価値取引システムとカーボントレースシステム



## (2) 環境価値の登録簿システム

現在、日本国内で、環境価値を取引する制度・仕組みとしては、J-クレジット／グリーン電力証書／非化石証書があり、それぞれ、保有や移転の状況を管理するシステムが存在する。そのオープン化の状況は次の通りである。

- J-クレジット：国がプロジェクトの認証状況をエクセルベースで公開（公開ファイルは編集にパスワードを要求）<sup>注17</sup>
- グリーン電力証書：認証機関である日本品質保証機構が証明書の保有状況を公表<sup>注18</sup>
- 非化石証書：非FIT非化石証書については、資源エネルギー庁の委託を受けた日本ユニシスのWebサイトで登録を行うことができるが、認定情報は公開されていない<sup>注19</sup>。なお、FIT非化石証書について、トラッキング付証書販売の実証実

験が行われている

海外の環境価値や発生源証明書について、CDMはUNFCCCが登録簿を運用<sup>注20</sup>しており、欧州のバイオメタンについては各国が運営する登録簿に基づいてERGaR<sup>注21</sup>がトラッキングを可能にしている。今後も、国内外で多種多様な登録簿が生まれてくる可能性がある。

## (3) 環境価値の取引システム

環境価値取引について、2020年7月28日、環境省は、ブロックチェーンを活用したJ-クレジットの取引システム「ezzmo（イツモ）」を構築し、いつでも、どこでも、誰でも環境価値の創出・取引ができる社会の実現を目指す方向性を打ち出した。

J-クレジットとは、再エネ設備や省エネ機器の導入など、温室効果ガスの排出削減につながる活動の環境価値を国が認証し、それを取引できる仕組みである。J-クレジットを創

出するためには、まず、再エネ設備や省エネ機器の導入といったプロジェクトを登録した上で、実際の排出削減量を計測・算定し、第三者評価を受けた上で、その結果をJ-クレジット制度委員会に報告し、認証を受ける必要がある。これまでは、こうした手続きをすべて書面で行っていたため、相当の時間や事務コストを要していた。また、創出したクレジットの売買は、主に売り手と買い手の相対取引によりなされ、取引市場や価格インデックスのようなものが存在しないため、取引量の大幅な拡大は困難な状況にあった。

「ezzmo」を導入し、クレジットの創出から移転までのプロセスを自動化することで、こうした課題を解決することが可能となる。具体的には、たとえば再エネ設備を導入した場合、スマートメーターで発電量を計測し、それに基づいてクレジットを自動的に発行する。その際、クレジットの創出量およびその根拠情報はブロックチェーンシステム上に記録される。そして、システム上に構築された取引市場のインターフェースを通じてクレジットの売り手と買い手のマッチングがなされ、取引が成立した場合は、ブロックチェーンシステム上で、クレジットの価値が売り手から買い手に移転される。こうしたシステムを、ブロックチェーンを活用して構築することで、情報の改ざん耐性が高まるとともに、スマートコントラクトの活用により手続きの自動化や取引スピードの向上が期待される。

一方、グリーン電力証書は発行事業者との相対取引、非化石証書はオークション方式の市場取引と、証書によって取引の仕組みが異なっている。現時点で「ezzmo」はJ-クレジット向けの取引システム構想であるが、将来

的にそのほかの証書の取引にも拡張し、統一的な取引プラットフォームとなることが期待される。

#### (4) 製品別二酸化炭素トレースシステム

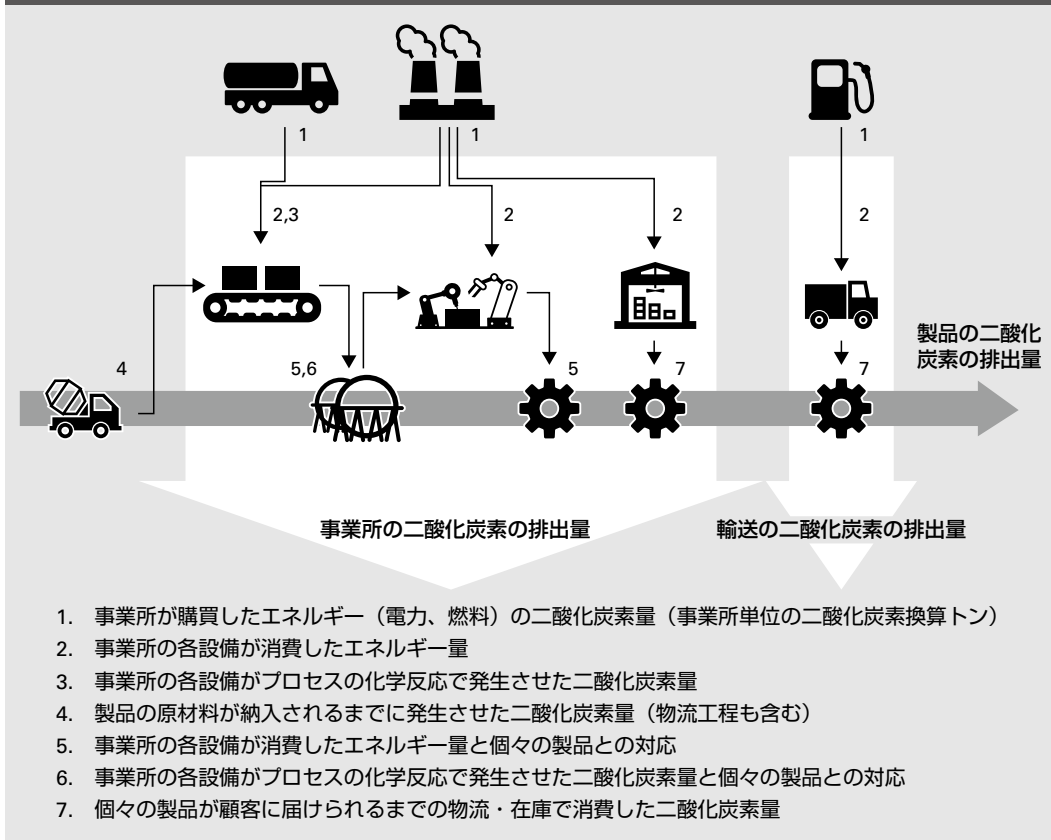
今後、二酸化炭素のトレースには、既に議論が先行している<sup>注22</sup>事業所単位の二酸化炭素排出量収支に加え、製造・出荷した製品単位での二酸化炭素の排出量を可視化することが求められるようになると考えられる。

具体的には、

- ①事業所が購入したエネルギー（電力、燃料）の量（事業所単位の二酸化炭素換算トン）
  - ②事業所の各設備が消費したエネルギー量（設備単位の二酸化炭素換算トン）
  - ③事業所の各設備がプロセスの化学反応で発生させた二酸化炭素量
- に加え、
- ④製品の原材料が納入されるまでに発生させた二酸化炭素量（物流工程も含む）
  - ⑤事業所の各設備が消費したエネルギー量と個々の製品との対応
  - ⑥事業所の各設備がプロセスの化学反応で発生させた二酸化炭素量と個々の製品との対応
  - ⑦個々の製品が顧客に届けられるまでの物流・在庫で消費した二酸化炭素量を明らかにしなければならないということである（図8）。

製品単位での二酸化炭素の排出量を求めるには、簡便には、製造原価における製造間接費の配賦と同様に、生産数量、ないしは製品価格に比例して二酸化炭素排出量を製品に配賦することも可能である。しかし、二酸化炭

図8 二酸化炭素排出量の可視化



素の排出量そのものを減らす活動は、製造原価の低減活動と同様に、

- 製品の各工程での原材料・化学反応／加工／組立プロセスの二酸化炭素排出量把握
- 排出量削減すべき原材料・プロセスのターゲットニング
- 排出量を削減するための代替材料・代替工法の開発

を網羅的・継続的に行うことでのみ実現可能と考えられる。このため、各企業は、前記④～⑦を個々の製品の製造ロットごとに緻密に（≒できるだけ直接配賦的に）管理する仕組みの整備を目指すべきと思われる。

具体的には、

- ③～⑥において、MES（Manufacturing Execution System）の製造工程の管理機能に、設備のエネルギー消費量・化学反応による二酸化炭素発生量の時系列推移と製品のラインアウトの時系列記録を突合する機能
- ⑦において、TMS（Transportation Management System）の輸送手段・経路の管理機能に、燃料消費による二酸化炭素発生の時系列推移と製品の移動の時系列記録を突合する機能、および、WMS（Warehouse Management System）製品の保管記録に保管設備の電力利用による二酸化炭素発生の時系列推移を記録・突合する機能が必要になる

と想定される。

世界的なカーボンニュートラルの流れの中、二酸化炭素排出量の多い製品の付加価値（価格）の下落が進む可能性が高い。このため、今、前述へのシステム投資を行うことは、企業ブランドイメージや製品の市場競争力を維持向上するために必須になると考えられる。

また、バリューチェーン全体の視点に立てば、自社製品の⑤～⑦は、顧客（後工程）の④につながる。したがって、⑤～⑦の情報を各企業で管理する仕組みに加え、それを後工程企業に開示するための企業間情報共有の仕組みが別途必要になってくる。この仕組みは、数年前からブロックチェーンの適用事例として世界的に先行して導入が進んでいる「食品トレーサビリティ<sup>注23</sup>」のそれと類似したものと想定される（図9）。

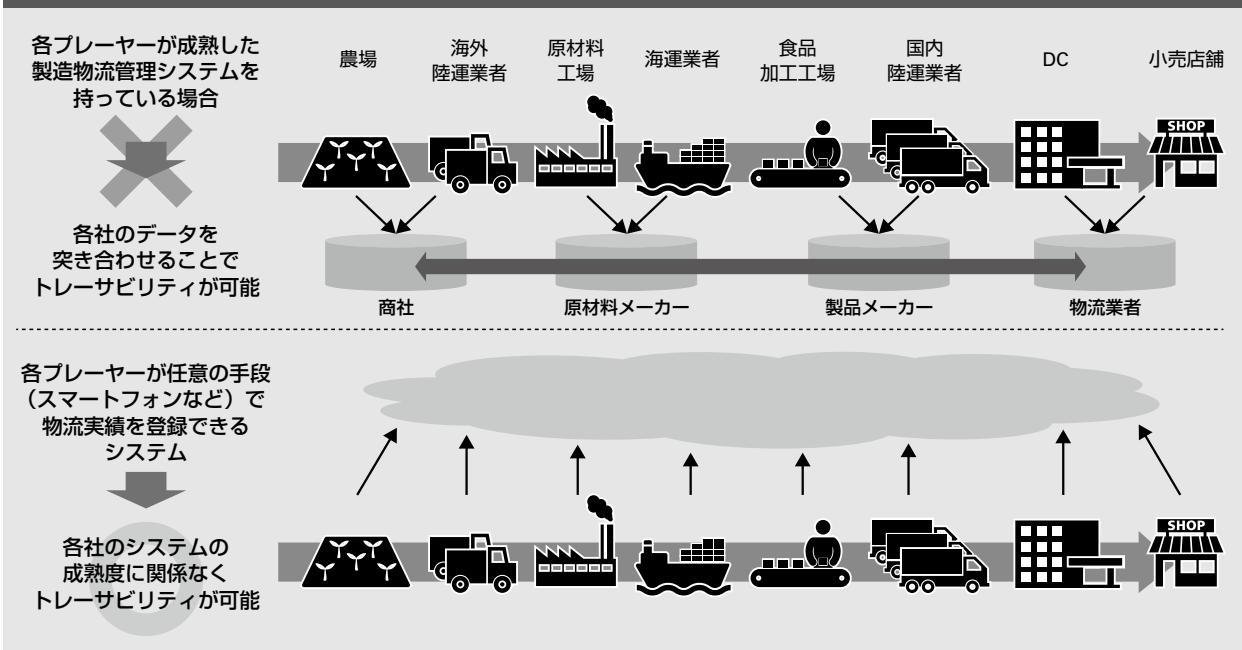
食品トレーサビリティのデータベースサービスは、グローバル規模でブロックチェーンプラットフォームを提供するベンダーからの

商用SaaSでの提供が既に始まっており、近い将来、そのサービスに製品の二酸化炭素の排出量を管理する機能を拡張する形でPublicに提供してくるのではないかと推定される。この場合、自社で前記④～⑦を管理するシステムを構築しておけば、個別に構築する必要はなく、システム開発費用を抑制することが可能になる。

### (5) 登録簿参照システムと参照を考慮した証書のユニークコード化が必要

グローバル製造業は、脱炭素化や資源循環について、サプライヤーに対してより積極的な取り組みを求めている<sup>文献3</sup>。サプライヤーは、自らの取り組みを定期的に納入先に報告したり、最終消費者が積極的に脱炭素や省資源の状況について自ら調べたりするような動きが増えていくと予想される。この場合、環境監査を行う監査人以外にも、サプライヤー自身、納入先、最終消費者、政府、マスメディア、環境NGO、研究者などの多種多様な

図9 トレーサビリティシステムのイメージ



主体が取り組み状況に関心を持ち、環境価値証書などを参照する機会が増えることが予想される。

前段で紹介したように、現時点で登録簿は別々に運営されており、一部の情報はインターネット上で公開されているものの、必ずしも第三者が容易に参照、検証できる状況にはなっていない。また、日本国内の環境価値を活用してカーボンフリー化した製品が海外で販売される場合、海外からこれらの登録簿を参照するニーズが生じる可能性もあるが、現時点でこれらの登録簿は日本語で作成されており、海外からの参照は難しい状況である。

今後、利用機会が増えると予想される海外のボランタリークレジット（Voluntary Credit:VC）も、各国の削減目標（Nationally Determined Contribution：NDC）とのダブルカウントがされていないことを確認する方法は十分に確立されているわけではない。

現時点で、登録簿の公開方法、下流側のトレーシングシステムからの参照可能性や容易性、公開言語については特に議論になっていない。今後、日本のグローバル製造業が製造プロセスの脱炭素化を進めていく上で、制度の調和と併せて、登録簿の参照方法の改善は大きな課題になると考えられる。

#### IV 脱炭素社会に向けた 可視化ツールとしての 二酸化炭素トレーシングの 早期実現が必要

本稿で提案している二酸化炭素排出トレーシングの考え方は、既に欧州で、資源循環と二酸化炭素排出対策に関するプロダクトパス

ポートとして議論が始まっている<sup>注24</sup>。消費者に行動変容を促すために二酸化炭素排出量の可視化が必要<sup>文献10</sup>とされているが、脱炭素化社会に向けて、製造業やサプライチェーンの脱炭素化を進めるためには、本稿で紹介したような二酸化炭素排出量（化石エネルギー消費量）と脱炭素化の度合いの可視化が必要である。特に、エネルギー源が完全にカーボンフリーに転換できるまでの間、製造業や運輸部門において、脱炭素要求の厳しい企業や消費者との取引に向けて、効率的に自社製品の脱炭素度合いの証明を行う必要が生じると予想される。

一方で、脱炭素時代への移行期に製品別の脱炭素度を示す作業は、政府や企業にとって追加コストになる。この作業を効率的に実施するために、ブロックチェーンを活用したトレーシングシステムを構築することが考えられる。さらに、現時点で頻繁に参照されることが想定されていない環境価値証書の登録簿について、その参照コードの共通ルール化などについても検討を行う必要が出てくるだろう。

二酸化炭素トレーシングシステムは、当面、アップルやグローバル展開している自動車産業と取引している製造業から導入されることが予想される。トレーシングシステムの仕様などはデファクトになる可能性があるため、日本勢としても、積極的に取り組むことが期待される。

#### 注

- 1 日本では、Guarantee of Originを発電源証明と訳すが、欧州ではバイオガスなどの発生源を証明する際にもGuarantee of Originが使用される

- ため、本稿では、電力に限らずより一般的な「発生源証明書」と訳している
- 2 証明書の正当性については、各証明書の発行団体が証明を行うことになるが、製造プロセスの下流側や消費者が必要に応じてその証明を手軽に確認できる必要がある
  - 3 <https://interwork.org/> (2021年3月8日閲覧)
  - 4 <https://interwork.org/the-interwork-alliance-sustainability-initiative-to-develop-trusted-solution-for-standardizing-token-based-carbon-emission-accounting-credits-and-offsetting/> (2021年3月8日閲覧)
  - 5 [http://www.biosurf.eu/en\\_GB/](http://www.biosurf.eu/en_GB/) (2021年3月8日閲覧)
  - 6 <http://www.ergar.org/wp-content/uploads/2018/07/BIOSURF-D3.6.pdf> (2021年3月8日閲覧)
  - 7 <https://poseidon.eco/> (2021年5月3日閲覧)
  - 8 <https://www.ledgerinsights.com/unilever-blockchain-deforestation-climate-change-ben-jerrys/> (2021年5月3日閲覧)
  - 9 Stellar - an open network for money (2021年5月3日閲覧)
  - 10 <https://www.forbes.com/sites/oliversmith/2018/05/29/ben-jerrys-bets-on-blockchain-to-cancel-out-the-carbon-in-every-scoop/?sh=2833d9f2688c> (2021年5月3日閲覧)
  - 11 <https://www.apple.com/jp/newsroom/2020/07/apple-commits-to-be-100-percent-carbon-neutral-for-its-supply-chain-and-products-by-2030/> (2021年3月8日閲覧)
  - 12 <https://www.press.bmwgroup.com/global/article/detail/T0307164EN/bmw-group-uses-blockchain-to-drive-supply-chain-transparency?language=en> (2021年3月8日閲覧)
  - 13 <https://www.daimler.com/sustainability/resources/blockchain-pilot-project-supply-chain.html> (2021年3月8日閲覧)
  - 14 <https://medium.com/energy-web-insights/energy-web-and-volkswagen-jointly-investigate-the-potential-of-blockchains-for-energy-market-97e6bd687fee> (2021年3月8日閲覧)
  - 15 [https://www.yonden.co.jp/press/2020/\\_\\_\\_icsFiles/afieldfile/2021/03/12/pr002.pdf](https://www.yonden.co.jp/press/2020/___icsFiles/afieldfile/2021/03/12/pr002.pdf) (2021年3月9日閲覧)
  - 16 <https://www.cfp-japan.jp/about/index.html> (2021年3月19日閲覧)
  - 17 <https://japancredit.go.jp/credit/> (2021年3月19日閲覧)
  - 18 [https://www.jqa.jp/service\\_list/environment/service/greenenergy/list\\_ops.html](https://www.jqa.jp/service_list/environment/service/greenenergy/list_ops.html) (2021年3月19日閲覧)
  - 19 [https://www.unisys.co.jp/solution/lob/energy/non\\_fit/](https://www.unisys.co.jp/solution/lob/energy/non_fit/) (2021年3月19日閲覧)
  - 20 <https://cdm.unfccc.int/Registry/index.html> (2021年3月19日閲覧)
  - 21 <http://www.ergar.org/ergar-schemes/> (2021年3月19日閲覧)
  - 22 カーボンフットプリントコミュニケーションプログラム (<https://www.cfp-japan.jp/about/> (2021年5月3日閲覧)) やGaBi (<http://www.gabi-software.com/japanese/index/> (2021年5月3日閲覧)) などのライフサイクルアセスメントソフトでカーボンフットプリントの算定が可能である
  - 23 食品トレーサビリティの仕組みは、簡単にいえば、バリューチェーンの上流工程の企業がその製品に対し任意のSKU単位で製造・物流工程の記録をすべてそのサービスに登録することを前提として、下流行程の企業は、自社に納入されてきたモノの製品コード・製造ロットを使って、その来歴を追うことができる仕組みになっている (モノの納入とは別ルートでデータの暗号キーを共有すれば、上流側から下流側・第三者によるデータ参照アクセスの制御も可能と思われる)
  - 24 <https://www.hitachi-hri.com/keyword/k130.html> (2021年3月19日閲覧)

#### 参考文献

- 1 小野尚、科野宏典「2050年実質カーボンニュートラルがもたらすインパクトと企業のグリーン

- 成長戦略」『知的資産創造』2021年6月号
- 2 植村哲士、蓮池勝人「実質脱炭素社会で生じるエネルギー需給のパラダイムシフト」『知的資産創造』2021年6月号
  - 3 石垣圭一、佐藤修大、蔵永圭則「カーボンニュートラルに向けた産業界の対応と産業競争力の維持」『知的資産創造』2021年6月号
  - 4 中島芳徳「カーボンニュートラル時代のサステナブルファイナンス」『知的資産創造』2021年6月号
  - 5 「トークン標準化団体InterWork Alliance (IWA)の設立目的及びトークンベースのビジネスモデル」HashHubレポート
  - 6 植村哲士「低炭素化・脱炭素化に向けた欧州のガス品質規制やガスインフラ整備に関する議論の動向」『公益事業研究』第72巻第2号(2021年)、公益事業学会
  - 7 「自動車業界におけるトレーサビリティ・サプライチェーンに焦点を当てたブロックチェーン活用の概況」HashHubレポート
  - 8 Cointelegraph, (2021) "Volkswagen pilots blockchain to integrate electric vehicles with power grids." Available at: <https://cointelegraph.com/news/volkswagen-pilots-blockchain-to-integrate-electric-vehicles-with-power-grids>
  - 9 「LO3 Energyの概要-電力をP2P取引にブロックチェーンを利用するパイオニア企業」In HashHubレポート
  - 10 大橋弘、小野田学「カーボンニュートラルにおける社会経済的課題と構造転換」日立東大ラボ産学協創フォーラム Society5.0を支えるエネルギーシステムの実現に向けて(第三回)(2021年1月18日)

#### 著者

植村哲士(うえむらてつじ)  
野村総合研究所(NRI)サステナビリティ事業コン

サルティング部上級研究員

専門は人口減少時代のインフラ整備や公共財の管理、インフラの海外輸出、インド・インドネシア・ロシア・イランなどの新興国・資源国における地域開発・事業戦略など

PhD. (Geography)、電気通信大学データアントレプレナープログラム修了、日本証券アナリスト協会検定会員(CMA)、Project Management Professional (PMP)、Certified Business Analysis Professional (CBAP)、Certified Asset Management Assessor (CAMA)、日本地理学会認定専門地域調査士、TPS4級

百武敬洋(ひやくたけ たかひろ)

野村総合研究所(NRI)産業デジタル企画部上級コンサルタント

専門は製造業向けの業務改革・システム導入支援(PLM、SCM、MESなど)

南 剛志(みなみつよし)

野村総合研究所(NRI)IT基盤事業推部上級システムコンサルタント

専門はブロックチェーン、海外スタートアップ探索、産学連携、など

小林庸至(こばやしろうじ)

野村総合研究所(NRI)社会システムコンサルティング部上級コンサルタント

専門は環境・エネルギー政策、都市・地域政策、社会資本政策など

根岸正州(ねぎしまさくに)

野村総合研究所(NRI)産業ITコンサルティング部二部グループマネージャー 上級コンサルタント

専門はグローバル経営戦略、CSR/CSV戦略、デジタル化のための戦略・組織・人事設計など