

# ブロックチェーン等のテクノロジーを活用した電力および 環境価値分野における実証事例

## Case Studies in Power and Environmental Value Sectors using Blockchain and Other Technologies

武 永 直 哉

**要 約** 2011年に発生した東日本大震災を契機に、日本では電力システム改革が推進されており、電力事業者はそれらの事業環境の変化に適応していくことが求められている。

本稿では当社が共同で実施した、ブロックチェーンをはじめとしたテクノロジーを活用して社会課題の解決を目指して取り組んだ実証を紹介する。具体的には個人間の電力ならびに環境価値の取引、デジタル通貨を用いた決済の取り組み、再生可能エネルギーの由来を特定するトラッキングの取り組みである。本稿で紹介したシステムは、基本的な機能に関して技術的な評価は実施できており、今後は実証で明らかになった各種課題を改善し社会実装につなげていく。

**Abstract** Since The Great East Japan Earthquake occurred in 2011, the electricity system reform has been being promoted in Japan, and the Electricity Utilities are required to adapt to changes in business environment.

In this paper, we introduce a demonstration project that we jointly conducted to solve social issues by utilizing blockchain technology and other technologies. Specifically, this will include the trading of electricity and environmental values between individuals, payment initiatives using digital currencies, and tracking initiatives to identify electricity derived from renewable energy sources. The system described in this paper has been technically evaluated for its basic functions, and in the future, we will improve various issues that have been discovered in the demonstration and lead to social implementation.

### 1. はじめに

2011年に発生した東日本大震災とそれに伴う原子力発電所における事故、ならびに計画停電を契機に、大規模電源を中心とした供給体制や、地域を跨いで柔軟な需給調整が難しい電力網など、従来の電力システムが有する課題が顕在化した。これらの課題に対応するため、政府は電力システム改革を推進し、電力小売事業の全面自由化や電力取引市場を中心とした複数の市場の開設、電力広域的運営推進機関の設立など、多数の制度変更を実施している<sup>[1]</sup>。また1997年に採択された京都議定書および、2015年に採択されたパリ協定に象徴される世界的な脱炭素の流れにより、これまでの低廉かつ安定的な電力供給に加え、二酸化炭素を排出しないクリーンな電力が求められる状況になっている。さらに2022年ロシアのウクライナ侵攻による資源高騰の影響で電力価格も高騰している。このように電力業界においては近年事業環境が大きく変化しており、各電力事業者にはそれらの変化に追従していくことが求められている。

BIPROGY 株式会社（以下、当社）においては、「先見性と洞察力でテクノロジーの持つ可能性を引き出し、持続可能な社会を創出する」という Purpose<sup>\*1</sup>のもと、電力・エネルギー分

野の課題解決にむけて複数のサービスを企画・開発している。

本稿では、ブロックチェーンや AI などのテクノロジーを用いて課題解決することを目指した実証事例を紹介する。まず 2 章では今回の取り組みで全面的に活用した技術的要素であるブロックチェーン技術について概観し、3 章から 5 章では実証ごとに課題・実証内容・評価を述べる。6 章ではまとめと今後の展望について記述した。なお今回紹介する実証は、関西電力株式会社（以下、関西電力）（全ての取り組み）、国立大学法人東京大学（以下、東京大学）（3 章）および株式会社ディーカレット DCP（以下、ディーカレット DCP）（4 章）と共同で実施したものである。

## 2. ブロックチェーン技術概要

ブロックチェーンは、暗号資産である Bitcoin を実現する基盤として知られていたが、近年ではその技術的な特徴を背景に、金融分野にとどまらず、様々な分野での活用を試みる事例が増えてきている。今回紹介する実証においても、電力分野における課題解決や新規サービス実現にブロックチェーン技術を活用できるかどうかを評価した。本章ではまずブロックチェーン技術の概要と、技術的な特徴がどのように実現されているかを記述する。

### 2.1 ブロックチェーン技術の概要

ブロックチェーンは、ネットワークを介して分散された複数のノード<sup>\*2</sup>が相互に協調することで、同一の台帳を管理共有する分散型のシステムである。管理対象となるトランザクションデータの複数件がまとめられ、ブロックが生成される。その際にひとつ前のブロック情報をハッシュ化<sup>\*3</sup>し作成したブロックのヘッダに追加することで、前のブロックと紐づける。図 1 に示すようにブロックが時系列に沿って管理されるデータ構造を持つため、ブロックチェーンと呼称される。

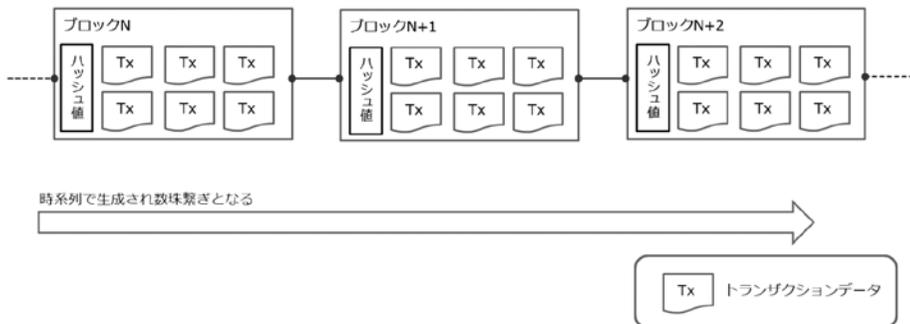


図 1 ブロックチェーンにおけるデータ管理イメージ

処理リクエストを受け特定ノードにおいて作成されたブロックは、ネットワークを介して他のノードへ伝播される。伝播先のノードにて検証されて内容が承認されると伝播先のノードのブロックチェーンに追加される。このように伝播～検証～追加が実施されることで、全ノードに同一のブロック情報が保持される。なおブロックの正当性はブロックチェーンに参加するネットワーク全体で合意を取られたコンセンサスアルゴリズムによって判断される。代表的なコンセンサスアルゴリズムを表 1 にまとめた。

表1 代表的なコンセンサスアルゴリズムと概要

名称	概要	代表的なブロックチェーン基盤
PoW (Proof of Work)	ナンスと呼ばれる乱数を利用した計算量の大きな問題を解くことでブロックを生成し、正当性を検証する。	Bitcoin
PoA (Proof of Authority)	信頼された少数の参加者のみでブロックを生成し、正当性を検証する。	Parity
PoS (Proof of Stake)	暗号資産の保有量が多い参加者にてブロックを生成し、正当性を検証する。	Ethereum, Peercoin

ブロックチェーンの種類によっては、ブロックチェーンネットワーク上で動作するプログラムを規定することができる(スマートコントラクト機能)。このような仕組みを使うと、ブロックチェーン上に管理されたデータなどを利用して処理を自動化することができる<sup>[2]</sup>。

## 2.2 ブロックチェーン技術の特徴

ブロックチェーンを活用するにあたって重要な四つの特徴を述べる。

### 2.2.1 信頼性

従来型のシステムのように中央で全データを集中管理している場合、そこが単一障害点となる可能性がある。ブロックチェーンでは、多数のノードで同一の台帳を管理するため、一部のノードが離脱してもシステム全体としては稼働が継続する。そのため一般的に信頼性が高いといわれている(図2)。

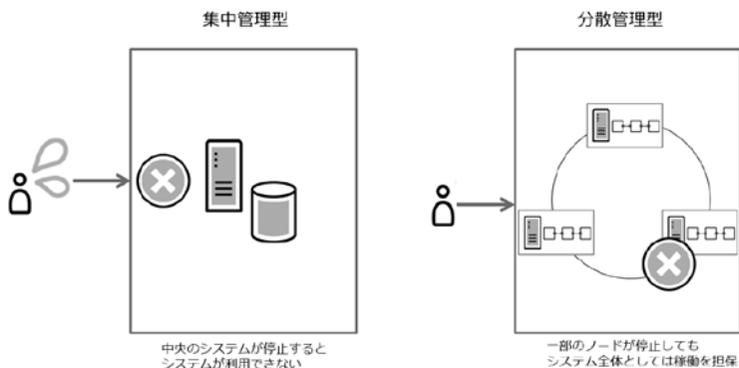


図2 集中管理型と分散管理型

### 2.2.2 改ざん耐性、なりすまし防止

ブロックチェーン上で特定のブロックを改ざんすると、当該ブロックから導出されるハッシュ値が変わり、それ以降のブロックとの整合性が失われ紐づけがなくなる。対象のブロックチェーンを有効とするには、改ざん対象のブロック以降のすべてのブロックを変更しなければならない。採用するコンセンサスアルゴリズムにもよるが、一般的に全てのブロックを再生成することは難しいため改ざん耐性が高いとされる。

また、ブロックが他ノードへ伝播中に、その通信経路でなりすまし等による改ざんが行われていないことを、電子署名の仕組みを用いて検証している。具体的には、トランザクションデータ登録時には送信者の秘密鍵を利用して、ハッシュ化したトランザクションデータの暗号化を実施する。そして伝播されたノードにおいて公開鍵で暗号化データを復号してトランザクションデータのハッシュ値と比較することで伝播中の経路でなりすましが行われていないことを検証し、データの健全性を担保している（図3）。

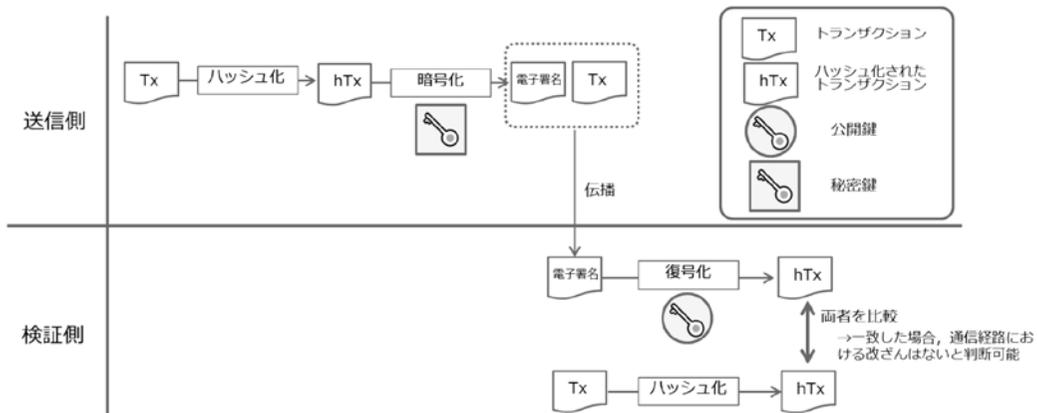


図3 電子署名を利用したなりすまし防止

### 2.2.3 透明性

前項で述べた通り、定められた手順で検証され、改ざんされていないと判断されたクリーンな同一のデータが全ノードで共有されるため、透明性が高い。

### 2.2.4 追跡可能性

全ブロックが時系列に沿って変更できない状態で管理されるため、ブロックを辿ることで過去のデータを追跡し参照することができる。

## 3. 電力取引プラットフォーム実証

本章では、電力の個人間取引における、電力取引プラットフォームを用いた実証について述べる。本実証は、2022年1月に関西電力ならびに東京大学と実施した取り組みである。

### 3.1 課題認識

再生可能エネルギー（以降、再エネ）の普及を後押しするため、再エネで発電した電気を電力会社が一定期間、固定金額で買い取ることを国が保証する固定価格買取制度（FIT）が実施されている。その買取期間が10年（事業用は20年）と設定されているため、2019年11月から買取期間が終了するプロシューマー<sup>\*1</sup>が現れている。今回これらプロシューマーが余剰電力を個人間で売買できる電力取引プラットフォームを考案し実証した。

図4に示す通り、買取期間終了後（卒FIT）の余剰電気は、FIT期間と比較し非常に安値で電力会社に買い取りされる。当該買取価格より高額で売却したいプロシューマーと、小売電気事業者より安価に電気を調達したい消費者をマッチングさせることで、両者が経済

的メリットを得られる場を提供することができる。本取り組みでプロシューマーが得た収益は、卒FIT電源を継続保持するための原資などに利用されることが期待される。

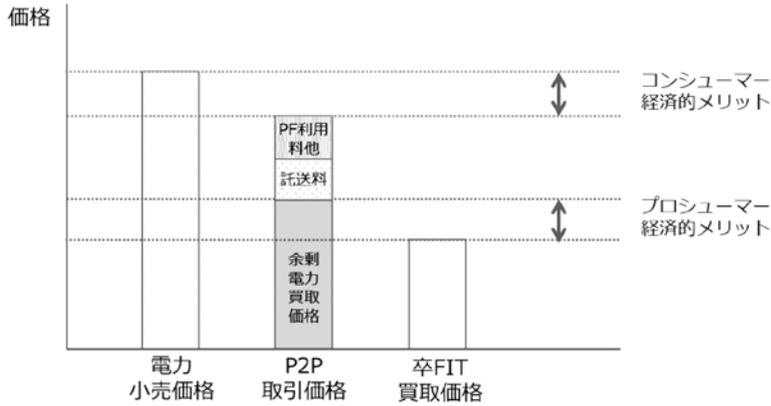


図4 個人間電力取引の価格イメージ

### 3.2 実証システム

本節では、電力取引プラットフォームの全体概要、ブロックチェーンの活用、AI技術を活用した入札エージェントについて述べる。

#### 3.2.1 全体概要

電力取引プラットフォームの全体概要を図5と図6に示す。プラットフォーム参加者は、1日を30分ごとに分割した48コマ分の電力を売買対象とし、スマートフォンや入札エージェント(3.2.3項で説明)等を利用して売買注文を入札する。売買注文は入札時に3種類の中から指定した入札方式(図7)でマッチングされる。入札は実際の電気の引渡し前に実施され、当該内容を需給の計画値として取り扱うことにした。なお物理的な電気は既存の送電線網を利用して供給されるものとした<sup>[3]</sup>。

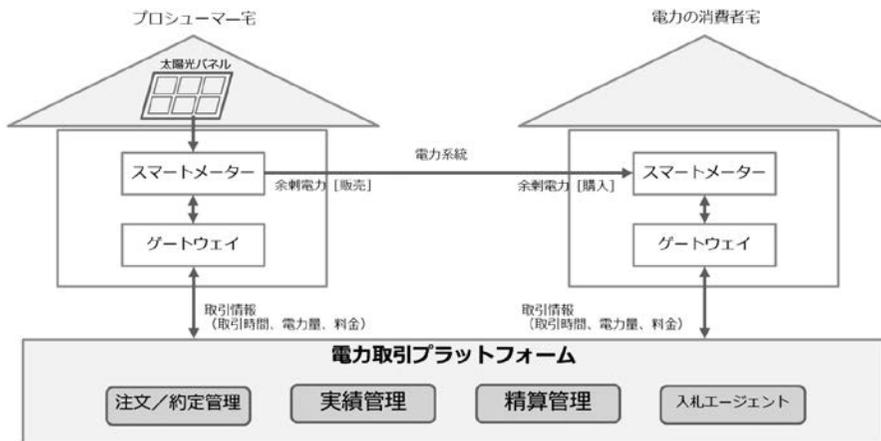


図5 電力取引プラットフォームイメージ

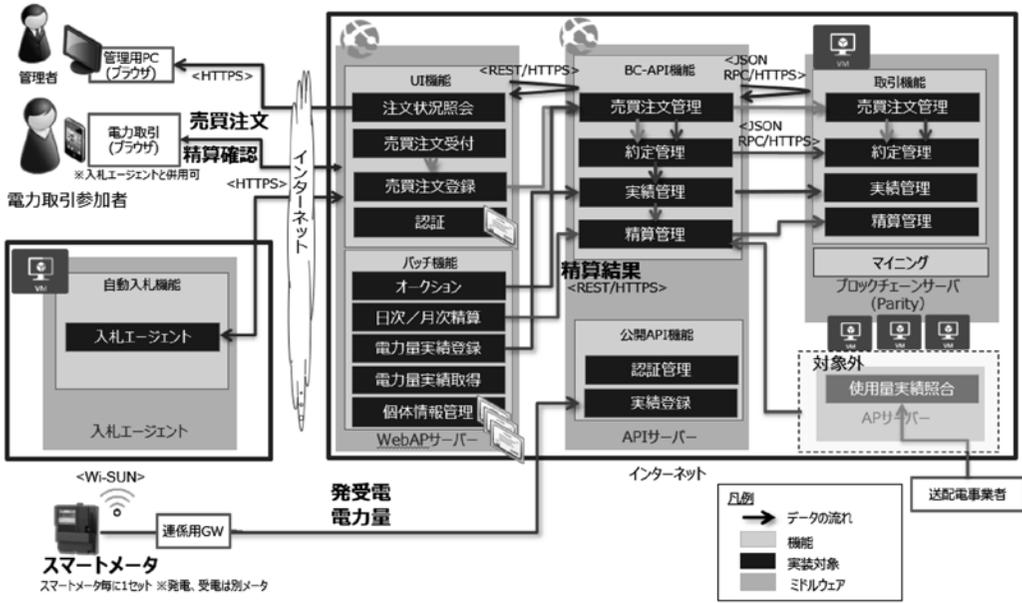


図6 電力取引プラットフォームシステム概要

実際の発電量および使用量は気象状況などの各種要因により変動するため、計画値と乖離が生じる。これらの乖離は月次処理として既定の価格で清算後にブロックチェーン内の独自通貨を利用して決済した。また月次処理内で電力供給に伴う託送料ならびにプラットフォーム利用料なども併せて精算した。

オークション方式	ザラバ方式	ダイナミックプライシング方式
<p>入札時に指定した価格の高い順に並べた消費者側の買い注文と、価格の低い順に並べたプロシューマー側売り注文の交点で取引価格と量が決定される方式</p>	<p>電力の消費者側の買い注文とプロシューマー側の売り注文の、入札価格が合致するとき取引価格と量が適宜決定される方式。同一入札価格の場合は、先に実施された注文が優先される</p>	<p>市場価格に連動して取引価格が変動する方式</p>

図7 電力取引プラットフォームにおける入札方式

### 3.2.2 ブロックチェーン活用

本システムでは、ブロックチェーンのスマートコントラクト機能、また改ざん耐性が高いという特徴を活用した。具体的には、約定内容の妥当性確認や月次の精算処理などをスマートコントラクトで処理することでコストの低減を図った。また注文情報や約定情報など利用者間で合意がなされた情報を改ざん耐性の高いブロックチェーン基盤で管理できるようにした。なおブロックチェーン上で管理する情報は参加者間で共有するもののみ限定し、ブロックチェーンへ登録する際の負荷を軽減し、多量のデータを取り扱えるように工夫した。

### 3.2.3 入札エージェント

ユーザーが電力を売買する際には、天気予報等を参考に、売買対象時間の太陽光発電の発電量や電気使用量を予測し、売買量や価格を特定し1日当たり48コマ分の売買を実施する。これは実利用を鑑みるとユーザーにとって大変な負荷になることが容易に想定された。そこで、再エネ比率などのユーザー志向やユーザーが保持するエネルギーリソースを考慮して自動で入札するよう、機械学習などのAI技術を活用したエージェントを考案し実証した。エージェントは、エコキュートや電気自動車（EV）などユーザーが保持するエネルギーリソースを活用することで、低価格な時間帯で購入して利用したり、一旦EVへ蓄電してから高価格な時間帯で電気を放電したりするなど、より効果的に電力売買できるよう検討した。入札エージェントの動作イメージは図8<sup>[4]を基に筆者和訳</sup>の通り。なおエージェントについては共同実証事業者である東京大学が中心に検討したものである。

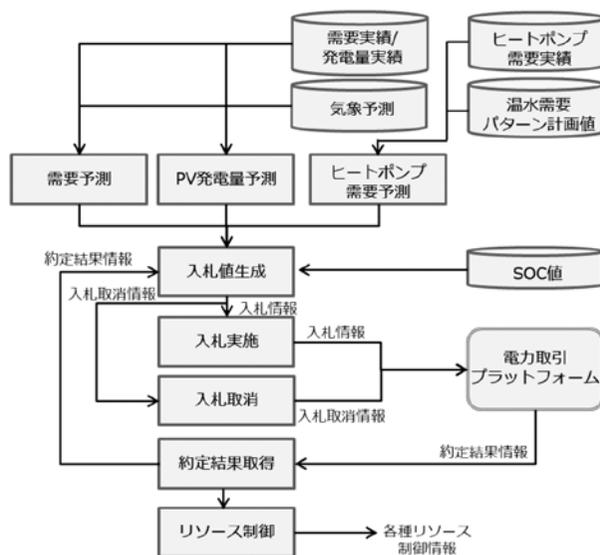


図8 入札エージェントの処理フロー

### 3.3 評価

共同実証事業者である関西電力の研究施設内で実機を用いて、構築した電力取引プラットフォームの実証を行った。実証では機能面については、期待通りの結果を得ることができたが、電力取引プラットフォームの実サービス化に向けての課題として以下の1)～3)が挙げられ

た。これらは継続的に検討していく。

#### 1) データ量増加に対する課題

ブロックチェーン技術は、一定期間でブロックを生成するなどの特性から、従来型システムと比較して単位時間あたりに処理できるトランザクション数が低くなる傾向がある。そのためデータ量増加に伴い、システム負荷の増大や処理時間の遅延が懸念される。実証においても、ブロックチェーンに登録するデータを精査してデータサイズを減らしたり、ブロックチェーン基盤のパラメータをチューニングしたりする等の各種対策を実施したが、実サービスに向けてはデータ量増加に備えて更なる対策が求められる。

#### 2) 制度上の課題

経済産業省が主催する次世代技術を活用した新たな電力プラットフォームの在り方研究会において、個人間での電力取引（P2P 取引）の類型が検討され、一部の類型については現行法でも実施できると整理されている<sup>[5]</sup>。しかし P2P 取引がビジネスとして収益をあげるためには、取引価格に占める割合の大きい託送料金負担に関する措置や、低圧部分供給に対する制度見直し、プロシューマーの電気事業法上の扱い等の制度上の課題も想定される。

#### 3) 価値交換に関する課題

本システムにおける電力取引の対価は、ブロックチェーン内の独自通貨を用いて精算している。この独自通貨は当該システム内でのみ価値を有するものであり、プロシューマーやプラットフォームが取引の対価として得た通貨を用いて、電力取引以外に利用することが困難である。本課題については 4 章で紹介する実証で対応策を検討した。

### 4. 電力および環境価値取引における決済実証

本章では、電力および環境価値取引における、デジタル通貨を用いた決済の実証について述べる。本実証は、2022 年 3 月に関西電力ならびにディーカレット DCP と実施した取り組みである。

#### 4.1 課題認識

3.3 節の 3) に記述した通り、電力取引プラットフォームで対価として利用している独自通貨は電力取引以外での利用が制限される（図 9）。この課題を、第三者が提供するプラットフォームを活用することで解決できないか、実証システムにて検証した。

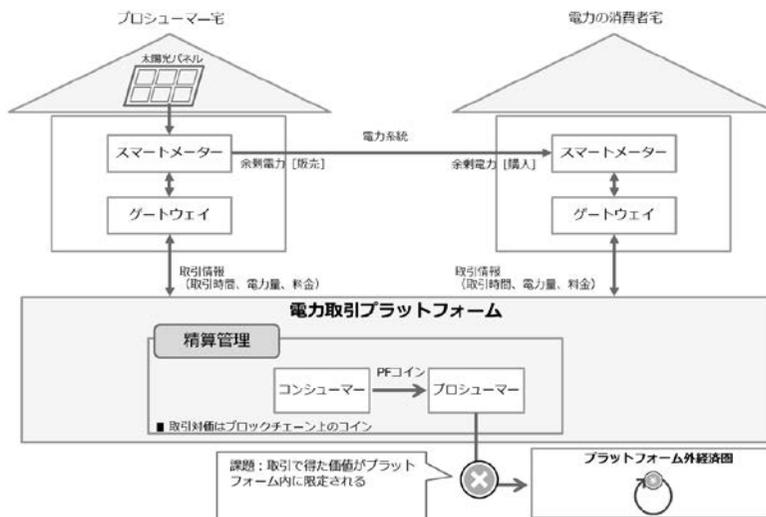


図9 価値交換に関する課題イメージ

## 4.2 実証システム

今回の実証においては、デジタル通貨フォーラムの事務局を務めるディーカレット DCP が開発している二層構造デジタル通貨プラットフォーム（以下、デジタル通貨プラットフォーム）を活用した。その特徴および実証の全体イメージを述べる。

### 4.2.1 デジタル通貨プラットフォーム

デジタル通貨プラットフォームは、デジタル通貨である DCJPY（仮称）を発行し流通するためのプラットフォームであり、その特徴として以下の1)～3)が挙げられる<sup>[6]</sup>。

#### 1) 銀行発行型デジタル通貨

DCJPYは円と完全に連動する「円建て」のデジタル通貨として、共通領域で扱うデジタル通貨は預金とし、預金を移転させる行為については為替として整理し、通貨単位は1円の銀行発行型デジタル通貨である。銀行口座の預金額を上限として発行でき、各種取引の対価として得たデジタル通貨を銀行預金に償却し現金化することができる。既存の前払式決済手段を前提とした支払い方式と比較し、即時に現金化できる点や、経済圏を跨いだ相互運用ができる点、通貨にデータを記録できる点、およびプログラマビリティによる自動・使途制限送金ができる点など、複数のメリットがある。

#### 2) 二層構造

デジタル通貨プラットフォームは、役割ごとに共通領域と付加領域の二層構造で構成され、共通領域のデジタル通貨が付加領域と同期して稼働する。

共通領域はDCJPYの残高を記録する元帳の管理や付随する業務を行うための機能、民間銀行がDCJPYを発行するにあたり各銀行のシステムと連携するための仕組みなどを提供する。利用者よりDCJPYの発行要請を受けた銀行は、依頼者の銀行口座預金より振替し、同額のDCJPYを共通領域の中を持つ共通領域用口座の残高に計上する。

付加領域は、さまざまな決済ニーズを持つ経済圏ごとに構築される領域である。共通領域内の、共通領域用口座から付加領域用口座へ移転された DCJPY は、付加領域アカウントの残高に同期される。ここで付加領域側にて利用者による操作やスマートコントラクトなどにより移転すると、これと連動して共通領域内に存在する付加領域用口座の DCJPY が移転される。この仕組みにより、共通領域を介して複数の経済圏を跨いで DCJPY を活用することができる (図 10)。

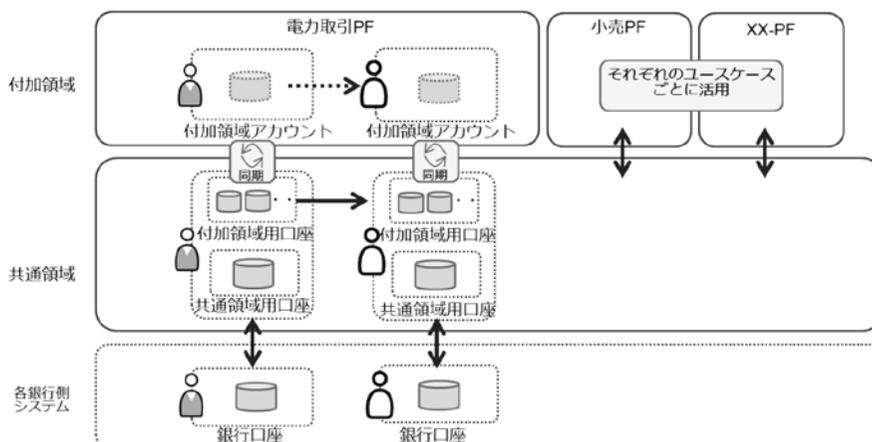


図 10 二層構造のイメージ

### 3) スマートコントラクトを利用した決済に連動した処理の拡張性

デジタル通貨プラットフォームでは、付加領域にユーザーが開発したスマートコントラクトを適用することができる。ユースケースごとにスマートコントラクトで独自処理を追加することで、送金等の指図と同期的に様々な処理を連動させたり、独自トークンを定義し活用させたりすることができる。具体的には利用用途を限定したクーポン配布や、決済に連動したデジタルアセットの引渡し (DVP (Delivery Versus Payment) 決済) の実現などが想定される。

#### 4.2.2 全体概要

実証イメージを図 11 に示す。電力取引プラットフォームで取引した電力ならびに環境価値の決済時に、デジタル通貨プラットフォームの付加領域へ送金を指示することでデジタル通貨の移転を実施した。その後、別途準備したスマートフォンの決済アプリを利用して、プロシューマーが電力・環境価値取引で得た対価を小売店舗で利用できることを確認した。なお、スマートフォンの決済アプリの構築は、共同実証事業者であるディーカレット DCP が担当した。

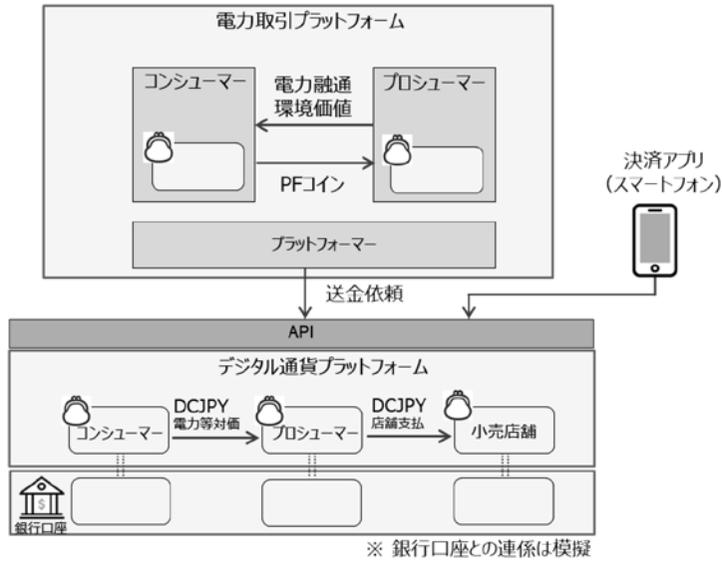


図 11 実証イメージ

### 4.3 評価

実証では模擬データを用いて電力ならびに環境価値の取引を実施した。また DCJPY の銀行による実発行は行わない模擬発行で対応した。構築した電力・環境価値取引プラットフォームとデジタル通貨プラットフォーム間の関係評価は、付加領域への移転指図に沿ってデジタル通貨プラットフォームの共通領域のデジタル通貨が同期的に移転されたことをもって確認している。実証において、機能面については期待通りの結果を得ることができた。課題としては、決済量が増加し高負荷となった場合における可用性で更なる検証を要する点や、小売店舗側の POS 更新にかかるコスト面の高さなどが挙げられた。これらは継続して検討していく。

## 5. 環境価値トラッキング実証

本章では、再エネ由来の電気を特定する、環境価値トラッキングの実証について述べる。本実証は、2022 年 1 月から 2022 年 3 月に関西電力等と実施した取り組みである。

### 5.1 課題認識

世界的に脱炭素へ向けた取り組みが増加している。一般的に再エネで発電された電気は、一般送配電事業者が管理する送配電網を經由して需要家へ送電されて利用される。送配電網では化石燃料を元に発電された電気も混在して送電されるため、送電先の需要場所において両者を区分することはできない。このような現状において、電気の由来を特定し再エネを活用していることを証明したいというニーズが増えていくことを予見し、需要家の需要に対して希望に沿った再エネ由来の電源の環境価値を割当し、それを証明するトラッキングシステムを企画した。

### 5.2 実証システム

本節では、再エネ由来の電気を特定するトラッキングシステムの概要を述べる。

### 5.2.1 全体概要

実証の全体イメージは、図12の通りであり、VPP（Virtual Power Plant）制御システム<sup>\*5</sup>とトラッキングシステムで構成される。再エネの発電実績や需要家の使用量実績を他社が提供するVPP制御システムから取得し、その実績値を基に需要家の使用量実績に対して希望に沿った電源で割当を実施した。希望電源からの電気が不足した場合には、その他再エネ電源の電気を割当し、それでも不足した場合には、化石燃料由来の電気を含む由来が特定できない電気を割当した。これらの実績値連携ならびに割当処理は30分1コマ毎に実行した。需要家は割当された結果を画面で確認できるとともに、自身が割当を希望する電気の由来を指定することができる。指定方法としては電源指定、太陽光や風力などの電源種の指定ならびに設備の所在地による指定などができる。

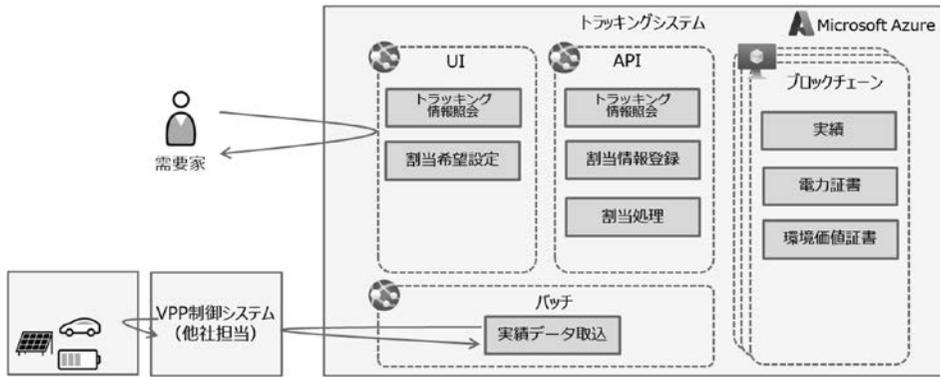


図12 トラッキングシステム全体概要

### 5.2.2 トラッキングイメージ

トラッキング対象となる電力および環境価値をブロックチェーン上でトークンとして管理し、発電設備～調整リソース～需要家への送電実績に合わせて、トークンの分割や所有者の変更を実施した（図13）。その際にトークン内に分割元のトークンを識別する情報を含めることで需要家に渡った後も追跡できる仕組みとした。またスマートコントラクトを活用しトークン分割時に、発電量以上に分割していないことや、同じ設備から同一時間に複数の実績値が登録されていないことなどをチェックすることで、トラッキングの妥当性を検証できるようにした。

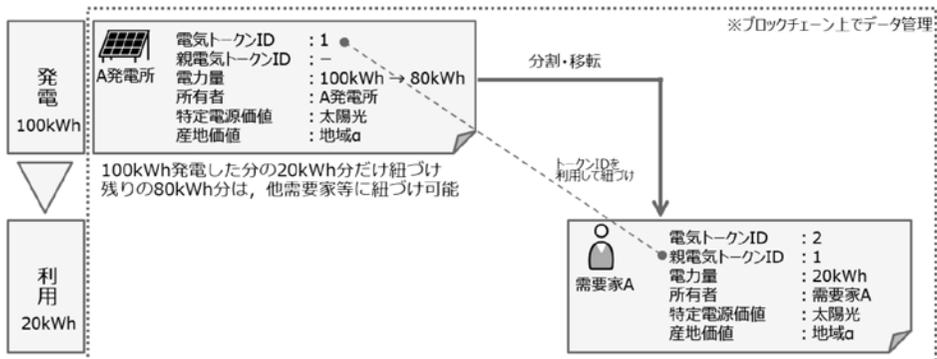


図13 トラッキングイメージ

### 5.3 評価

福井県、嶺南各市町および関西電力等が保持する発電設備および電力調整リソースを用いて実証実験を行い、構築したトラッキングシステムの機能性評価を実施した。機能面については、期待通り需要家の実需要に対して希望する再エネ由来の電気が30分ごとに割当てられることが確認できた(図14)。今後は、トラッキング対象のリソースが増加した場合の機能性や、処理時間などの非機能性について改善して評価を進めていく。

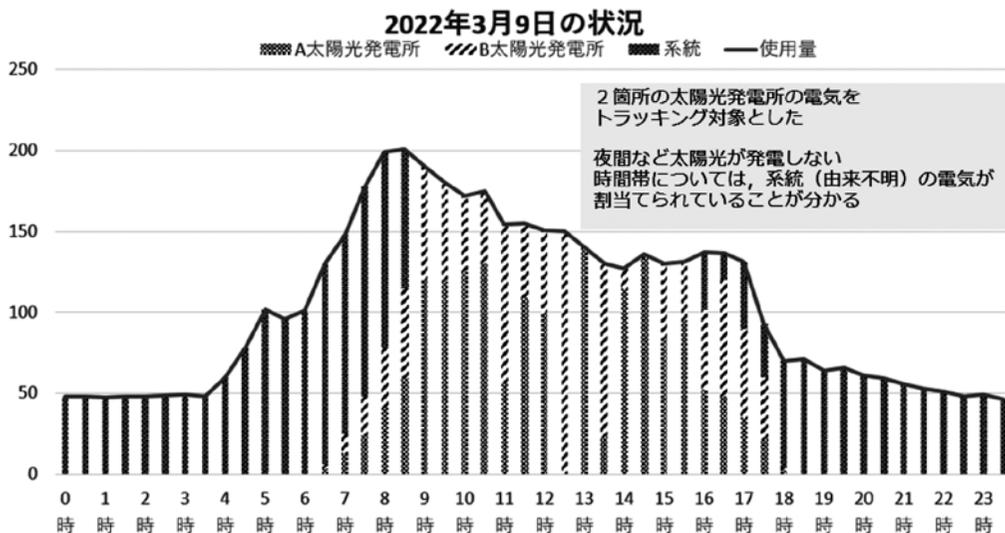


図14 トラッキング結果イメージ

## 6. おわりに

本稿では、当社が共同で実施してきた電力分野における各種課題に対して、ブロックチェーン技術等を活用して解決を目指すために取り組んでいる各種実証について紹介した。それぞれ基本的な機能に関して技術的な評価を実施して問題なく稼働することを確認した。一方で、商用サービスとするには制度面や高負荷に対する評価の必要性など、解決すべき課題もある。それらの課題について継続して検討・改善を進め、実社会へ実装することで社会課題の解決に寄与していきたい。

最後に本稿執筆にあたりご指導頂いた全ての皆様、ご協力いただいた企業・団体の皆様、および実証システムの構築に尽力頂いたプロジェクトメンバ各位に、この場を借りて感謝の意を表する。

- \* 1 企業の存在意義や果たすべき社会的役割などを表したもの。
- \* 2 ブロックチェーンのネットワークに参加しているコンピューター機器を指す。
- \* 3 ハッシュ関数と呼ばれる特定の計算方式にて、元のデータを不規則な文字列情報に置換する処置を指す。ハッシュ後の値から、元の情報を導出することはできない(不可逆性)特徴を持つ。
- \* 4 プロデューサー(生産者)とコンシューマー(消費者)からなる造語であり、本稿では住宅に太陽光パネルなどの発電設備を設置した需要家のことを指す。
- \* 5 場所的に分散された発電設備や自家発電所、蓄電池や電気自動車(EV)などのエネルギーリソースを相互に連携し、ICTを用い制御することで仮想的な発電所のように機能させる

仕組み。実証においては他社提供のVPP制御システムを活用し、需要家の電気使用状況に沿って蓄電池やEV等の調整リソースを制御することで、需要家の再エネ利用率の向上を図る実証も併せて実施された。トラッキングシステムでは、調整リソースを経由した追跡もできるように工夫した。

- 参考文献**
- [1] 「電力システム改革について」, 経済産業省 資源エネルギー庁, 2015年11月  
[https://www.enecho.meti.go.jp/category/electricity\\_and\\_gas/electric/electricity\\_liberalization/pdf/system\\_reform.pdf](https://www.enecho.meti.go.jp/category/electricity_and_gas/electric/electricity_liberalization/pdf/system_reform.pdf)
  - [2] 中村誠吾, 中越恭平, ブロックチェーン システム設計, リックテレコム, 2018年7月
  - [3] 瓦井秀樹他, ブロックチェーン技術を活用したP2P電力取引実証, エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集, 一般社団法人エネルギー資源学会, 36, 2-6, 2020.
  - [4] Daishi Sagawa, Kenji Tanaka, Fumiaki Ishida, Hideya Saito, Naoya Takenaga, Kosuke Saegusa, "P2P Electricity Trading Considering User Preferences for Renewable Energy and Demand-Side Shifts", *Energies*, 2023, 16(8), 3525.  
<https://www.mdpi.com/1996-1073/16/8/3525>
  - [5] 「第7回 次世代技術を活用した新たな電力プラットフォームの在り方研究会 資料3 (配電分野の高度化に資する新たな事業類型について)」, 経済産業省, 2019年5月  
[https://www.meti.go.jp/shingikai/energy\\_environment/denryoku\\_platform/pdf/007\\_03\\_00.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/denryoku_platform/pdf/007_03_00.pdf)
  - [6] 「DCJPY (仮称) ホワイトペーパー」, 株式会社ディーカレット DCP, 2021年11月  
[https://www.decurret-dcp.com/.assets/forum\\_20211124wp.pdf](https://www.decurret-dcp.com/.assets/forum_20211124wp.pdf)

※ 上記参考文献に含まれる URL のリンク先は、2023年7月3日時点での存在を確認。

**執筆者紹介** 武 永 直 哉 (Naoya Takenaga)

2001年 日本ユニシス・ソフトウェア(株)入社。大手電力会社における基幹系システム(工事管理/設備管理/資材調達/気象情報/経理ERP/データ分析基盤)の開発・保守を担当。2018年から電力エネルギー領域におけるサービス開発を担当。

