

ブロックチェーンとQRコードの組合せによるトレーサビリティシステム-新たなQRによる可能性の広がり-

Traceability System Using Combination of Blockchain and QR Code
-Expanding the Application of New QR Codes-

村上 貴一 Takakazu MURAKAMI
岡部 達哉 Tatsuya OKABE

“Traceability” has become increasingly important for recording and using not only information related to quality and safety, which is now being required, but also information related to recently enacted environmental and human privacy protection regulations. In this article, we describe a “Traceability system that is difficult to tamper with and easy for anyone to use” DENSO aims to combine QR codes and blockchain to realize this system. It will meet the social needs in this new era. We also report on the development status and prospects of new QR codes. These will meet the needs expected after the traceability system is established, and feature further ease of use and expandability.

Key words :

Traceability, Blockchain, QR-Code, Material disguise, Counterfeiting

1. まえがき

2015年の国連サミットにおける「持続可能な開発目標（SDGs：Sustainable Development Goals）」採択、また同年の「パリ協定」を機に、各国は、先進国／途上国を問わず“よりよい世界”の実現にむけた目標設定を行い、経済との両立をも目指した取り組みが開始されている。

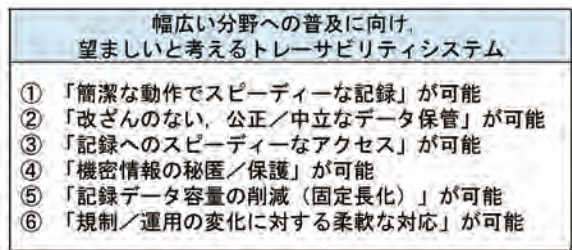
この、言わば人類の共通ゴール達成に向け、投資家、消費者もそれぞれの投資活動、消費行動を通じて企業に対する影響力を強めるなか、企業はその活動において従来から求められていた品質／安心・安全にかかわる情報の精緻化のみならず、新たに

●環境保護にかかわる情報（CO₂排出量／リサイクル材料比率 など）

●人権保護にかかわる情報（強制労働／児童労働／人身売買 などの防止目的）

の明確化を求められ、かつ、いずれも「型式認定」「ロット管理」といった粒度にとどまらず、固体別の記録と閲覧（準拠証明）をタイムリーに実施できる体制の構築が求められると考えられる^{1) 2) 3)}。

デンソーでは、2035年にカーボンニュートラルの達成を目指すことを宣言すると同時に、このような「新時代の社会ニーズ」に対し、次のようなトレーサビリティシステムを構築／提供することにより自動車産業をはじめとする広範な業界、および事業者様の目標達成に貢献することを目指している。



これらの要件について、1994年に自社（現デンソーウェーブ）が発明したQRコードと、新たな技術であるブロックチェーンを組み合わせ、更にいくつかのオプション機能および新たに開発したQRコードの適用により解決を図る。

本稿では、その開発状況と今後の展望について報告する。

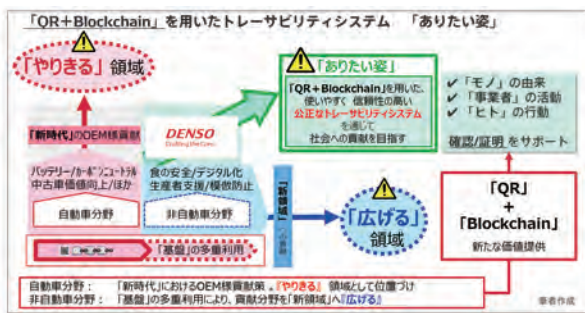


Fig. 1 The Traceability system using “QR + Blockchain”: “What we want to carry out”

2. デンソーのトレーサビリティシステムと4つの実現手段

前章で示した理想/要件を満たすため、デンソーではトレーサビリティシステムの構築にあたり以降の4つの要素を組み合わせることで、使いやすく、信頼性の高いサービスの確立を目指している。

2.1 「ユニークID」

「ユニークID」は、デンソーのトレーサビリティシステム内においてユニーク性（一意/固有であること）を担保されたIDであり、管理対象となる製品はもちろん、管理の必要に応じて作業や装置、通い箱などあらゆるヒト/モノ/プロセスなどに対してこのIDが発番されることで、企業や個人のあらゆる活動についての柔軟な記録/管理が可能となる。

データの登録および照会を原則としてこのユニーク

IDをキーとして行われ、

⑥ 「規制/運用の変化」における「管理粒度の変更」に際しては、「IDを発番する対象が容易に変更可能であること」により柔軟な対応を実現している。

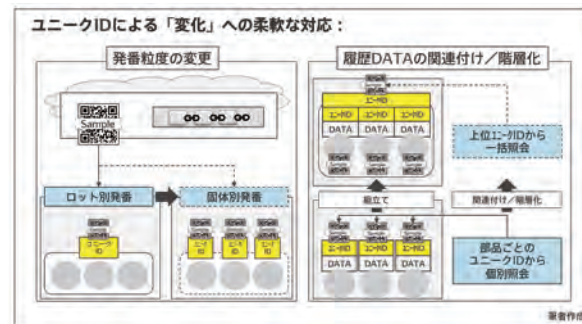


Fig. 2 Flexible response to ‘Changes’ achieved with the “Unique IDs”

2.2 QRコード

デンソーのトレーサビリティシステムにおいては、原則として先に挙げた「ユニークID」をQRとして出力（ラベル印字/ダイレクトマーキングなど）し、管理対象に付与して運用する。

この「ユニークID-QR」を使用して全てのデータ登録/履歴照会を行うため、スマートフォンやハンディリーダーを用いた人手による作業だけでなく製造ラインにおける自動搬送工程においても、既に実績ある機材を使用し、先に挙げた

- ① 「スピーディーな記録」
- ③ 「スピーディーなアクセス」

を行うことが可能となり、「情報（データ）」と「実際のモノとその数/状態」が一致している状態、「情物一致」による正確な運用を実現できる。

前節 2.1にて説明した「ユニークID」には、

- ・デンソーが発行したIDとそうでないものを識別可能。
→末尾のカウントアップなどによる不正なID増幅も検出できる。
- ・有効期限の設定が可能。
→個別の「ユニークID」からのアクセス権/アプリケーション利用権に期限を設定できる。

といった機能が備えられている。

データの記録/照会の際には、主に「ユニークID」をQRコード出力、もしくは画面表示した「ユニーク

ID-QR」を通じて目的の記録にアクセスするが、出力/表示の際に「ユニークID」末尾の一定の桁数を可読文字とし、さらに上記の不正増幅検出機能を備えつつ可読文字部分のみを連番にしているため、

- ・装着時の目視確認（貼り間違い/抜け漏れ など）
- ・スマートフォン/リーダーによる読取り時の目視確認（端末画面/現物）

などを行いながら、作業や確認を容易かつ確実に行うことができる。

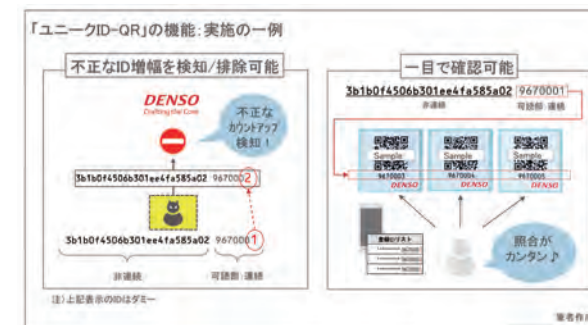


Fig. 3 Features of the “Unique ID-QR”

2.3 ハッシュ化アプリ

デンソーのトレーサビリティシステムでは、「ハッシュ化アプリ」を経由して、記録するデータをハッシュ値として格納することが可能である。

履歴データの記録/共有実現の際に問題となる。

- ・技術情報を含む機密性の高いデータ
- ・画像/音声/動画など、容量の大きいデータ
- ・その他、あらゆる形式のファイル

などを「ハッシュ化」することで、

- ④ 「機密情報の秘匿/保護」および
- ⑤可能記録データ容量の削減（固定長化）」が実現できる。

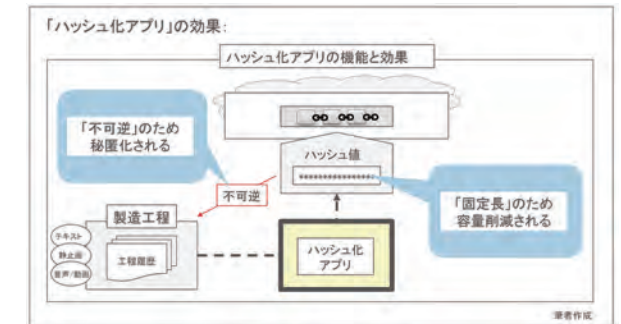


Fig. 4 Effects of the “Hashing apps”

サプライチェーンの上流から下流まで、多くのプレイヤーが関わる製造/流通履歴を記録することが求められるトレーサビリティシステムにおいては、

- ・格納されるデータ容量について、合理的に見積りできない
- ・デジタル化の実現度合いが異なり、足並みが揃わない等が弊害となり運用開始を妨げるケースが多い。

この仕組みによりあらゆる容量/形式のデータを取り込み固定長化して記録することが可能となるため、初期段階における「各プレイヤーの体制構築状況の差」を埋めることでスムーズな運用開始をサポートする効果が期待される。また段階的な規制の厳格化により「記録すべき項目に変化が生じた場合」にも、下流側への影響を解消もしくは軽減できるため、

- ⑥ 「規制/運用の変化に対する柔軟な対応」も実現している。

2.4 ブロックチェーン

既に広く認知されているように、ブロックチェーンは、前ブロックのハッシュ値を格納することにより、データ改ざんされた以降のブロックにおいて整合性が取れなくなる、という特長もっている。

デンソーでは、トレーサビリティシステムの改ざん防止/検知手段としてこのブロックチェーンを採用することで、

- ② 「改ざんのない、公正/中立なデータ保管」を実現している。

なお、「ブロックチェーンを用いたトレーサビリティシステム」に対し、その「公正/中立性」の裏付けを

「非中央集権／管理者不在」に求める認識がある一方で、中小規模の事業者を中心に

- ・ 「非中央集権であること」「管理者がいないこと」を絶対条件としない
- ・ ノードの運営を望まない(むしろ管理者に代行して欲しい)
- ・ 必要なのは、あくまで「非改ざん証明」、随時検証可能な「透明性」、結果的な「公正／中立性」である

といった見方も存在する。

本項の冒頭に挙げたように、これまでの品質、安心・安全にかかわる要請のみならず、新たに環境保護、人権にかかわる要請が加わり、定常的な公正エビデンス提供を実現するうえでブロックチェーンは更に必要性が高まる技術であると考えている。だからこそ、広範な業界および事業者様への貢献と広い普及、運用の負担軽減を目指すためには、ブロックチェーンがもつ有効性を最大限に生かしたうえで、「シンプルでわかりやすく、低コストで誰にでも使いやすいサービス」を目指して開発／プロモーションを進めていく必要があるだろう。

3. 「トレーサビリティ」構築後のニーズ

これまで述べてきたように、4つの要素を組み合わせることで、記録／データ保護／照会動作についてシンプルかつ有効なトレーサビリティシステムを構築してきた。

しかしながら、「品質／安心・安全」のみならず、「環境保護および人権」の証明ニーズも加わり、今後改ざん／偽装のインセンティブ上昇が懸念されるため、既に構築したシステムにとどまらず更なる追加機能が求められると考えている。

2020年12月10日、欧州委員会はバッテリーに関する規制の大規模改正となる規則案を発表し、その中で、コバルトや鉛、リチウム、ニッケルを含むEVバッテリー、産業用バッテリー、自動車蓄電池に関し、以下をはじめ義務化することを明らかにした⁴⁾。

- ・ 再利用された原材料の使用量の開示(2027年1月1日から)
- ・ 再利用された同原材料のそれぞれの使用割合の最低値の導入(2030年1月1日から)

このような再生原材料比率の義務化にともない、過去に大規模な再生材料比率偽装が発生した事例がある。2008年の「古紙パルプ配合率偽装問題」である⁵⁾。

この事件は、「再生年賀はがき」の古紙パルプ配合率を全体の40%とする、との契約に反し、実際の比率が1~5%だったとの報道から始まったが、その後更に、年賀はがき用の用紙を納入していた全ての製紙メーカーに契約違反があったこと、報道された企業以外の日本製紙連合会加盟の17社等も幅広い再生紙製品で配合率偽装を行っていたことが明らかとなった。

各社の企業倫理が批判を免れないのは当然ながら、要因のひとつとして、当時古紙の輸出が中国向けを中心に急増しており、2000年から2006年の間に古紙の全輸出量が10倍に増加(買い負け)している一方、再生紙に対しては、環境対応商品としての価値のみならず白色度への要求が強くなり、量／質ともに古紙が不足したことで高まる需要に答えられなくなっていた、との背景が指摘されている。

環境保護意識が高まり、「循環型経済」の実現があらゆる産業において目標とされ、段階的に再生材料使用義務が引き上げられるにつれ「再生材料偽装インセンティブの上昇」が予想される。このような状況においてトレーサビリティシステムに求められるであろう想定ニーズについて、次項にて述べていく。

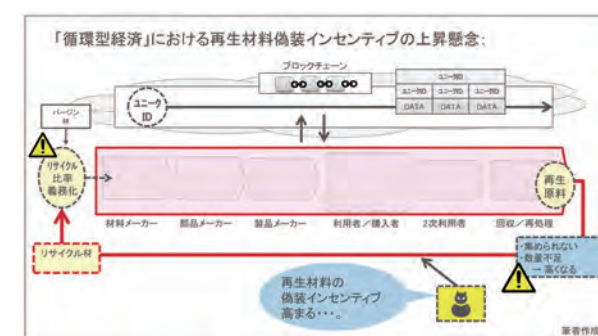


Fig. 5 Fears of rising 'false incentives' in 'Circular Economy'

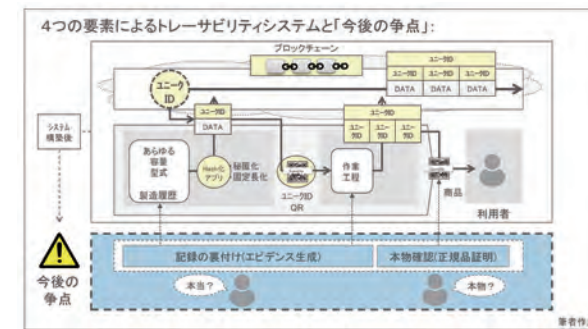


Fig. 6 The Traceability system with four components, and key issues for the near future

3.1 「それ本当？」エビデンス生成

ブロックチェーンは、一旦記録されるとその後の改ざんが非常に困難である、として記録の信頼性を高めることが期待されているが、それはあくまで「ブロックチェーンに記録されて以降に改ざんされていない」ことであり、「記録自体の正しさ」「記録が虚偽でないこと」を証明するものではない。

既に、ブロックチェーンと組み合わせるのみでは、自己申告を保護するだけになりかねない旨の指摘も見受けられる⁶⁾。

デンソーでは、この問題に対処するため「記録の生成」から関わることで検査をはじめとする重要工程に関する「第三者エビデンス」生成機能の確立を試みている。

実施形態の一例として、はじめに構築済みのトレーサビリティシステムにおいて発番される「ユニークID」もしくはそれを出力した「ユニークID-QR」を用いて、工程履歴を登録する際と同様にQRコードを読み取る。

次に、専用アプリとスマートフォン／スマートグラス／協働ロボット搭載カメラ／等の記録端末を用いて、静止画／動画／接続センサ情報などのエビデンスを生成し、GPS情報、タイムスタンプ等の属性情報と共に「記録端末にデータを残さず」エビデンスデータを直接トレーサビリティシステムのブロックチェーンに登録する。このことにより、記録者による登録前のデータ改ざんを防ぐことができる。

監督者は、納入部品／製品等に貼付されている「ユニークID-QR」からトレーサビリティシステムにアクセスし照会することで、報告者からの自己申告ではない「客観性のあるエビデンス」を取得／参照可能である。

この「エビデンス生成」は、全ての管理対象に付与される「ユニークID-QR」を使用して「必要な対象に対して必要なタイミングで」選択的に追加実施できる機能である。今後は「記録デバイスのバリエーション」「接続センサのバリエーション」を拡大することにより適用範囲の拡張を実現していく。

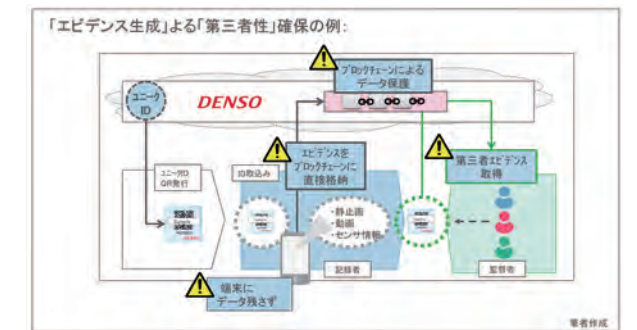


Fig. 7 "Objectivity" realized through "Evidence generation"

3.2 「これ本物？」正規品証明

目の前にある材料／部品／商品に貼付／表示されているQRコードから「そのモノの由来に手軽にアクセスできる」状態が実現し、さらにその製造に関わる重要工程の「第三者エビデンス」が確立した後は「そもそもそれが本物であるか？」の識別もまた重要となってくる。

2016年のJETROのレポートにおいては、模倣品被害は過去約20年間に急増し、模倣技術の改良を踏まえ深刻化していることが指摘されている⁷⁾。

また、既に一部の分野では「正規品であっても、指定ルート以外からの調達品については模倣品とみなす」との考え方も存在し、今後「モノの真正性」のみならず「ルートの正しさ」が広く求められる可能性がある。

先に述べたように、デンソーのトレーサビリティシステムでは「ユニークID」を用いており、デンソーが発行したIDの識別機能を実現しているが、それを出力した「ユニークID-QRラベル」そのものが複製される可能性に対処するため、デンソーではラベル自体の模倣を困難にした「正規品証明ユニークID-QRラベル」の確立を試みている。

模倣品対策は、一般的に以下のように材料／加工／

判定手法（設備／機器）から成立していると言える⁸⁾。

■材料：
特殊紙／特殊フィルム：混抄紙など
ホログラム：
特殊インク：蛍光／赤外線インクなど
■加工：
特殊印刷：凹版印刷など
■判定方法：
目視：角度による変化など
触診：手触り／凹凸など
専用フィルタ：色／画像変化など
専用装置：画像認識／磁気／RFID など

デンソーでは、幅広い用途への適用、また模倣困難性と量産適性の両立、さらに小ロット対応についても対応可能な仕様とするべく、以下の構成での成立を目指している。

●材料：

短期間の運用から、中長期もしくは厳しい環境下での運用にも適用可能、かつ小ロット対応をも可能にするべく、コート紙からPET、さらにPI（ポリイミド）まで、あらゆる分野で運用実績のある汎用材料を利用可能な構成とする。

●加工：

生産能力を確保し、新規投資を最小限にすべく、実績ある既存設備を用い、かつ模倣困難性の高い加工方法の確立を目指す。

●判定方法：

中間商材、最終製品のあらゆる購入者による判定が可能となるよう、真贋照会者自身が保有するスマートフォンを使用できる構成とする。

これらを実現するため、「QRコードとランダムアナログ印刷の組合せ」により「製造者自身でさえも再現困難」な「偶然のパターン」を創り出し、それを画像認識によって数値化することで継続的な模倣困難性の維持を可能とし、また更にコピー検出機能をも実現すべく仕様の確立を目指している。

この機能も「エビデンス生成」と同じく、全ての管理対象に付与される「ユニークID-QR」を活用しているため「貼付するラベルを差し替える」だけで混在運用、選択的追加実施が可能である。今後は「ラベル仕様のバリエーション」拡大により、適用可能分野の拡張を実現していく。

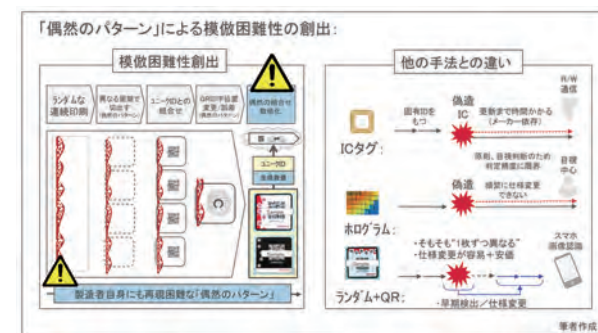


Fig. 8 Creation of imitation difficulty realized by “Accidental patterns”

4. QRコードの新たなバリエーション

2.2で述べたように、本トレーサビリティシステムにおいては、QRコードが履歴登録時／照会時、いずれの段階においても作業性と正確性向上のために重要な役割を果たす。特に「データ登録」は全数に対し実施される作業であり、現行の工程能力を極力落とさずタクトタイム内に収める必要があるためである。

それゆえ、管理対象物の拡大と運用シーンの広がりに対応すべく、既存のQRコードに加え新たなバリエーションが求められるものと考えている。

4.1 2つのQRコードを1つに「QR in QR」

新たな義務化に伴う履歴情報の登録および情報へのアクセス手段整備を行う際、

- ・新たにQRコードを印字するスペースがない
- ・既にQRコードを使用しており、複数のQR印字により混乱が懸念される
- ・トレーサビリティ情報の取得は、サプライチェーン上の1部のプレイヤーに限定したい

といった問題の発生が想定される。

こういったニーズに対し、デンソーでは2枚のQRを1つに統合できる新たなQRコードを開発した。

1層目は、「既存のQRリーダーで読み取れる領域」→Public
2層目は、「専用のアプリでのみ読み取れる領域」→Private
とすることで、様々なニーズに応えることが可能である。

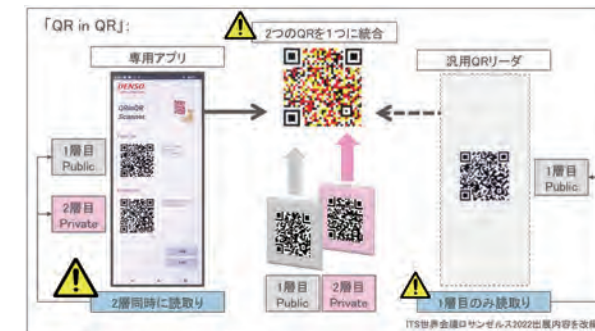


Fig. 9 「QR in QR」

まず、1層目は（白を含め4色の状態でも）スマホアプリをふくめた既存汎用リーダーで読み取ることが可能なため、QRコードを用いた既存システムが稼働しているも機材等の変更を行うことなく、1層目のPublic領域を使用して運用の継続が可能である。

かつ、新たなトレーサビリティシステムで使用するQRを2層目のPrivate領域に格納することで、必要な箇所のみへの専用アプリ導入による追加機能アドオンが可能となる。

このように、既存の設備はそのままに、追加機能については特定の部署や顧客にのみ情報提供／アクセス権付与をしたい場合などに有効である。

もちろん、2枚のQRを統合することによる情報量の増加、また印字スペースの削減についても各分野からの期待の大きさと効果が確認されている。

4.2 見えないQR「透明QRコード」

- ・トレーサビリティ用のQRはもちろん、これに限らず、
- ・セキュリティ上の理由によりQRを見せたくない／存在に気づかれない
- ・製品の意匠性を損なわないよう、QRコードを隠したい
- ・QRコードを印字する専用スペースがない

といったリクエストが寄せられている。

デンソーでは、このようなニーズに応えるため、山本化成株式会社様との連携により「透明なQRコード」を開発した。

赤外線吸収インクを用いてQRコードを印字することにより、赤外線を照射した際にのみQRコードを可視化することが可能となる。赤外線カメラを搭載したスマートフォンも市販されているため、これと専用アプリケーションを用いることで、使用するQRコードごとに端末を変えることなく、これまで本項で説明した・通常QR／QR in QR／透明QRの3種類、および正規品証明ユニークID-QRを含めた全てのQRコードを用いた運用をカバーすることが可能となっている。



Fig. 10 「Transparent/Invisible QR」

5. 今後の展望

欧州による戦略的な環境関連法規整備による、環境保護と新産業／雇用創出の両立を目指す動きのみならず、もはや定常化しつつある「異常気象」は、多くの地域の企業、人々にとって、環境保護重視の流れを「他人ごとから自分ごと」にしつつある。

デンソーグループはQRコードの開発とその普及を通じて、これまで自動車産業のみならず、あらゆる産業の業務効率、生活者の利便性向上に貢献してきたと考えており、実際に展示会来場者の皆様ほか、会話を通じて想像以上にポジティブな反応を頂くことが多い。

今回、そのQRコードとブロックチェーンを組み合わせたトレーサビリティシステムは、冒頭に挙げた人類の共通ゴールである環境／人権問題の改善に大きく寄与しうる技術であり、発明から約30年が経過した

QRコードに、改めて大きな社会貢献の機会が訪れていることを実感させられる。

発明と普及、事業運営に尽力された先人の功績に敬意を表するとともに、我々自身もまた未来に向け新たな価値を創造し、社会問題／事業課題の解決に貢献しうるサービス、永続性あるビジネスを確立すべく努力していきたい。

参考文献

- 1) 外務書, SDGsとは, <https://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/oda/sdgs/about/index.html>
- 2) BCG, BCG カーボンニュートラル経営戦略, 日本経済新聞出版, 2021

- 3) PWC Japan グループ, サステナビリティ・トランスフォーメーション戦略, 日本経済新聞出版, 2022
- 4) JETRO, ビジネス短信, 欧州委, 循環型経済に向けたバッテリー規制の改正案発表, 2020年12月14日
- 5) 衆議院調査局環境調査室, 古紙パルプ配合率偽装問題について, 2008
- 6) 矢野経済研究所, 2020年版 日本マーケットシェア事典, 2020
- 7) JETRO, 調査レポート, 米国における模倣品対策の実態に関する調査, 2016年8月
- 8) 特許庁, 模倣品対策技術及びその普及に向けた調査 報告書, 2014

備考

QRコードは、株式会社デンソーウェブの登録商標です。

著者



村上 貴一

むらかみ たかかず

まちづくり企画室 情報トレーサビリティ開発課
トレーサビリティ関連サービスの企画／開発に従事



岡部 達哉

おかべ たつや

まちづくり企画室 情報トレーサビリティ開発課
ブロックチェーン及びトレサビシステム開発に従事