

ブロックチェーン技術の応用展開に期待する

(一財)建築コスト管理システム研究所・新技術調査検討会

1 はじめに

仮想通貨による取引で莫大な額が行方不明になったとの報道は記憶に新しいところだが、その基幹システムが、ブロックチェーン技術による新しい取引システムにあると知った。一方、経団連会長から国土交通省の施策への期待に「……物流におけるブロックチェーン技術の応用による……」と取り上げられ、ブロックチェーン技術に寄せる期待が着実に膨らんでいることが認識できた。また、弊所機関誌の「積算〓原価計算〓建設業簿記〓工業簿記〓商業簿記〓会计学」の連載で再三にわたり、ブロックチェーン技術の応用への期待が熱く語られている（末尾の図12参照）。

今回、貨幣に関わるブロックチェーン技術ではなく、我々の日常生活やビジネスにどう関わってくるのかの視点で、ブロックチェーン技術の紹介とともに、応用展開の現状、具体的な事例研究を通して、建築界へのこれからの応用の拡がりを考える。

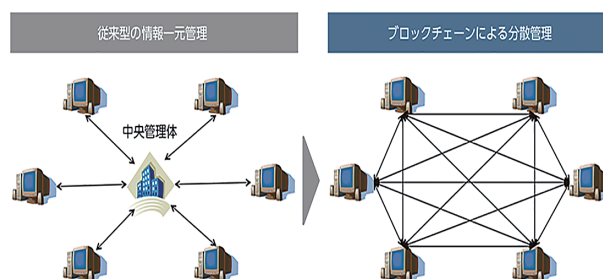
2 ブロックチェーン技術とは

2.1 ブロックチェーンとは

ブロックチェーンとは、2008年にSatoshi Nakamoto氏（個人なのか、団体なのか、日本人なのかなど正体不明）の論文から生まれたビットコインの基盤技術となる分散型台帳システムである。

ブロックチェーンは図1にみるように、金融機

関のような中央管理体を介さず、端末（ノード）同士に取引データ（トランザクション）が保存され、その複数のトランザクションをまとめたものを「ブロック」と呼び、このブロックが連なるように保存された状態が「ブロックチェーン」となる。



出典：総務省「ICTによるイノベーションと新たなエコノミー形成に関する調査研究」（平成30年）

図1 従来型の中央一元管理とブロックチェーンによる分散管理のイメージ

ブロックチェーンによる分散管理は、情報通信ネットワーク上にある端末同士を直接接続して、その取引記録を暗号技術を用いて分散的に処理・記録するデータベースの一種である。

2014年9月に設立された（一社）日本ブロックチェーン協会は広義のブロックチェーンを、「電子署名とハッシュポイント¹を使用し改ざん検出が容易なデータ構造を持ち、且つ、当該データをネットワーク上に分散する多数のノードに保持させることで、高可用性及びデータ同一性等を実現する技術」と定義している。

1 ハッシュポイント：計算機におけるファイル管理やオンライン・システムなどの分野において活用されるキーワード

2.2 ブロックチェーン技術の特性

一元管理でない分散管理、複数ノードによる分散管理、暗号技術を用いたトランザクションといったデータを取り扱うブロックチェーン技術の特性を各省報告書から列記する。

表1 ブロックチェーン技術の特性（一例）

●各ノードがトランザクション履歴を共有するため、システムの単一障害点がなく、『 実質ゼロ・ダウンタイム 』を実現可能
●さらに、トランザクション履歴は順番にブロックに格納され、各ブロックが直前のブロックとつながっているため『 改ざんが極めて困難 』 <small>（後節4.2.3・ブロックチェーンの対改ざん性参照）</small>
●ノードへの分散やコンセンサス方式などの要素を組み合わせることにより、同程度の堅牢性を持つシステムを、従来システムに比較して『 安価 』な構成で達成することが可能

出典：ブロックチェーン技術を活用したシステムの評価軸ver.1.0
（平成29年3月29日経済産業省商務情報政策局情報経済課）

表2 ブロックチェーンによる分散管理の効果

効果	具体的な内容
①高い 可用性	中央一元管理では、管理体に不具合があった場合に全てのシステムが停止してしまう可能性がある。分散管理・処理を行うことで、ネットワークの一部に不具合が生じてシステムを維持することができる。
②高い 完全性	ブロックチェーンは取引ごとに暗号化した署名を用いるため、なりすまし行為が困難である。加えて、取引データは過去のものと同様に連鎖して保存されているため、一部を改ざんしても過去のデータも全て改ざんする必要があり、改ざんはほぼ不可能である。また、台帳により過去のデータを参照することができるため、データの改ざんをリアルタイムで監視可能である。
③取引の 低コスト化	中央一元管理では、中央で管理する第三者に仲介手数料を支払う必要がある。ブロックチェーンのシステムを用いれば仲介役がなくとも安全な取引が行えるため、取引の低コスト化が望める。

出典：総務省「ICTによるイノベーションと新たなエコノミー形成に関する調査研究」（平成30年）

2.3 ブロックチェーンの分類

データセンターがない分散型といっても、参加するノードの公開性から、ブロックチェーンプラットフォームに次の3分類がある。

①パブリック型：不特定多数の者が自由にP2Pネットワークに参加できる。

（ビットコインが一例）

②コンソーシアム型：特定の団体や企業グループに属する者のみが許可を得て、P2Pネットワークに参加できる。

③プライベート型：単一の組織や企業内の者のみが許可を得て、P2Pネットワークに参加できる。各ノードの身元が確認できる、管理者が見える、性能向上などシステムが反応できる、システムの維持費用がかかるなど利用する分野・目的により、プラットフォームの適切な公開性を保つ必要がある。

3 ブロックチェーン技術利用の状況

ブロックチェーン技術は、仮想通貨を実現する技術として脚光を浴びて10年、金融分野以外にもその特性から活用に向けた検討、開発、実証がされ始めている。経済産業省による日本の活用分野についての調査報告を表3に掲載する。

世界各国では、公共分野や行政へのブロックチェーン技術の導入が活発に検討されているようである。例えば、エストニアでは、官民のデータベースをインターネット経由で相互参照を可能とするプラットフォームにブロックチェーン技術を採用して、プラットフォームとIDカードを用いた電子認証とを組み合わせることで世界最先端レベルの電子政府を実現し、官民合わせて2,500以上のオンラインサービスが利用可能となっている。また、不動産登記や取引の記録では、欧米諸国のみならず、ガーナやジョージアといった途上国でもブロックチェーン技術の活用が検討され、スウェーデンでは、スマートコントラクトを設計して土地売買から登記までをブロックチェーン技術によってシームレスに実現したとのことである。

概して言えば、先進国では、既存システムと比較して手続、取引のコスト削減やセキュリティ向上などの可能性を探るため、ブロックチェーン技術の導入が検討され、途上国ではそもそも公共サービスや行政手続などの業務プロセスやシステムが確立していない等の事情があり、安価でセキュアな性質を有し、かつ、スマートコントラ

表3 国内においてブロックチェーン技術の活用が検討されているテーマ

大分類	小分類	概要
医療・ヘルスケア	治験データ管理システム	治験データの登録・閲覧をネットワーク上で行うプラットフォームを、ブロックチェーン技術を用いて実装することが検討されている。新薬認可機関もネットワークに接続し、薬の承認までをブロックチェーン上で実施する構想を描いている。
	医療機関カルテ共有システム	ブロックチェーン技術を用いて、病院の電子カルテや薬局の処方箋データなど、医療機関ごとに分散されていた情報を患者本人が権限を与えた医療機関内で共有閲覧・書き込み可能とするシステムが検討されている。サービス普及により、例えば初めてかかる病院・医師から、各種情報を基に適切な診療を受けられることが期待される。
物流・サプライチェーン・モビリティ等	BtoC小売のトレーサビリティ	製造者が製品を製造した時点からの所有者の履歴をブロックチェーン上で管理することで、消費者の手に渡った後も偽物製品の検知が可能な所有権管理システムが検討されている。
	食の安全関連トレーサビリティ	安心・安全かつ高価値な野菜提供のために、生育作業履歴、流通履歴、資材調達履歴などの情報を、ブロックチェーン技術を利用して管理するトレーサビリティプラットフォームが開発されている。
	CtoCサービスのトレーサビリティ	チケット購入者が通知したブロックチェーン上のアドレスに入場権を付与し、購入者が所有するスマートフォンなどの端末内で生成された唯一の「鍵」によって、その権限を証明する仕組みを実現する技術が発表されている。正規の販売代理店以外のルートで取得したチケットの信頼性が損なわれ、不正な転売の抑止につながる事が期待される。
	スマート宅配ボックス	通信可能な宅配ボックスに荷物を納入する際にブロックチェーン上に納入記録及び施錠記録が書き込まれ、荷物を受け取る利用者がスマートフォンからブロックチェーン上に解錠を要求することで、宅配ボックスが解錠され、また荷物の受領が記録されるシステムに関する実証実験が行われている。
	携帯電話の修理における契約情報処理	携帯電話の店頭修理申し込みから完了までの工程における、リアルタイムな情報共有及びオペレーションの効率化にブロックチェーン技術を適用することが検討されている。
	電力融通取引	電力の消費者とプロシューマー（太陽光発電など、自身で発電した電気を消費し、余剰分は売電する生産消費者）が電力を直接取引するプラットフォームをブロックチェーン技術で実装する。類似の取り組みとして、アグリゲーターを介し、節電要請により各家庭の家電を制御させる実証実験が行われている。
保険	保険金支払い査定情報流通	傷害保険金請求書に記載の医療機関に対し、ブロックチェーン上で医療情報（入院期間など）の提供を要求・受領するなど、保険会社が公的機関に情報提供を依頼するシステムが検討されている。
IoT	IoTデバイス管理・制御	世界中のIoT機器をセキュアに監視・管理・制御するブロックチェーンの利用を促進する取り組みが一部で見られる。 M2M通信における1円未満の超小額決済（マイクロペイメント）の実装も検討されている。
スマートプロパティ	コンテンツの利益分配・利用許諾管理	利用者が権利者に利用許諾を行い、権利者が直接ライセンス発行を行うプラットフォームが研究されている。
	議決権行使システム	トークンを議決権として使用することにより、データ改ざんができない公正で透明性の高い投票システムを実現しようとする実証実験が行われている。
	不動産の権利処理	物件情報の一元管理に加え、閲覧権限の設定や所有権の移転情報などを、ブロックチェーン技術を用いて記録しようとする試みが見られる。 民泊物件の権利移転への活用を検討する事例もある。
デジタル・アイデンティティ	データ流通プラットフォーム	蓄積したデータの信頼性を維持したまま、特定の相手とだけデータ取引を可能にするデータ共有システム。事例としては、損害保険会社と鑑定間で手配や鑑定の進捗状況等における情報共有をブロックチェーン技術により実現することを目的とした実証実験が行われている。
	KYCプラットフォーム	ビザ、公的身分証等を用いた本人確認手続きを、ブロックチェーン技術を利用したプラットフォームによって高度化する実証実験が行われている。
	転職活動における証明書管理	転職活動者と企業の採用担当者を利用者として想定し、履歴書公証データベースにおけるブロックチェーン技術の活用を検証する取り組みが行われている。公的証明書の収集における労力軽減や、査証リスクの低減が期待される。
ポイント・地域通貨	シェアリングサービス向け本人確認サービス	CtoCのマッチングや取引を行う複数のシェアリングサービスにおいて、ブロックチェーン技術を利用しセキュアにシェアリングサービス提供企業間で共有のIDを発行する実証実験が行われている。
	ポイント管理	ポイントの発行・管理を行うプラットフォームにブロックチェーン技術を適用する技術検証が行われている。 またブロックチェーン技術を用いて、自治体や企業が簡易に独自ポイント、地域通貨を発行することを可能とする技術が開発されている。

出典：「平成29年度我が国におけるデータ駆動型社会に係る基盤整備（分散型システムに対応した技術・制度等に係る調査）」報告書」p 6,

（株）日本総合研究所, 2018.3

（注）塗りつぶしは新技術調査検討会による。

ト²による業務プロセスのビルトインが可能なブロックチェーン技術の導入が積極的に検討されているのではないかと考えられる。

4 応用事例

具体的な応用事例として、表3に示した小分類「電力融通取引」について、デジタルグリッド社の事例を取り上げる。

同社は東京大学発のデジタルグリッド技術を実現すべく2018年に活動を開始したベンチャー企業であるが、1年強で40社を超える企業からの出資を受けている。同社は出資企業間でスマートコントラクトが扱える「Ethereum」というブロックチェーン技術を使っており、本稿2.3で分類した中のコンソーシアム型に当たる。

同社はこれらの出資企業のみを対象に出資企業間でP2Pの「電力融通取引」、更には「環境価値取引」を2019年10月より運用開始すべく準備中である。

あり、今後、取引可能な出資企業を100社まで拡大しようとしている。

また同社は、「仮想的な電力融通取引」の実証事業として、環境省の平成29年度CO₂排出削減対策強化誘導型技術開発・実証事業、更に「環境価値取引」の実証事業として、環境省の平成30年度ブロックチェーン技術を活用した再エネCO₂削減価値創出モデル事業を受託している。これらについて以下に紹介する。

4.1 電力融通取引事業の概要

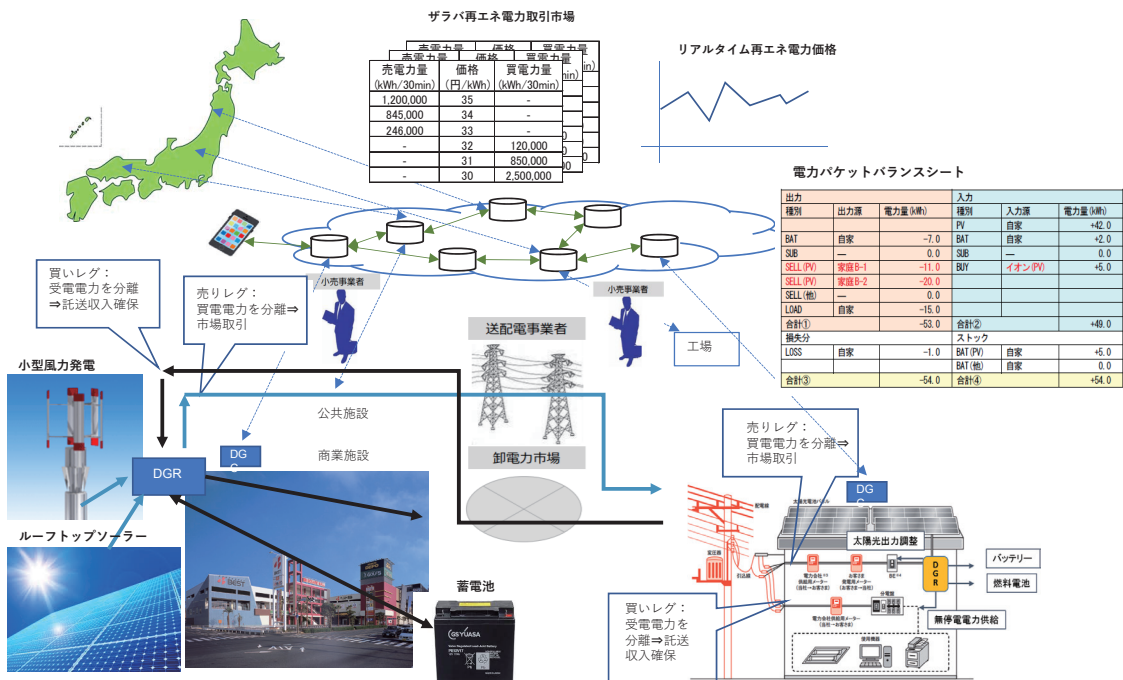
環境省の平成29年度CO₂排出削減対策強化誘導型技術開発委託事業「再エネ導入を加速するデジタルグリッドルーター（DGR）及び電力融通決済システムの開発・実証」について、以下にその詳細を紹介する。

4.1.1 全国規模での電力融通取引の概念

電力融通取引は、図2に示すように、電力の需要家と発電家を直接結びつけて電力需要を30分単位で予約売買するものである。

予約範囲は数時間先から1年先まで設定可能であり、需要家・発電家の末端からブロックチェーン

2 スマートコントラクト：契約の自動化、契約の条件確認や履行までを第三者を介さずに契約を自動的に実行させるコンピュータプロトコル



(注) レグ：電力制御可能な配電端子

図2 ブロックチェーンによるP2P電力取引

ンの暗号化が施され、オープンクラウド上の電力取引プラットフォーム（DGP：デジタルグリッドプラットフォーム）で取引される。これら取引のことをトランザクションといい、この記録が数珠繋ぎになってブロックの中に収納される。これらの取引行為はすべて自動化される。

4.1.2 オンサイトエッジコンピュータの重要性

自動取引を実現するために、同社は図3に示すようなデジタルグリッドコントローラー（DGC）という小型のオンサイト型エッジコンピュータを開発している。

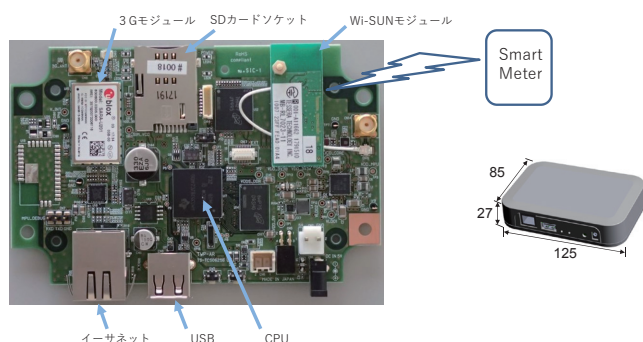


図3 デジタルグリッドコントローラー（DGC）

DGCは、ブロックチェーンと連動し、発電源／消費先を証明し、秘密鍵／公開鍵により改ざん防止を行うデバイスとなる。この機器はAIにより需要／発電を長期予測し、電力の売買注文を自動生成し、同時同量電力取引を市場ベースで達成する制御ロボットになる。

トランザクションをオンサイトで暗号化し、オープンなクラウドを使っても、改ざんや二重計上を防止することができる仕組みである。

様々な分野でブロックチェーンのアプリケーションが検討されているが、ほとんどの場合、クラウド上のデータを初期データとして暗号化することが多い。この方式だと、初期データそのものの改ざんが可能であるため、セキュリティ上脆弱になってしまう。

電力取引は、金融取引と同等なので、分散化されたオンサイトのトランザクションの時点から暗号化することによって、セキュリティを確保することが重要となる。

4.1.3 非同期連系によるリアルな電力の送電

また、同社は電力融通トランザクションの成立に基づいてリアルな電力を送電する電力変換器を開発している。本技術についてはブロックチェーンの議論と少し離れるため、ここでは簡略に言及するに留めるが、これを使って、再生可能エネルギーの変動を抑制しつつ、電力取引を実現できる。

同社はこの装置をデジタルグリッドルータ（DGR）と称して、地域毎に小規模な自立可能な電力システムを構築するためのコアデバイスとして開発中である。次に述べる実証事業の中で10kW型のものがショッピングモール内、住宅内で実現している。（図4参照）



図4 電力融通のためのデジタルグリッドルータ

4.1.4 浦和美園実証事業

これらの技術を埼玉県さいたま市の浦和美園地区を中心とした地域に導入し、仮想的な電力融通の実証試験を行う準備がなされている。

図5に示すように大型ショッピングモールと、コンビニ等店舗、スマート街区にDGR、DGC及びブロックチェーンベースの電力融通決済ソフトウェアを組み合わせたシステムを導入し、各所間での電力融通の実証試験を2019年夏頃より行う予定となっている。

図6は実証場所を示す地図である。埼玉県浦和美園地区は、スマートシティ街区として有名であり、地域ぐるみで新しいエネルギーの利用形態を目指している。

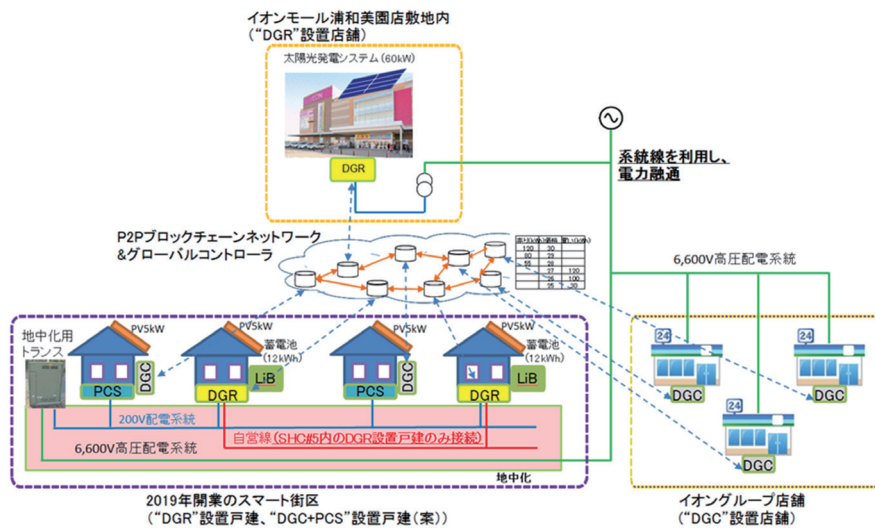


図5 埼玉県浦和美園地区におけるP2P電力取引実証試験



図6 実証場所であるさいたま市浦和美園地区全体図

この取引は、自動的に安価でかつ、希望するタイプの電源を選択でき、その会計処理はブロックチェーン上で自動的になされる。

請求行為も本来はトークンで前払い処理が行われるのが理想であるが、当面は収納代行による後払い処理を行う。トークンを使う方法については、今後、金融庁との折衝が必要になってくる。

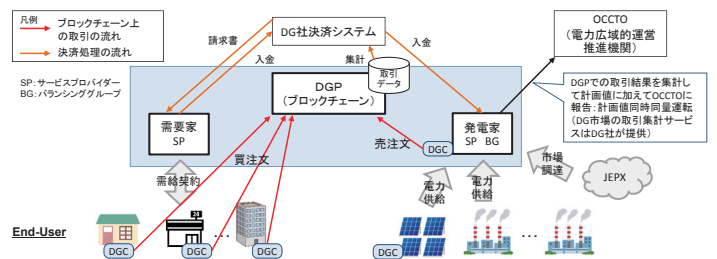


図7 全国規模での電力取引

4.1.5 本実証の目的と全国展開

本実証では、ブロックチェーン技術と電力変換技術の両方が検証される。

特にブロックチェーンに関しては、発行するトークン³が改ざん困難であるか、金融手段としての機能を十分果たすのか、法的な課題はどこにあるかなどを検証することになる。

これらの知見は、図7のように全国規模での電力取引に応用されることとなる。当面全国規模ではDGRは使用せず、DGCを顧客サイドに設置し、出資企業が小売り電気事業者もしくはその仲介業者となって、電力の販売を出資企業の配下にある需要家群に対し行うことを想定している。

4.2 環境価値取引事業の概要

環境価値は今まで目に見えないものとして、大々的に価値化されることはなかった。しかし、昨今の再エネ電力調達の動きや世界規模のRE100 (Renewable Energy 100%) 化の動きに押され、環境価値取引が重要な世界規模の市場となることが明白となってきた。

デジタルグリッド社は、環境省の平成30年度ブロックチェーン技術を活用した再エネCO₂削減価値創出モデル事業「デジタルグリッド技術を用いた自家消費される再エネCO₂削減価値の事業者向

3 トークン：他の価値と交換できる電子的引換券

け取引・決済システム検討事業」を受託して環境価値の取引をブロックチェーンで行おうとしている。以下にその詳細を紹介する。

4.2.1 再エネ価値の認証とブロックチェーン技術

日本では、自家消費されている再エネ価値を、グリーン電力証書やJクレジットという形で認証している。また、再エネの固定価格買い取り制度が始まって、電力系統に供給される再エネが日本の最大電力の4分の1にも迫るようになり、その再エネ価値を、非化石価値として認証することが始まった。これらの価値の取引は、証書と言われる紙ベースの媒体で行われ、価値の創出は数ヵ月から年単位で測定されている。価値の認証には、政府が認定した団体の認証プロセスがあり、一定の期間と人的資源の投入が必要となる。

認証プロセスは、通常半年程度かかるが、重要な認証プロセスであり、国や公的機関などがその価値を認定する上で避けがたいコストとなっていた。

ブロックチェーン技術は、このような認証プロセスそのものを、暗号化技術を使って電子化し、プロセスの過程を分散システムによる電子化台帳に連続的に記録していき、関係者間でその記録を共有化し、相互認証することでデータの信頼性を担保するものである。そのため、認証プロセスはデータの信頼性を確保しつつ瞬時で完了させることが可能となり認証コストが激減する。よって、これまで認証プロセスにコストがかかっている銀行間送金、土地・建物の登記、住民台帳、保険、医療、年金等様々な分野でその活用が期待されている革新的な技術である。

本事業は、このブロックチェーン技術を骨格に据えているデジタルグリッド技術により、再エネCO₂削減価値を測定し、認証し、取引を行い、決済するシステムを実現するものである。

4.2.2 本事業における認証のプロセス

本事業では、再エネ価値の測定及び認証手段として、デジタルグリッド社が開発したIoTセンシングデバイスであるDGCと価値化された再エネ価値を取引するプラットフォームであるCertificate of Renewable Energy Value (CREV)

取引システムを使う。

CREV取引システムは、図8に示すように、電力量を計測する装置であるDGCと計測・収集したデータを基に再エネ価値を証書化して、発電事業者と需要家の間で取引を行う場所を提供する取引システムDigital Grid Platform (DGP) の二つから構成されている。

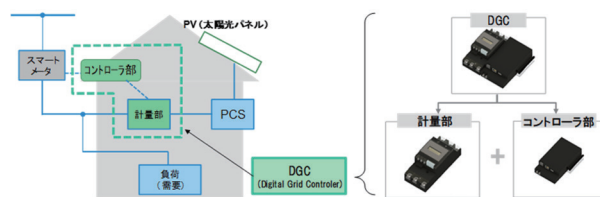


図8 通信計測部分 DGCの構成

DGCは、スマートメータとの接続機能を有した電力量センシングデバイスであり、発電用スマートメータ、買電用スマートメータそれぞれより計測データを収集した後に、差分計算を行い、収集した計測データ・計算結果を、モバイル回線を通じて、逐次自動的にクラウドサーバへ伝送する機能を有している。

DGCには、前述したとおりブロックチェーンで使用する暗号鍵が備わっており、クラウドに伝送するデータは自動的に暗号化される。

取引システム (DGP) は、図9に示すように、インターネット上で発電事業者と小売電気事業者・需要家間での再エネ価値の取引と、各参加者が、自らが保有する再エネ価値を各種報告制度への報告を目的として償却を行う機能を備えたシステムである。DGCによって計測・価値化された再エネ価値は、システムに参加している各事業者の口座に自動的にチャージされる。

これらの行為はすべてブロックチェーンにより、高いセキュリティを持つことになる。各事業者は自社が所有する再エネ価値を、プラットフォームに参加している事業者に対して、販売・譲渡することに加え、再エネ価値の償却を行ったりすることができるようにする。また、調達したCREVが法令に基づく報告（温対法、省エネ法など）や、企業の自主的な報告（CDP/RE100など）

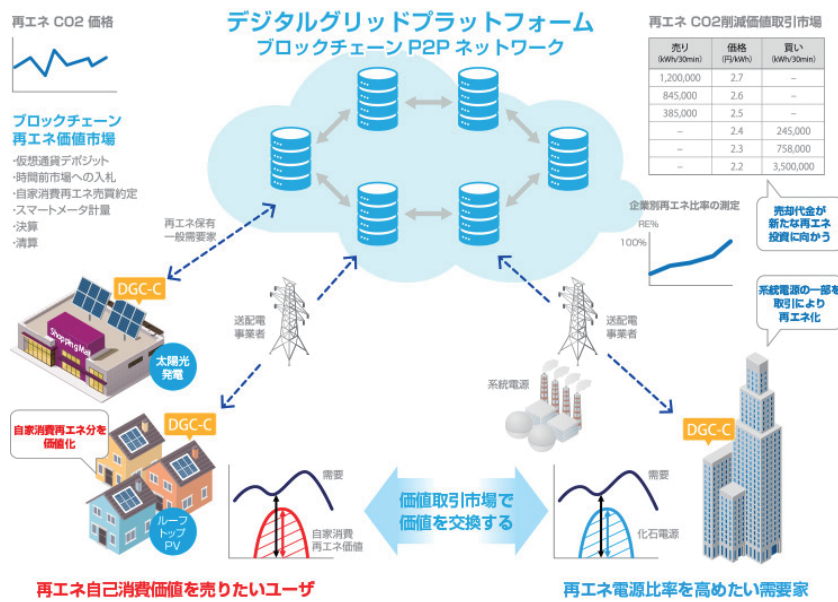


図9 CREVとCO₂発生量の取引

においても利用可能か検討中である。
 本事業の取引システムで特長的なポイントは、再生エネの発生源からブロックチェーンが適用され、改ざんされにくくなり、その後の取引がすべてブロックチェーンに書き込まれる透明性の高さにある。

4.2.3 ブロックチェーンの対改ざん性

ブロックチェーンが改ざんに強いとよく言われるのは図10のような仕組みによる。

例えば、AからBに対して取引が行われ、ついで、BからCに対して次の取引が行われたとする。ブロックチェーンでは、その取引行為そのものの記述も記録するがそれをあるルールの下に圧縮した値も計算する。これをハッシュ値という。記述が一文字でも異なると、このハッシュ値は大きく変わるので改ざんされれば一目瞭然である。

AがBに対して取引したという事実に対して、WがBに対して取引したと主張した場合、ついでBからCに取引した行為は何も変わらなくても図10のようにハッシュ値は大きく異なるものとなる。

どちらかの主張が正しくて、他方は偽りであるということを判定し、関係者が一致して合意できるかどうかは、1980年代からビザンチン將軍問題と言われてきた問題で、中央の管理機関を持たな

い分散型システムであるブロックチェーンの大きな課題となっている。

ビットコインなどで知られるオープンなブロックチェーンでは、マイニングというアルゴリズムで、正しい取引を決定している。

しかし、デジタルグリッド上では、限られたメンバーの中での取引に限定したクローズなブロックチェーンを採用している。これにより、異なるアルゴリズムを採用している。これにより、よく言われる電力消費の問題とか決定までに要する時間の問題が起こらない。

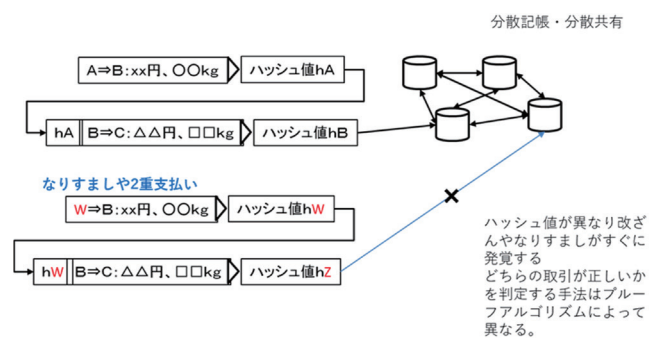


図10 ブロックチェーン技術による二重計上防止

4.2.4 複数の関係者による共同認証

従来型の認証行為が、国により指定された団体が集中的に行うことで、その団体での判断が唯一

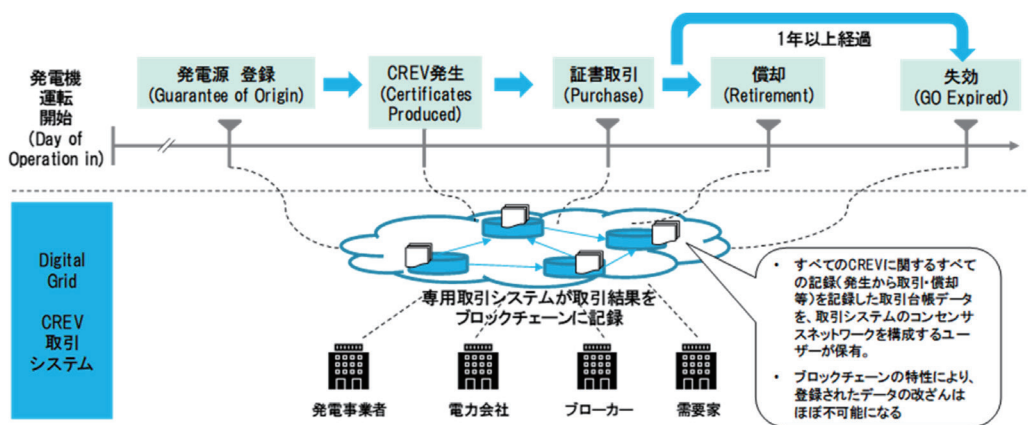


図11 CREV取引システムにおける信頼性確保の考え方

無二であるというような権威の持たせ方で実現してきた。そのために、第三者機関等も設置して認証を傍証する行為も必要となった。

それに対し、ブロックチェーンでは図11のようにそれぞれの利害関係者が参画して、最も多数のコンセンサスを得た取引を正としてブロックを繋いでいくような形式がとられる。これらの取引は、遡って確認することができるため、過去における不正なども明らかにすることができる。

これまで、日本で運用が行われている他の再エネ証書価値取引と比べると、小口での取引が可能、リアルタイムでの市場取引、市場メカニズムを利用した価格形成、改ざんが困難な発電源証明が付与された証書データ、IoT・ブロックチェーン等のデジタルテクノロジーを活用することで取引費用の低減を図っている点、そして、余剰電力量、自家消費電力量を、人手を介さずに正確かつ自動的に計測・記録が可能といった点で魅力的な方法となっている。

これらの特長を活かすことで、これまで埋没していた再エネ価値の価値化を進めていくとともに、再エネ価値の調達手段多様化への貢献、取引収益の再生可能エネルギー発電設備への再投資による再エネの普及拡大に繋がると考えている。

4.3 建築業界と電力×情報×金融の融合

以上見てきたように、電力及び環境価値の世界は、ブロックチェーンと電力変換技術により大き

な変貌を遂げ始めている。

DGCを電力メーターと組み合わせたり、分電盤と組み合わせたりすることは既に始まっている。あらゆるテナントがDGCを設置して電力取引決済や環境価値決済を行うようになるだろう。新築住宅や新築オフィスビルなどに、DGC分電盤を設置すれば、即座に電力取引が開始でき、30分単位で電力調達先を変えていくことすら夢ではない。

また、新設の住宅では太陽光発電が標準的に設置されるようになってきた。太陽光で発電した電気は環境価値を持っている。ここに発電量計量装置付きDGC分電盤を設置して環境価値をCREV化して売買することは重要な収益源となり得る。

エッジコンピュータは需要家にインターネットが入り込む入り口となる。このコンピュータは常時稼働し続け、需要家内のあらゆる仕事を片付けてくれるようになる。

料金決済はすべてブロックチェーンで行われ、低コストかつ確実に行われるようになる。

需要家が停電をすることはなくなり、大規模な災害に対しても個々が自衛するようになり、自立可能となる。自立可能な電力系統(「セル」と呼んでいる)は、停電しているセルを助けることができる。多数のセルの多重レイヤー構造が需要家群の防災機能を飛躍的に高める。このように新しい電力の世界は情報と金融と相まって、進化し始め、それは建築業界と密接に絡み合ってくるであ

ろう。

4.4 建築業界そのものへのブロックチェーン適合

建築業界においても、設計図面などをブロックチェーンに記録する試みなどが始まっているが、本質的な使い方はもっと別なところにあると言えよう。

ブロックチェーンはすべてのお金の取引とその内容を、タイムスタンプを押して記録していくことができる。資材の調達から建築物の竣工まですべてお金のやり取りが発生し、それには対価が生まれているはずである。

仮に建築関係の金銭のやり取りをブロックチェーン上のトークンで行おうとする場合、契約行為もスマートコントラクトという形でブロックチェーンに記述されるとする。

そうなるとう工事の内容とその対価は1対1となって数珠繋ぎに記録されていくことになる。その内容はお金の流れとともにすべて詳細に記録されていき、改ざんも不能となり、過去に遡ってどのような内容のことがどのくらいの金額で実施されたかなどすべて透明になっていく。このような仕組みが実現できれば建設工事の透明性が拡大していくことになろう。様々な工事の資材や労務費の平均的コストも明白になり、見積りの正当性が簡単に担保できるようになろう。

このような変化が建築業界にとって好ましいかどうかは議論のあるところであるが、好むと好まざるとに係わらず、IT技術や金融技術がすべての業界に浸透してきている。

ブロックチェーンには様々な可能性があるが、その適用については業界毎に異なる環境にある。しかし、いずれにしても積極的に取り組むべき革新的技術であることは間違いないと言えよう。

5 最近の動き

昨年12月13日、虎ノ門ヒルズで開催された「iINTERFACE SHIFT 2018」で、平成30年を

「ブロックチェーン元年」と題するシンポジウムが開催されている。また、ブロックチェーンが創り出す新たなビジネスチャンスに向けた講義と実習の場も数多く提供され、次のようなビジネスへの動きがメディアで散見されている。

- Citizens Reserveがブロックチェーン上にサプライチェーンプラットフォームを構築（2019.1.23 TechCrunch Japan）
- 散りゆく伝統工芸をブロックチェーンで救う—ある老舗企業とスタートアップの企み（2018.12.5 ビジネス）：作品の取引履歴のトレース
- 個人データの来歴や加工履歴をブロックチェーンで一元管理・富士通研が開発（2018.9.27NO BUDGET）
- ブロックチェーンでチケット転売防止、京大発スタートアップLCMENの「Ticket Peer to Peer」（2018.9.20 by Akio Hoshi）
- 北陸の温泉郷・加賀市を日本屈指のIT先進地域に変えるブロックチェーン×行政の可能性（2018.9.8 日本財団SOCIAL INNOVATION FORUM）

一方、建設分野におけるブロックチェーン技術の応用は見当たらない。論文検索システムCiNiiにより、「ブロックチェーン」で検索すると、2015年7月以降2019年1月17日現在で、432件が検出されるが、「建築／土木／公共入札／コスト管理／原価計算」等と「ブロックチェーン」の組み合わせで検索するといずれも0件である。

また、数社の建設企業研究管理部門とのヒアリングでも、「ブロックチェーン」に関係する研究テーマは今のところゼロとのことであった。

しかし、i-Constructionの推進にあたっての諸会議では、データ管理の仕組みを身軽に、3Dデータの利活用にブロックチェーン技術を使えないかなどの意見が出始めているようである。

建設事業への応用を考えると、前節4の応用事例にみる分散型発電事業や、スマートシティにおける熱電供給融通事業やシェアリング事業などにおける取引におけるの事業参加が、ブロックチェーン技術を社会実装への建設関連分野におけ

る最前線と言えるかもしれない。

6 まとめ

昨年6月にまとめられた「世界最先端デジタル国家創造宣言・官民データ活用推進基本計画」⁷⁾に、次のように方針が述べられている。

「我が国では、物流・不動産の分野をはじめとした、BC等技術と親和性の高いユースケースを抽出することで民間の取組を支援する。また、今後の国際的な標準化に積極的に貢献するとともに、行政や公共性の高い分野への先行的な導入を見据えた実証事業（PoC）に着手する。あわせて、BC等技術を導入する場合における運用・ルール面の課題整理を行い、その結果を踏まえ、ブロックチェーン等の新技術を利用した革新的な電子行政の実現に向けた計画策定等を進めることとする。」（下線は、本検討会による）

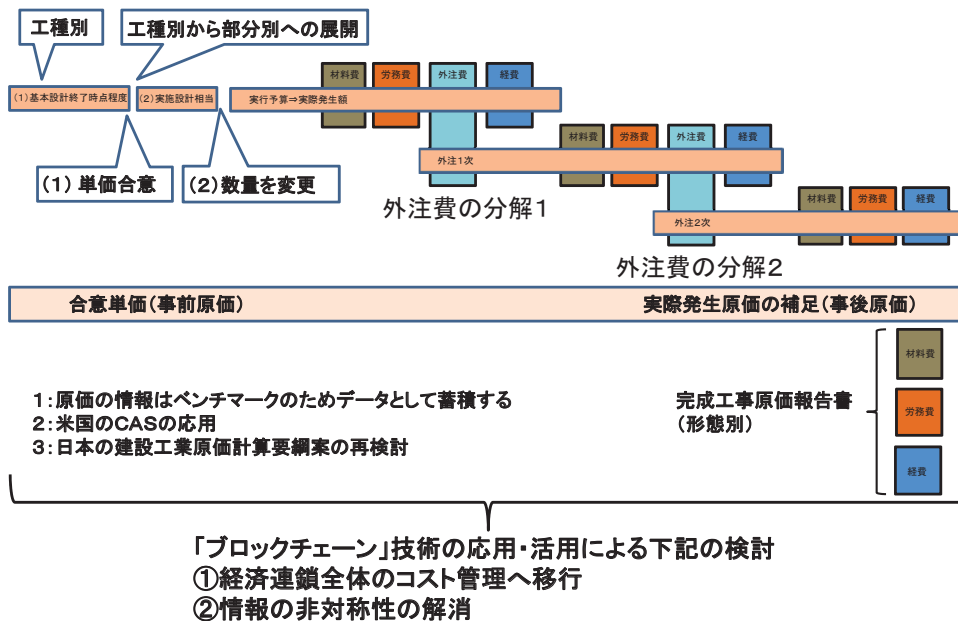
「はじめに」で取り上げた弊所機関誌での「ブロックチェーン」の技術を応用・活用して「経済連鎖全体のコスト管理」や情報の非対称性の解消に繋がる可能性（図12参照）は、取引履歴、流通

経路、部品等供給元のトレーサビリティなど、フェアな取引制度の実現とともに大いに期待できることが認識できる。

なお、本調査にあたって、資料、データの提供と全般にわたるご指導ご意見をいただいたデジタルグリッド(株)阿部力也様に感謝申し上げます。

(参考文献)

- 1) 総務省「平成30年版情報通信白書」第1部 人口減少時代のICTによる持続的成長 第3節 組織を「つなぐ」ことで生産性向上をもたらすICT 3ブロックチェーン」
- 2) 経済産業省「ブロックチェーン技術を利用したサービスに関する国内外動向調査」を取りまとめました」2018.4.28
- 3) 経済産業省「平成29年度我が国におけるデータ駆動型社会に係る基盤整備（分散型システムに対応した技術・制度等に係る調査）」2018.3 (株)日本総合研究所
- 4) 環境省「平成30年度ブロックチェーン技術を活用した再エネCO₂削減価値創出モデル事業の採択課題について」2018.4.2
- 5) 高木聡一郎「第8章（講演録）ブロックチェーンと生産性向上」『イノベーションの研究－生産性向上の本質とは何か』財務省財務総合政策研究所編著、2018.10.31
- 6) 荒牧裕一「ブロックチェーンアルゴリズムの分類と問題点」『京都聖母女学院短期大学研究紀要』46, pp14-20, 2017.1.16
- 7) 「世界最先端デジタル国家創造宣言・官民データ活用推進基本計画」（平成30年6月15日）「Ⅲ抜本改革を支える新たな基盤技術等 1基盤技術 (5)ブロックチェーン等の新技術の利用」より抜粋
- 8) 「ブロックチェーン技術の現状と展望」『経済の進路』No.674, pp7-10, 三菱経済研究所、2018.5



出典：『建築コスト研究』101号2018.1より

図12 重層下請構造における「経済連鎖全体のコスト管理」の概念図