

**Trusted Web の実現に向けたユースケース実証事業
成果報告書**

分散型 ID を用いた炭素排出量トレースシステム

2023 年 3 月 24 日

代表機関 : DataGateway Pte. Ltd.

目次

1	背景と目的	1
2	事業の概要	1
2.1	事業概要及び実証の範囲	1
2.2	社会・経済に与える価値・影響	1
2.3	実施体制	2
2.4	実証全体のスケジュール	2
3	実証内容	4
3.1	実証の実施事項、論点及び判断	4
3.1.1	プロトタイプ of 企画・開発	4
3.1.2	ヒアリングの実施	16
3.1.3	国際標準規格の調査	18
3.2	検証できる領域を拡大する仕組み	20
3.2.1	データフロー	20
3.2.2	データフローに登場する主体とその概要	20
3.2.3	検証できる領域を拡大し、Trust を向上するために本システムで検証を行うデータ及びデータのやり取りの内容	21
3.2.4	本システムで形成を目指す合意とその履行のトレースの内容	23
3.3	6 構成要素との対応	24
3.3.1	検証可能なデータ	24
3.3.2	アイデンティティ	24
3.3.3	ノード	24
3.3.4	メッセージ	25
3.3.5	トランザクション	25
3.3.6	トランスポート	25
3.4	本実証で企画・開発したシステムの概要	27
3.4.1	業務フロー	27
3.4.2	ユースケース図	32
3.4.3	操作画面 (UI)	32
3.4.4	機能一覧/非機能一覧	32
3.4.5	データモデル定義 (VC データモデルを採用する場合)	33
3.4.6	実験環境	33
3.4.7	システムの構成要素	35
3.5	実証を通じて得られた主な成果	36
3.5.1	システムの企画・開発に関する実証内容・得られた主な成果	36

3.5.2	ビジネスモデルに関する実証内容・得られた成果.....	37
3.6	本実証で開発したシステムの第三者による再現可能性（A 類型のみ）.....	37
4	実証終了後の社会実装に向けた見通し.....	38
4.1	社会実装時に想定しているビジネスモデル・ユーザーのメリット.....	38
4.2	実証を通じて判明したユースケースの課題とその解決方針.....	39
4.3	本ユースケースの社会実装に向けたマイルストーン.....	40
5	Trusted Web に関する考察.....	41
5.1	Trusted Web のアーキテクチャに関する課題と提言.....	41
5.2	その他 Trusted Web の課題と提言.....	41

1 背景と目的

世界規模で取り組まれている温暖化効果ガス削減の対策、ESG 投資の高まり、国内における市場区分の見直し、スタンダード、プライム、グロース各市場に対し ESG 課題に対する積極的な取り組みを求めることがコーポレートガバナンス・コードにて明記された。企業・社会における SDGs の積極的導入などを背景に、脱炭素の施策とその可視化が急務となっている。また、ヨーロッパからは炭素税の導入が迫られており、輸出品には炭素使用量の記載が義務付けられるため、ヨーロッパ向けの輸出品など一部国内でも対応されているが日本国内でも 2050 年カーボンニュートラル達成に向け環境省などで炭素税の適正化について議論されている。

現在の問題点として、一般的に炭素税、カーボンクレジット算出のためのアナログな計測による数値算出、開示のための数値転記、外部への開示等が主に人を中心に行われ、第三者機関等外部の認証を通すことも少なく、各社独自基準での自社認証や、団体ごとの基準によって算出、開示されており、相対的な評価ができなくなっている。

炭素排出量の算出・開示フローを可視化することをゴールに、以下の項目を達成することを目指す。

- 1) IoT 機器等から数値を集約し、入力する工程の自動化
- 2) 炭素排出量の客観性担保、改ざん防止
- 3) サプライチェーン上の複数社から開示された炭素排出量の統合とそのトレーサビリティの実現
- 4) 企業の機密事項および社員の情報の選択的開示

2 事業の概要

2.1 事業概要及び実証の範囲

現在、炭素 排出量関連の数値は開示企業により主観的に入力され、自社認証が主流を占めている。これに対して本実証では、分散型 ID (DID : Decentralized Identifier および VC : Verifiable Credential) を活用し、複数企業を跨ぐ製品やサービスの研究・開発・製造・流通・販売のサプライチェーン全体での炭素排出量について改竄耐性やトレーサビリティを担保するソリューションを提供することで、誰でも検証可能であり、日本の業界団体や国際基準にも使用可能な一次データとして公正に可視化するソリューションを提供する。

特に今回の実証においては、データセンターに IoT センサーを設置し直接データを収集して署名検証することで、サプライチェーン全体での炭素排出量を検証する。

2.2 社会・経済に与える価値・影響

製品やサービスの研究・開発・製造・流通・販売の各工程における炭素排出量を正確に算出・開示できる炭素排出量トレーサビリティシステムを提供する。一企業内で完結することなく、複数企業を跨ぎ、サプライチェーン全体での公正な算出・開示を可能とする。加えて、分散型 ID (DID/VC) の利用によ

り、暗号化した状態で炭素排出量関連データを共有することを可能として、事業上の機密情報を開示することなく、公正な炭素排出量を算出/開示していく。

また、今回の登場人物として切り分けた炭素排出関連元データ生成・提供団体、炭素排出関連元データ生成・提供団体社員、情報利用団体の3者において今までは統一された評価基準が欠如していたため、正確な課題分析ができていなかった。今回の取り組みにおいて一貫した評価基準において効果測定し、炭素排出量に対する行動を評価できるため、正確な課題分析が可能となり、サプライチェーン上の企業間で足並みのそろった取組を行うことが可能となる。ひいては、日本全体としての取り組みとして実現可能となる。

2.3 実施体制

本実証事業は、DataGateway Pte. Ltd.の構想、技術開発により行われたものである。実証事業の協力会社として、株式会社大原建設及びH I T O W Aホールディングスが参画した。

株式会社大原建設は、松本市においてコンテナ型データセンターを運営しており、電力消費量データを取得する現場を提供した。その際、データセンターは複数設置の予定があり、データセンター同士の炭素排出量のシェアをサプライチェーンとして想定して実証を行った。

H I T O W Aホールディングス株式会社は、事業の1つとして複数の介護施設を運営しており、複数の企業間を跨ぐデータ共有時のポリシー策定のための案出しに協力した。

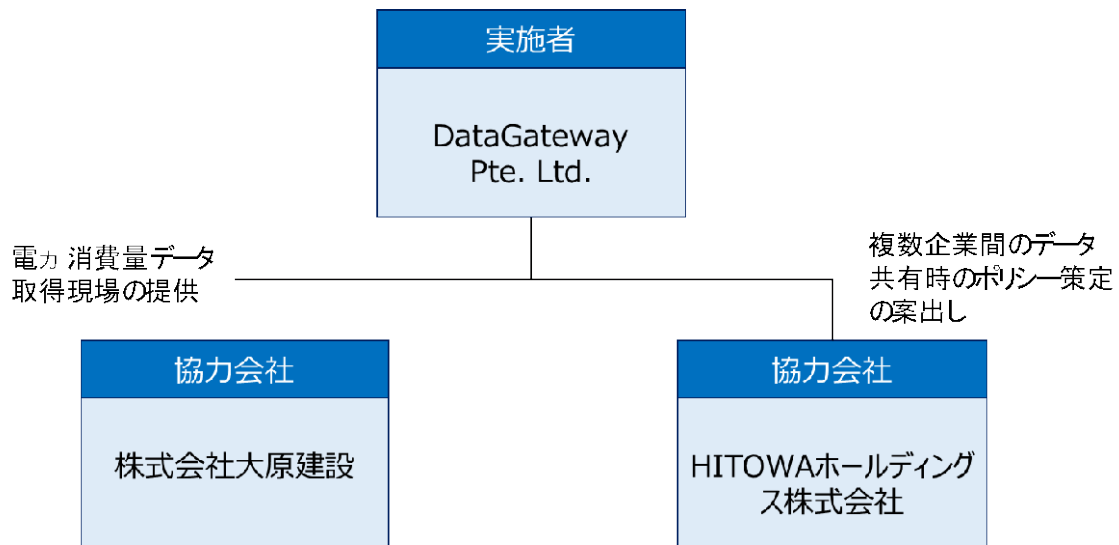


図 2.3.1 実施体制図

2.4 実証全体のスケジュール



実施事項		R4				R5		
大項目	小項目	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
実証先との調整								
	NDA締結		[実績]					
	設置環境の確認					[実績]		
	Scope3計算方法の検証			[実績]				
アプリケーション企画								
	要件定義	[当初]	[実績]					
	APIデザイン	[当初]	[実績]					
	VC & Blockchain	[当初]	[実績]					
	UIUX検討			[実績]				
開発環境の構築								
	IoTセンサの選択・購入・設置		[当初]		[実績]			
	ネットワーク構築		[当初]			[実績]		
	Dockerネットワーク			[実績]				
アプリケーション開発								
	プログラミング			[実績]				
	APIテスト			[実績]				
	クライアントアプリのテスト			[実績]	[実績]			
	UXに係るユーザーテスト				[実績]	[実績]		
アプリケーションデモ動画の制作								
	動画シナリオの作成					[当初]	[実績]	
	撮影 (キャプチャ)					[当初]	[実績]	
成果報告書の作成								
							[実績]	[当初]

図 2.4.1 実証全体スケジュール

3 実証内容

3.1 実証の実施事項、論点及び判断

今回の実証においては、炭素を排出する企業（炭素排出関連元データ生成・提供団体）の製造ラインなど実際に炭素を排出する部分に直接 IoT センサーを設置し 1 次データを収集して署名検証を行い、1 次データとして使用可能なデータを改竄不可な状態で蓄積するとともに、当該データをもとに計算した炭素排出量を活用したい企業（情報利用団体）に対してリレーションシップクレデンシャルを締結済みであれば、炭素を排出する企業の担当者の許可のもと、炭素排出量を信用可能な状態で相互利用できるようにすることをゴールとした実証を行った。

3.1.1 プロトタイプ of 企画・開発

(1) 要件定義

本プロトタイプ of 開発においては、以下の要件が必要であると判断した。

- ① 自動でデータを取得し、企業間を跨ぐ場合でも公正・正確・安全・簡易に炭素排出量情報を共有することができる
- ② 改ざん・恣意性が入る虞がない状態でサプライチェーン全体での公正な炭素排出量を把握することができる
- ③ DID を付与した企業の機密情報及び個人情報を保護した状態で排出量を把握することができる
- ④ スマホを用いて各従業員の行動履歴を記録し、本人の同意を元に、匿名性を保ったデータの活用をすることができる
- ⑤ WoolletCore からの QR コードによる SSID の発行、ローカルストレージでの ID とデータの管理を行うことができる
- ⑥ 企業&メーカー（または他のデータ所有者）は、プラットフォームに参加するために登録できる。また、別の事業体とのサプライチェーン関係を登録することができる。また、ターゲット企業の同意を得て、関係を変更または取り消すことができる。
- ⑦ 各種クレデンシャルは、対応するウォレットアプリケーションに格納される。炭素排出量データは、各事業者のローカルストレージと IPFS に保存される。
- ⑧ UI は、特定のデータ・アクセス要求について、オペレータが関連クレデンシャルで認可されていることを要求。データ所有者が要求者にアクセスクレデンシャルを付与する。データ所有者は、要求者の身元と能力を確認するために、一時的な利用を許可することができる。WEB だけでなく、Bluetooth の暗号化を利用した合意形成を実施する。
- ⑨ データ所有者は、リクエストされた炭素データの流れを追跡することができる。データ所有者は、依頼されたデータの履歴を残すことができる。

(2) 基本設計

要件定義にて抽出した要件に対し、以下のように基本設計を実施した。

- ① 自動でデータを取得し、企業間を跨ぐ場合でも公正・正確・安全・簡易に炭素排出量情報を共有することができる

分散型 ID (DID:Decentralized Identifiers/VC:Verifiable Credentials)、ブロックチェーン、ZKP (ゼロ知識証明) と秘密計算を利用することで、自動でデータを取得し、企業間を跨ぐ場合でも公正・正確・安全・簡易に炭素排出量情報を共有できるようにした。

- ② 改ざん・恣意性が入る虞がない状態でサプライチェーン全体での公正な炭素排出量を把握することができる

IoT 機器等から取得したデータを分散型 ID とブロックチェーンによって検証し、組織・個人に分散型 ID を付与することでデータの流れを正確に認識する。VC により、データの取得元の組織が無くなっても検証可能となるようにした。また、ブロックチェーンによりデータの履歴を記録することで改ざんを防止し検証可能となるようにした。

- ③ DID を付与した企業の機密情報及び個人情報保護した状態で排出量を把握することができる

DID に紐づく秘密鍵で署名したデータを DID Document 上の公開鍵で検証することで DID の「持ち主」が発行したデータであることを検証でき、また、DID 単位でユーザー同意をもとにデータ活用が可能のため、個人情報保護法や GDPR などに準拠可能となるようにした。

さらに、分散型 ID と ZKP と秘密計算を組み合わせることで、個人のプライバシー情報、組織の機密情報を保護したまま、改ざんの虞なく正確に記録・計算・可視化できるようにした。暗号化したままデータ活用するため、複数組織・企業を跨ぐ場合にもデータのセキュアな取り扱いが可能となった。

- ④ スマホを用いて各従業員の行動履歴を記録し、本人の同意を元に、匿名性を保ったデータの活用をすることができる

前提としてユーザーデバイスにデータが入っており、データの共有、管理の際にユーザー自身による判断に基づく承認によりデータの移行・共有等が行われていることからユーザー同意をもとにデータ活用が可能のため、個人情報保護法や GDPR などに準拠可能だと考えられ、ユーザー自身の同意行動を元にデータ活用が行われることから、出張や日々の活動履歴の収集、活用を通しかつ、従業員の貢献を可視化して評価に組み込むことが可能になる。

- ⑤ WoolletCore からの QR コードによる SSID の発行、ローカルストレージでの ID とデータの管理を行うことができる

DID を所有し、かつリレーションシップクレデンシャルに登録されたのみがデータ管理できるようにした。

- ⑥ 企業&メーカー（または他のデータ所有者）は、プラットフォームに参加するために登録できる。また、別の事業体とのサプライチェーン関係を登録することができる。また、ターゲット企業の同意を得て、関係を変更または取り消すことができる。

プラットフォーム UI において、新規会員が組織、サプライチェーンリレーションシップ、追加クレデンシャルの登録ができるようにした。

- ⑦ 各種クレデンシャルは、対応するウォレットアプリケーションに格納される。炭素排出量データは、各事業者のローカルストレージと IPFS に保存される。

各事業者が自身でデータ管理を行えるようにし、また情報の消失耐性を持たせた。

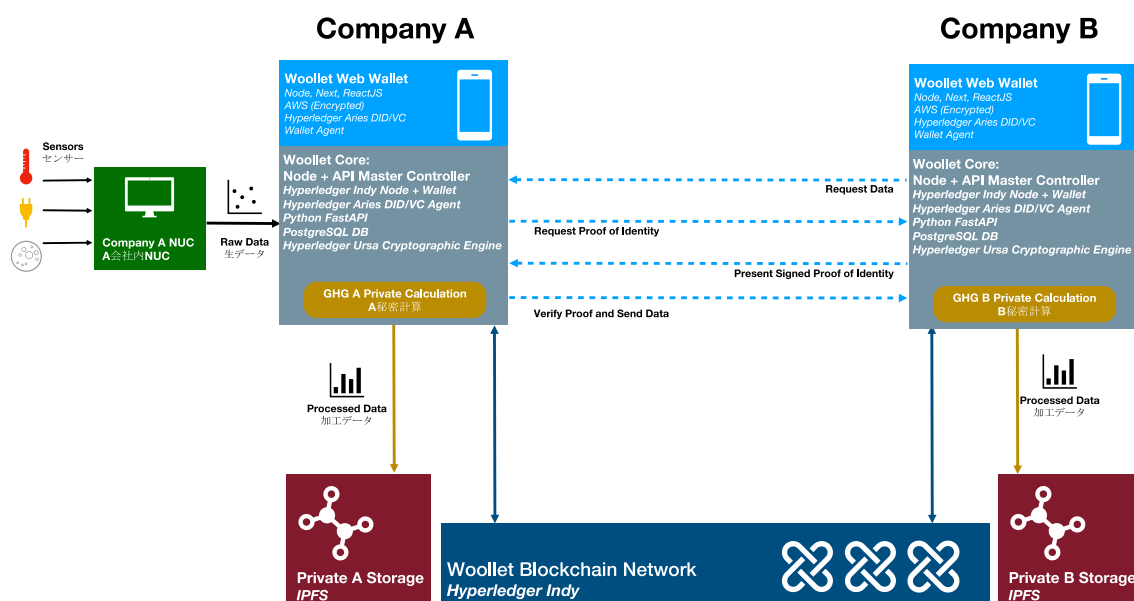
- ⑧ UI は、特定のデータ・アクセス要求について、オペレータが関連クレデンシャルで認可されていることを要求。データ所有者が要求者にアクセスクレデンシャルを付与する。データ所有者は、要求者の身元と能力を確認するために、一時的な利用を許可することができる。WEB だけでなく、Bluetooth の暗号化を利用した合意形成を実施する。

今回の実証においては QR コードのみで関連クレデンシャルの紐付けを行うこととした。

- ⑨ データ所有者は、リクエストされた炭素データの流れを追跡することができる。データ所有者は、依頼されたデータの履歴を残すことができる。

全ての記録を IPFS 上に保管し、振り返れるように実装した。また、プラットフォーム内部で全て完結するため、許可の取り消しも行うことができることとした。

(3) システム開発



IoT センサーからデータを受け取るノードには NUC¹を使用し、AWS 上に WoolletCORE をセットアップする。諸元については図中に記入した。IPFS にはノードから WoolletCORE からデータが送信され、そのデータのハッシュがウォレット上に記載される。また、Woollet Blockchain Network には各ウォレットに付与された DID ドキュメントが記録される。秘密計算は TEE によって実装されるが、詳細は後述する。

開発を進める中で、必要となる機能及び非機能（性能や可用性など）に関する制約事項、当初段階から比べて変更すべき事項について抽出した。論点となったのは、以下の 2 点。

A：データの非改竄証明について、IPFS を用いればパブリックブロックチェーンを使う必要性はないのではないか。

B：秘密計算の方式について、準同型暗号方式よりも、TEE（Trusted Execution Environment）方式の方が今回のユースケースに合っているのではないか。

A については、ユーザウォレット内のデータハッシュをパブリックチェーンに書き込むか、IPFS にデータを書き込み、IPFS のデータハッシュをユーザウォレットに入れる、両方を行うなどの選択肢があるが、IPFS に分散保管するだけで改竄体制は十分あるという結論になった。また、パブリックチェーンはトランザクションフィーをどこが負担するかという問題があるが、通常はシステムを使用しているデータ生成企業が負担すべきであろうが、データ生成企業として想定される規模の企業には上場企業が多いたることが容易に想像され、本実証においては会計上で処理できないなどの無視できないデメリットがあることもヒアリングの結果わかったことも大きな要因である。

B については、当初の設計においてはデータをセキュアに計算するために準同型暗号を活用した秘密計算を想定していたが、計算に時間を要してレスポンスが悪いこと、そして炭素排出量を計算する計算式（GHG プロトコルなど）を用いるが、将来的には炭素排出量だけでなく、種々の温室効果ガスを計算することがあることが想定されるので、式を変更する際に TEE を用いた秘密計算の方が手軽であること、式の内容を証明するという視点からも秘密計算より TEE の方が適しているという結論に至った。

（４） 機能の動作設計と各要件の関係性

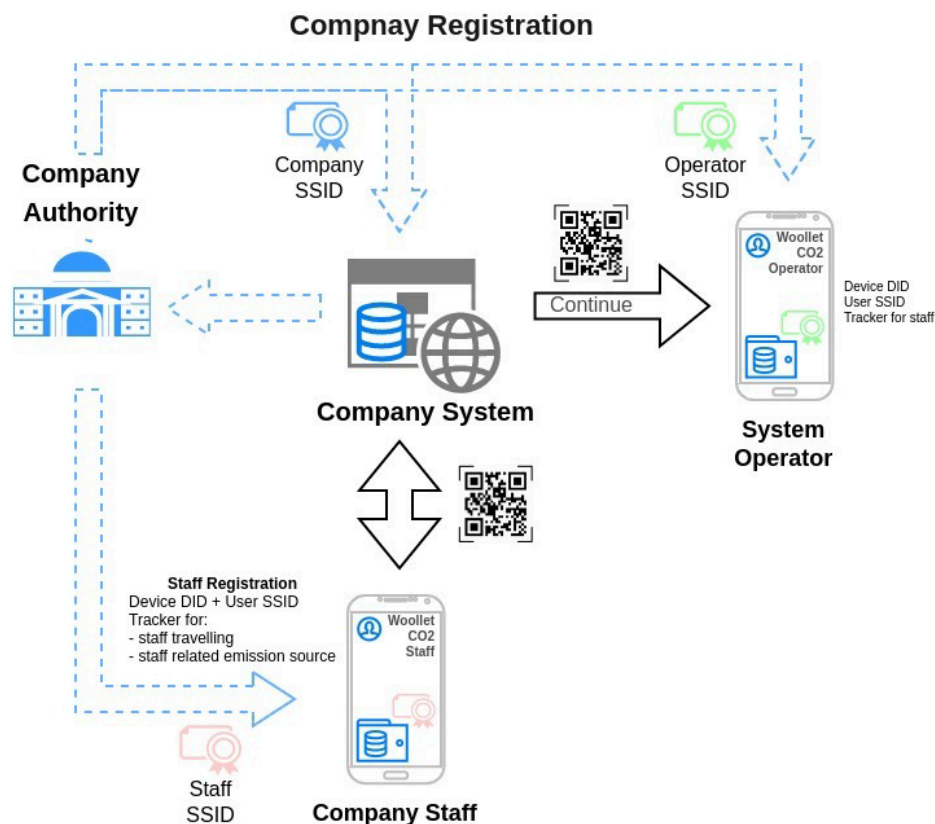
前提としている TrustedWeb の 4 要件²を下記に示す。

- 要件 1 ユーザ（自然人又は法人）自身が自らに関連するデータをコントロールできる
- 要件 2 検証(verify)できる領域を拡大することにより、Trust の向上を図ることができる
- 要件 3 データのやり取りにおける合意形成の仕組みがある
- 要件 4 合意の履行のトレースができる

¹ Intel® NUC Mini PCs

² https://www.kantei.go.jp/jp/singi/digitalmarket/trusted_web/index.html

1. 会社登録

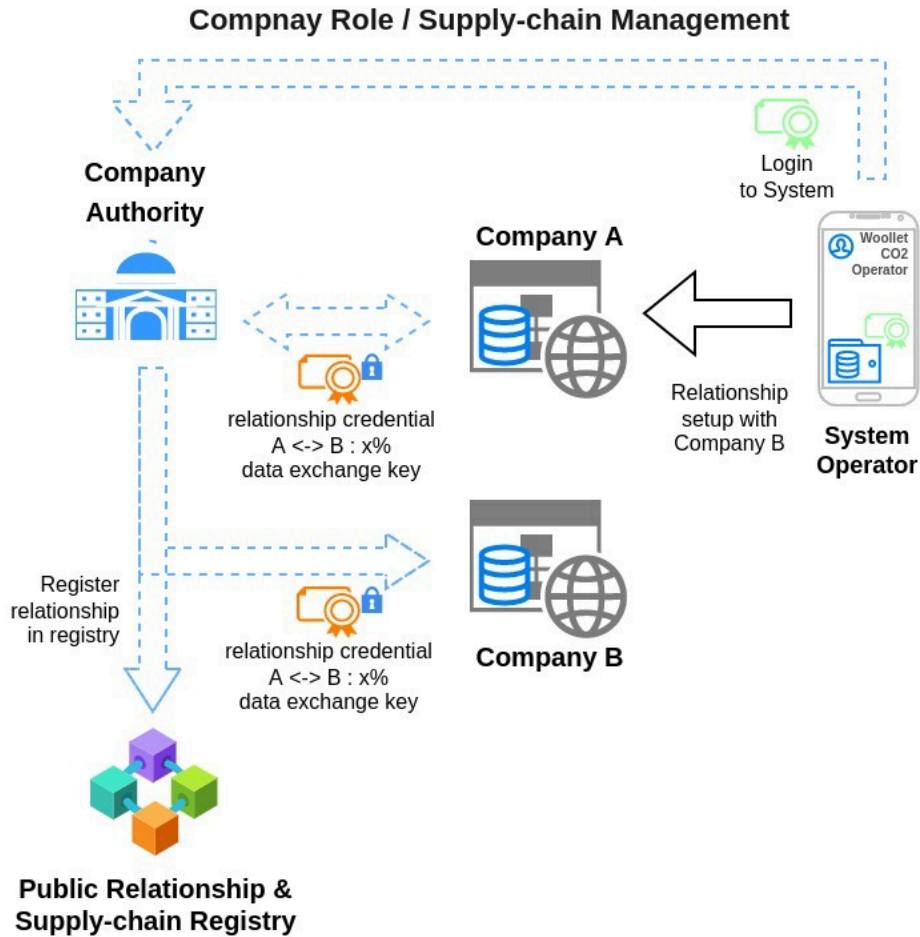


製造ラインなどの設置場所の IoT センサーからの情報を記録するノードや従業員のスマホに入っている Woollet アプリに DID が割り当てられる。DID に紐づいたデータがノードのローカルストレージまたは Woollet アプリに蓄積される。企業やメーカーは炭素排出量トレースシステムに参加し、ID 文書として SSID を付与される。すべての認証情報は、各々の事業体のローカルウォレット（ノード・Woollet アプリ）に保存される。すべての排出データは、ローカルストレージまたは IPFS に保存される。

【対応している Trusted Web の要件】

実証する機能	対応要件	実際の実装詳細
プラットフォーム発行 DID、SSID & サプライチェーンクレデンシャルメンバー	要件 1	QR コードによる SSID の発行、会員ユーザーのモバイルセキュアストレージでの ID とデータの管理を行う。
サプライチェーン上の拠点毎のデータをローカル・ストレージ・デバイスに保存	要件 1 要件 3	各種クレデンシャルは、対応するウォレットアプリケーションに格納される。 炭素排出量データは、各事業者のローカルストレージに保存される。

2. 会社間関係登録 (サプライチェーンクレデンシャル/リレーションシップクレデンシャル)



サプライチェーン上の企業や拠点の関係は、トレーシステムによって登録されたサプライチェーンクレデンシャルに記録され、WoolletCORE によって登録され、各関連するビジネス団体にサプライチェーンクレデンシャルが発行される。

各企業は、サプライチェーンの各プロセスにおいて、自社から見ての上流・下流だけでなく他社から見た場合の上流下流など複数の役割を持つことができ、すべての関係やデータ収集の許可は、彼らが保持しているサプライチェーンクレデンシャルの種類と内容に依存する。

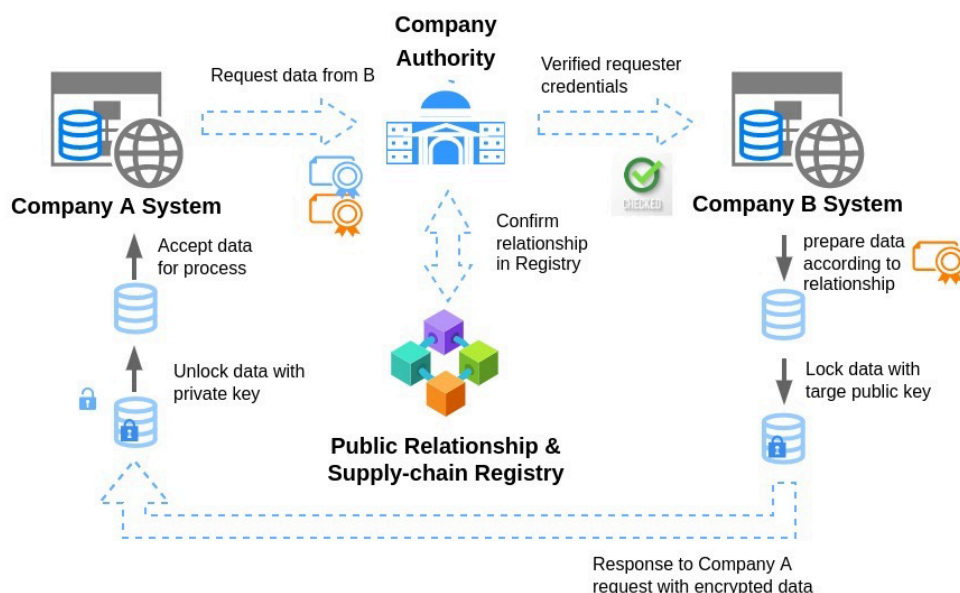
【対応している Trusted Web の要件】

実証する機能	対応要件	実際の実装詳細
--------	------	---------

<p>プラットフォーム UI において、新規会員が組織、サプライチェーンリレーションシップ、追加クレデンシャルの登録をする。</p>	<p>要件 2 要件 3</p>	<p>企業&メーカー（または他のデータ所有者）は、プラットフォームに参加するための登録をできる。 また、別の事業体とのサプライチェーン関係を登録することができる。 また、ターゲット企業の同意を得て、関係を変更または取り消すことができる。</p>
--	----------------------	--

3. 会社間のデータ共有

CO2 Data Submission (upstream or parent company)



異なる会社間のデータ交換は、リレーションシップ・クレデンシャルに記録されたデータの種類と範囲によって制限される。

企業が工場に排出量データを要求する場合の操作を下記に示す。

1. 企業は、サプライチェーン関係の証明として、サプライチェーンクレデンシャルを工場に提示する。
2. 関係が検証されると、企業は、特定のデータタイプのためにクレデンシャル提示の要求を送る。
 - 工場は関連データを抽出し、TEE（詳しくは 4. Woollet TEE で説明）に再パッケージ化する。
 - 工場は、ターゲット企業の公開鍵でデータを暗号化する。
 - 工場は企業のクレデンシャル提示要求に応答し、暗号化されたデータの自己認証属性をクレデンシャルに含める。

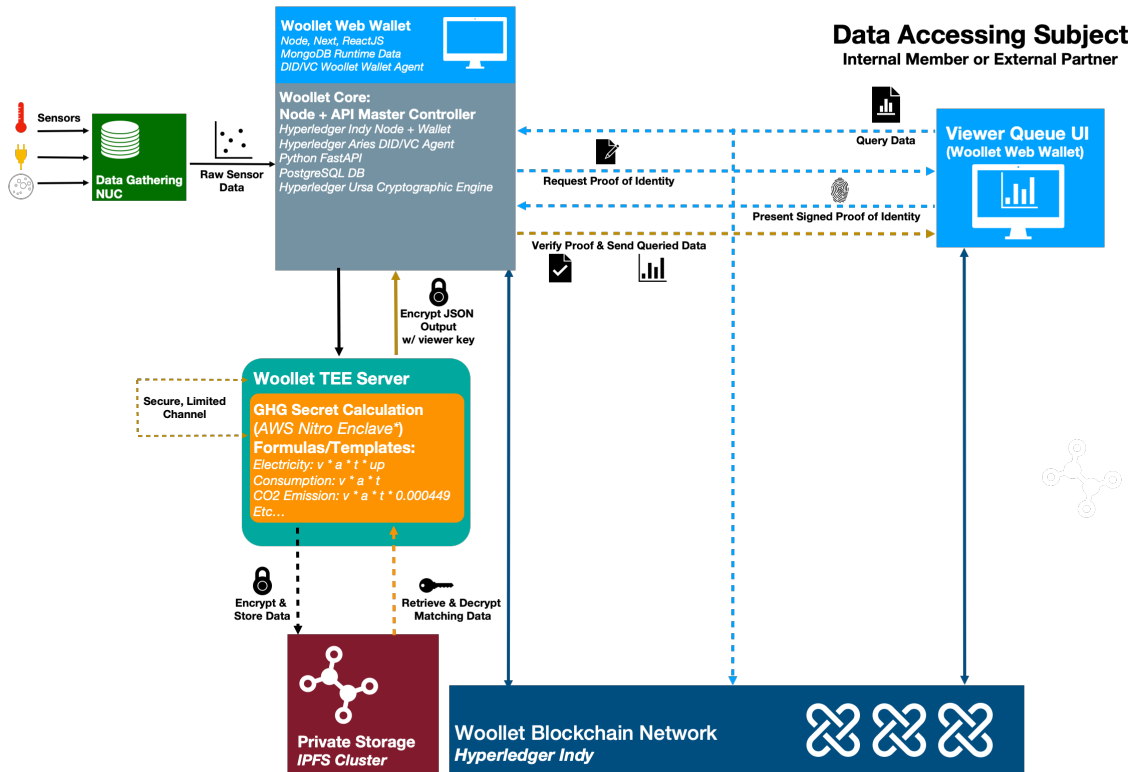
- 企業はデータを受け取ると、返されたクレデンシャルを企業の署名とクレデンシャルで検証し、データが信頼できるソースから来たことを確認する。
- 企業は、自らの秘密鍵でデータを抽出し、処理する。

【対応している Trusted Web の要件】

実証する機能	対応要件	実際の実装詳細
すべての炭素排出量データ共有活動	要件 2 要件 3	UI は、特定のデータ・アクセス要求について、オペレータが関連クレデンシャルで認可されていることを要求。 データ所有者が要求者にアクセスクレデンシャルを付与。 データ所有者は、要求者の身元と能力を確認するために、一時的な利用を許可することができる。WEB だけでなく、Bluetooth の暗号化を利用した合意形成を実施します。
データ所有者が炭素データの共有履歴を追跡するための管理 UI	要件 4	データ所有者は、リクエストされた炭素データの流れを追跡することができる。 データ所有者は、依頼されたデータの履歴を残すことができます。

4. Woollet TEE

Company Wallet & Node



*AWS Nitro is a **completely isolated** environment
<https://docs.aws.amazon.com/enclaves/latest/user/nitro-enclave.html>
 Implementation will have **only direct access to User agent, IPFS Cluster**

- Trusted Execution Environment (TEE) を用いた秘密計算について
 - Woollet TEE は現在、AWS Nitro Enclave³を使用して構築しており、ホストサーバーに対して完全に隔離された環境である。Woollet Administration & Partner controller は、TEE に対する管理制御を行わない。
 - 諸元詳細
 - Base: Debian based Linux
 - Services:
 - Aries Static Agent
(minimal agent to perform only verification & DIDComm)
 - Data handling application
 - Direct & only connection to:
 - Woollet user agent

³ <https://docs.aws.amazon.com/enclaves/latest/user/nitro-enclave.html>

- Woollet or Client Private IPFS Cluster
- 認証対象
 - AWS Enclave の Cryptographic 認証
 - DIDComm セキュアリクエストリクエスト
 - エージェント DID を証明
 - オペレータの SSID の証明
- メインプロセッサ
 - 1. Woollet のプライベート IPFS に直接アクセスする。
 - 2. IPFS から生データをアンロックする
 - 3. あらかじめ定義された Formula を実行し、出力データを生成する。
 - 4. データ要求者の公開鍵で出力データをロックする。
 - 5. Viewer Queue のリクエストに応答する。

Woollet は、システム全体が安定した後、ある時点で TEE ソースをオープンソース化する予定である。

(5) ユーザーテスト

松本市のデータセンターにて、2023年2月14日よりデータの取得を開始した。IoTセンサーからのデータは1分ごとに NUC に送信され、NUC から WoolletCORE にデータが転送される。

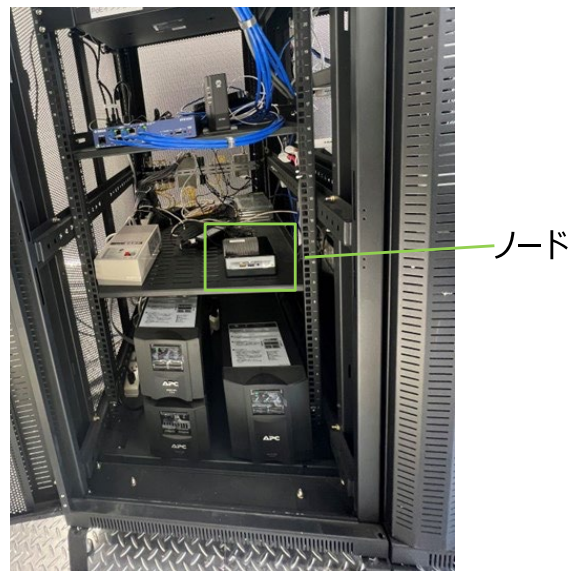


図 3.4.1 実証環境に設置したノード

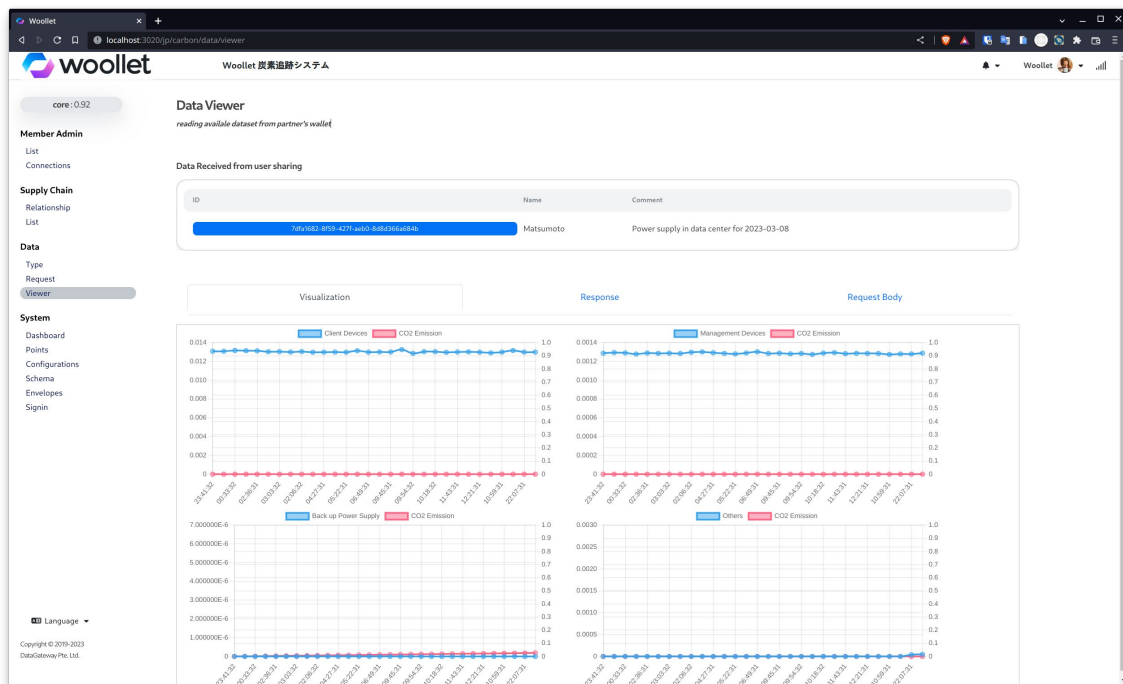


図 3.4.2 実際に測定したデータと計算して算出した CO2 排出量のビューワーの例

図 3.4.2 に示すように、松本データセンターで測定された電力使用量から前述した TEE を用いて炭素排出量を計算し、可視化した。

3.1.2 ヒアリングの実施

(1) ヒアリング概要

- 2月下旬 HITOWA ホールディングスへデータ連携におけるデータ種別と在り方についてヒアリング
- 3月上旬 松本データセンターへデータ公開の際のリスクリワードについてヒアリング

(2) ヒアリング結果

- 現在部署間やグループ間での情報連携を行っているか。
 - 現状では支社同士でのデータ連携は行っていないと本社で一括して管理、分析を行っている。(HITOWA)
 - グループ内でのデータ共有は前提として考えているが具体的には行われていない。(HITOWA)
 - データ連携をした際のメリットが分からない。(HITOWA)
- データ連携を行う際に障害になっている点はあるか
 - リスクは感じるがメリットを感じない (HITOWA、松本 DC)
 - 自社の活動を知られてしまう事にリスクを感じる。なんのために、なんでって思いがある (HITOWA)
 - 国などが相手の場合は別だが一企業、個人が相手となると怖さを感じる。(HITOWA)
 - 情報連携をしない事による罰則やデメリットがない (松本 DC)
 - 情報を出した際に意図しない分析をされたり、誤解を生んでしまう可能性があるためリスクを感じる、その情報が独り歩きしてしまうことによって想定しない不利益を被る可能性がある。(HITOWA)
 - 単純に恐怖を感じる (HITOWA)
- どのような形でなら社外との情報連携が可能か
 - 相手方の信用調査をした上で契約を結んだ場合可能 (HITOWA)
 - 相手方によって変わるが、ある程度マスキングした上でなら可能 (松本 DC)
 - 罰則やデメリットがあるなら検討するが率先して行おうとは感じない (HITOWA)
 - 誰が何のために使用するか把握した上で個別判断 (松本 DC)
- 情報連携をする際にメリットとして何を求めるか
 - 減税や金銭的なインセンティブ (HITOWA)
 - 社会貢献だけでは難しいが直接的なインセンティブがあれば検討 (HITOWA)
 - 他社に先駆けてやる事でメリットがあるなら検討 (松本 DC)
-
- 今回の実証を通じての検討事項

- カーボントレーシングとして考えた時に、会社が上がってくる情報は会計情報としての数字と品目になっており、詳細の把握は困難になっている。（HITOWA）
- 発注時点では詳細なデータがあるはずなのでそれらとも連携、自動化が出来ると便利。（HITOWA）
- どこまで VC/DID を付与すべきかの最適解に対する一定の基準を作る必要性がある。（DataGateway）

3.1.3 国際標準規格の調査

関連する国際標準規格を策定する機関として、環境省（日本）、Pathfinder Framework、End-to-End Guidance を対象に調査を実施した。

調査事項	調査対象機関	調査結果
温室効果ガス排出量算出において使用されることが多い GHG プロトコルの日本国内における計算係数など	環境省（日本）	<p>GHG に基づいた CO2 排出量の計算については、今回の実証実験において電力センサーがメインのため、まずはそれによって排出される CO2 をなるべくシンプルに計算する方向性で調査を行った。</p> <p>【環境省温室効果ガス計算式】 排出温室効果ガス = 他人から供給された電気の使用電気使用量 × 単位使用量当たりの排出量 （出所： https://ghg-santeikohyo.env.go.jp/calc）</p> <p>※松本データセンターは長野県に位置する中部電力所管のため、単位使用量当たりの排出量(基礎排出係数)は 0.000449(t-CO2/kWh)</p>
温室効果ガス排出量算出において既存の GHG プロトコルより詳細な計測手法を探索しているコンソーシアム及び組織について	Pathfinder Framework	<p>WBCSD[※] が主導している Partnership for Carbon Transparency (PACT) は Scope3 において製品の製造過程で排出される温室効果ガス排出量をより詳細に算出するために、民間企業、組織と協力し Pathfinder Framework を作成している。</p> <p>（出所： https://www.wbcsd.org/Programs/Climate-and-Energy/Climate/SOS-1.5/News/Pathfinder-Framework-Version-2.0）</p> <p>※ World Business Council for Sustainable Development</p>
	End-to-End Guidance	<p>Smart Freight Centre と WBCSD 物流部門の温室効果ガス排出量計算の透明化のためにコンソーシアムを立ち上げ、2023 年 1 月 18 日に End-to-End Guidance を開</p>

		<p>発し発表した。このガイダンスはサプライヤーから消費者までの物流における温室効果ガス排出量を一時データの計算を重点において定量化することを目的としている。</p> <p>(出所 : https://www.smartfreightcentre.org/en/supplier-to-customer-end-to-end-ghg-reporting-guidance-1/)</p>
--	--	---

3.2 検証できる領域を拡大する仕組み

3.2.1 データフロー

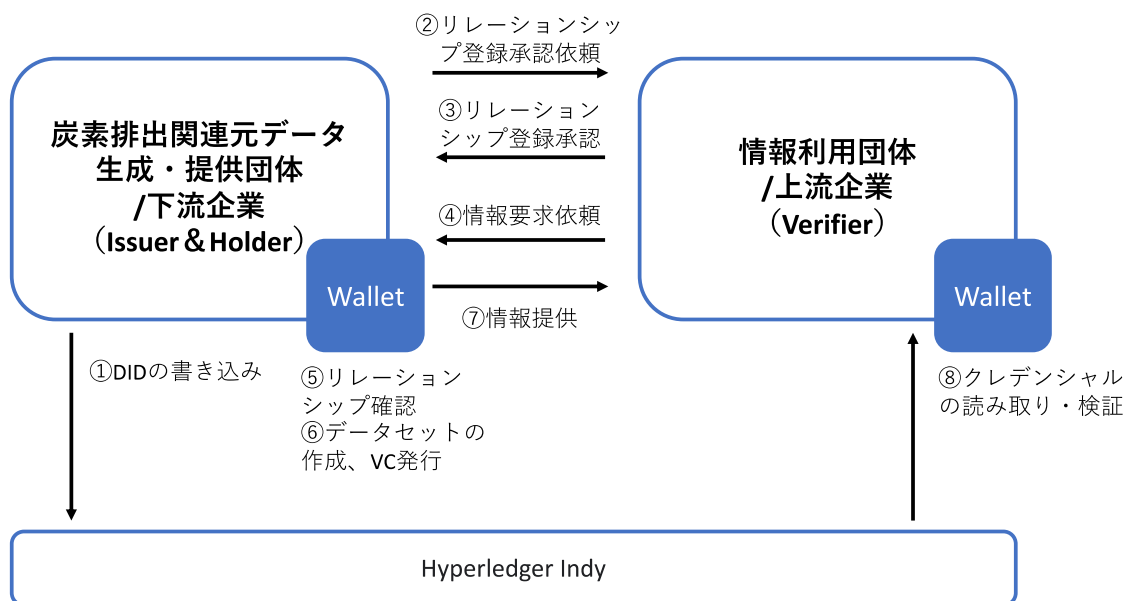


図 3.2.1 データフロー図

本システムでは、下流企業が Issuer 兼 Holder となり、データ VC を管理する。下流企業/上流企業は情報連携許可（リレーションシップクレデンシャル）を登録・発行し、各社が保存する。情報共有時には情報要求者の炭素排出関連データ要求を行うクレデンシャル要件を確認した上で開示することにより、情報漏洩対策と選択的情報開示、トランザクションのトレーシングによる適正利用の担保を行う。開示を行う情報の範囲についてはリレーションシップ登録時に双方が主体的に選択することが可能である。

3.2.2 データフローに登場する主体とその概要

1. 炭素排出関連元データ生成・提供団体=下流企業(Issuer かつ Holder)

データの所有権を持ち、Walletを通じて自社の炭素排出量に係る元データ（電力消費量等）を収集する。リレーションシップ登録時に共有可能な情報範囲を選択しリレーションシップクレデンシャルとして登録する。情報共有時には、リレーションシップクレデンシャルを確認した後、data envelope（炭素排出量のデータセットを格納した VC）を提供する。

2. 情報利用団体 = 上流企業（Verifier）

下流企業から情報を受け取り、炭素排出量を合算計算する。下流企業がリレーションシップ登録をする際に承認を行い、同様のリレーションシップクレデンシャルを発行・下流企業に送付することで、同じリレーションシップクレデンシャルを保有する。

情報要求時には、data envelope を受け取り、クレデンシャルの読み取り、検証を行うことで情報の正確性を担保する。

3.2.3 検証できる領域を拡大し、Trust を向上するために本システムで検証を行うデータ及びデータのやり取りの内容

以下に示す 4 点が、本実証における要検証の課題であった。詳細をそれぞれ以下に示す。

要検証の課題① 測定データの無改竄証明

- 検証対象
IoT デバイスからの測定データ
- 検証方法
IPFS に測定データのハッシュを記録。センサーから入力されたデータが正しいことをハードウェア的に検証する場合も実証として用意する。
- 検証者
データ生成企業、情報利用企業
- 保有者
データ生成企業
- 発行者
データ生成企業
- データの置き場
データ生成企業のローカルウォレット、IPFS
- アクセスコントロールの手法
リレーションシップクレデンシャルと、QR コードによる認証機能を利用して関係者のみがアクセスできるように制御
- 成果・留意点
企業間のデータ連携について実証できた。センサー自体のデータ改竄についてはデータサイエンス的観点しか現時点は備えておらず、ハードウェア的なタンパー耐性については今後の検証課題となっている。

要検証の課題② プラットフォームにおいて新規リレーションシップクレデンシャルの登録するときのなりすまし

- 検証対象
新規リレーションシップクレデンシャル登録者が登録すべき人物か、かつ法人が実在するかの検証
- 検証方法
G ビズ ID の利用、VC の署名検証
- 検証者
政府、データ生成企業、情報利用団体
- 保有者

新規リレーションシップ申請企業

- 発行者
リレーションシップ承認企業
- データの置き場
各企業のローカルウォレット
- アクセスコントロールの手法
リレーションシップクレデンシャルと、QRコードによる認証機能を利用して関係者のみがアクセスできるように制御
- 成果・留意点
G ビズ ID は民間解放がされていないためテストできなかった。正しい人物が登録しているかの検証は人力に頼る部分が排除できておらず、KYC のデータベースとの接続を行うことを目指す。

要検証の課題③ アクセスするユーザの確認

- 検証対象
アクセスするユーザの本人確認として生体認証
- 検証方法
VC の署名検証、スマートフォンや PC、カードでの生体認証
- 検証者
ユーザ本人、認証企業
- 保有者
ユーザ本人
- 発行者
ユーザ本人、認証企業
- データの置き場
ローカルウォレット
- アクセスコントロールの手法
スマートフォン本体の生体認証や、顔認証情報をローカルウォレットに保管して活用
- 成果・留意点
スマートフォン以外の生体認証は生体認証自体の利用コストが高い

要検証の課題④ 別の事業体とのサプライチェーン関係

- 検証対象
法人間のデータ連携
- 検証方法
VC の署名検証
- 検証者

データ生成企業、情報利用企業

- 保有者
データ生成企業
- 発行者
データ生成企業
- データの置き場
ブロックチェーン
- アクセスコントロールの手法
リレーションシップクレデンシャルと、QRコードによる認証機能を利用して関係者のみがアクセスできるように制御
- 成果・留意点
秘密計算と併用することで VC を利用する必然性が高い。

3.2.4 本システムで形成を目指す合意とその履行のトレースの内容

- 合意の主体
サプライチェーン上の上流企業、下流企業
- 合意の対象
データの共有
- 合意の条件
事前に上流企業との間で締結したリレーションシップクレデンシャルの条件及び、企業の権限保有者による承認
- トレースの対象
履行された上記の合意
- トレースの主体
データ送付元企業
- トレースの手法
ブロックチェーンに記録したレジストリにて照会
- 合意取り消しの可否・方法
取り消し可能

3.3 6 構成要素との対応

3.3.1 検証可能なデータ

(1) 検証対象

- ① IoT センサから抽出されたデータ (データ VC)
- ② 新規登録者が登録すべき人物か、かつ適切な法人なのか検証(リレーションシップクレデンシャル VC)
- ③ 法人間のデータ連携(リレーションシップクレデンシャル VC)

(2) 署名者

- ① データ生成企業
- ② 政府や業界団体
- ③ データ受け取り企業

(3) 検証者

- ① データ受け取り企業
- ② 政府や業界団体

3.3.2 アイデンティティ

(1) アイデンティティとして想定されるもの

IoT センサ、データ生成企業、従業員、データ受け取り企業

(2) アイデンティティ管理システム

DID、VC、(gBizID 等の企業 KYC は今後用いたい)

(3) アイデンティティグラフとして想定されるものは何か

サプライチェーンにおいて川上-川中企業、川中-川下企業間で可視性の違いが存在する

3.3.3 ノード

(1) Wallet の使用有無

VC 発行基盤、法人用ウォレット、個人用ウォレットは Woollet CORE ベースで実装している。

(2) 合意形成がされているか、されている場合その手段

- データ所有者とデータ利用者間の契約関係による合意形成とその記録
- ベンダーが設定した拒否リストに該当する企業である場合、ベンダーのウォレットシステムは自動的にその要求を取り下げる

(3) データのやり取りの記録場所

- VC 発行基盤 (AWS 上の WoolletCORE)
- 法人用ウォレット、個人用ウォレット (DID の持ち主のローカルストレージ)
- IPFS

3.3.4 メッセージ

(1) コネクションオリエンテッドかメッセージオリエンテッドか

メッセージオリエンテッド

- 企業 VC を発行・提示[リクエスト+レスポンス]
- ユーザ (従業員) VC を発行・提示[リクエスト+レスポンス]
- データ VC を発行・提示[リクエスト+レスポンス]
- リレーションシップ VC を発行・提示[リクエスト+レスポンス]

3.3.5 トランザクション

(1) データのやり取りの記録・検証はできるか

- 全ての[リクエスト+レスポンス]はトランザクションたり得る
- 全てのリクエストとデータ所有者からのフィードバック (トランザクションデータのみ) を保持する
 1. データ要求者の身元
 2. 依頼された条件
 3. データ所有者のフィードバック (データ所有者がフィードバックできる場合、条件が満たされていることを意味する)
- データ所有者はリクエストされた炭素データの流れを追跡することができ、依頼されたデータの履歴を残すことができる。

3.3.6 トランスポート

(1) トランスポートのプロトコル

ユーザーと管理者エージェントの間で安全なメッセージ伝達を行うために、2つの構成要素 (DIDComm、IPFS Messaging) がある。

① DIDComm

(ア) DIDComm は、私たちが使用している VC プラットフォームのプロトコルの一つであり、追加のインテグレーションが必要ない。

(イ) DIDComm の仕様は Hyperledger とともに開発され、セキュリティの面では同じ規格を共有している。Woollet のプラットフォームでは、異なるウォレット間で HTTP API 通信や DIDComm などの通信手段が必要となる。上記のポイント 1、2 の利点から、私たちは

DIDComm を使用して、コントローラ間でリクエストやフィードバックを送信することとした。

- (ウ) Hyperledger Aries システムでは、各企業の DID ノードは、自身の DID としてアイデンティティを持つ他のノードと通信することができる。これは、我々の環境におけるデータ活用の用途に適合する。
- (エ) 本実証においては W3C の定義する VC を活用しているが、Woollet での実装においては DIDComm の上に構築されている。例えば、発行者がユーザーウォレットにクレデンシャルを発行したい場合、技術的にはユーザーの代表エージェントに DIDComm メッセージを送信し、ユーザーエージェントはカンパニーエージェントに DIDComm で返信し、正式にクレデンシャル発行を承認・要求する。
- (オ) Woollet では、通常の VC コミュニケーション以外に、異なる役割のウォレット間で追加のリクエストやフィードバックがあるため、DIDComm を適格なコミュニケーション方法として活用している。

② IPFS Messaging

今回の実証で各企業のデータを保管している IPFS は各々のノードの公開鍵によって保護される。

3.4 本実証で企画・開発したシステムの概要

3.4.1 業務フロー

3.4.1.1 ユーザ登録フロー

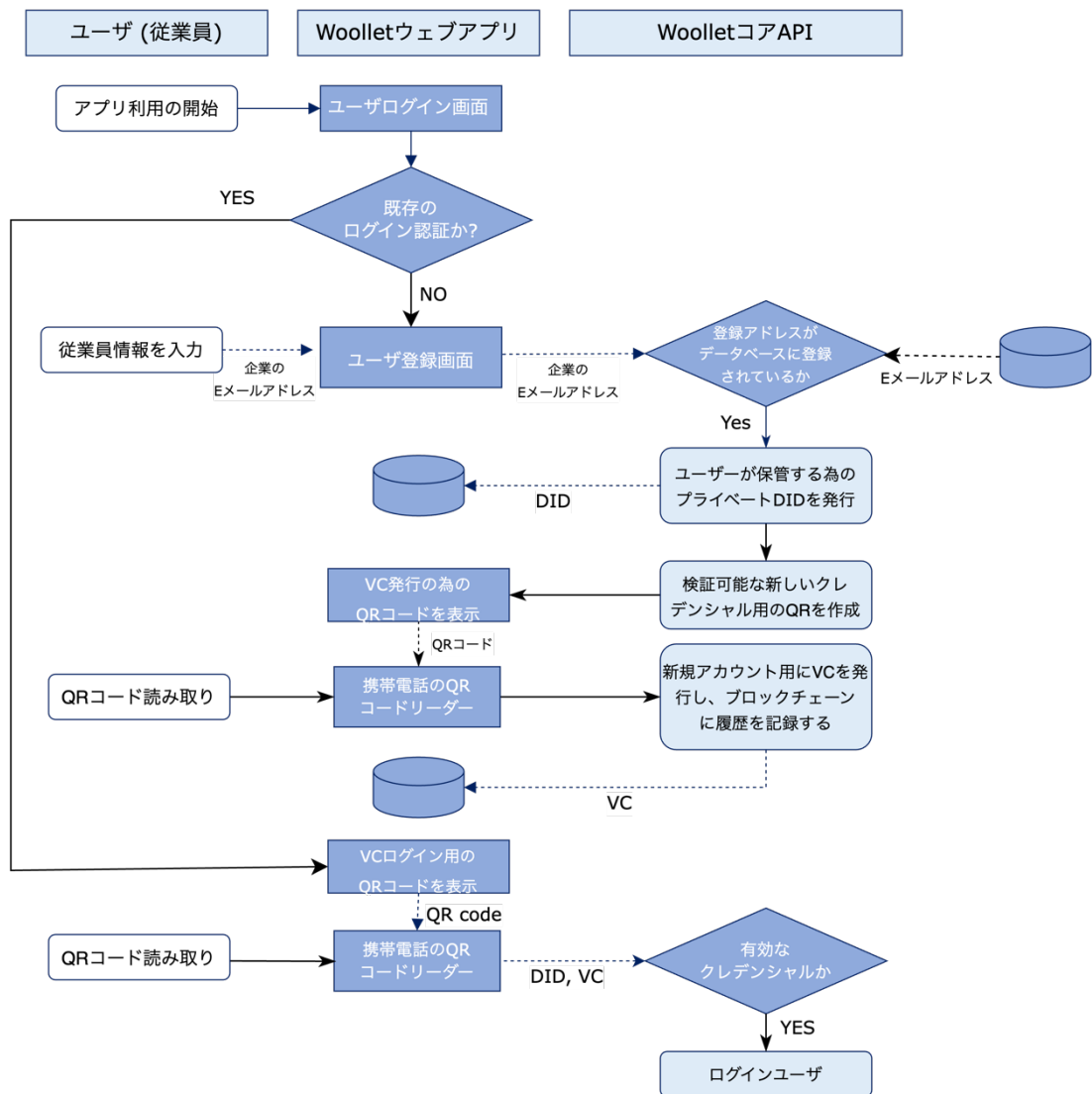
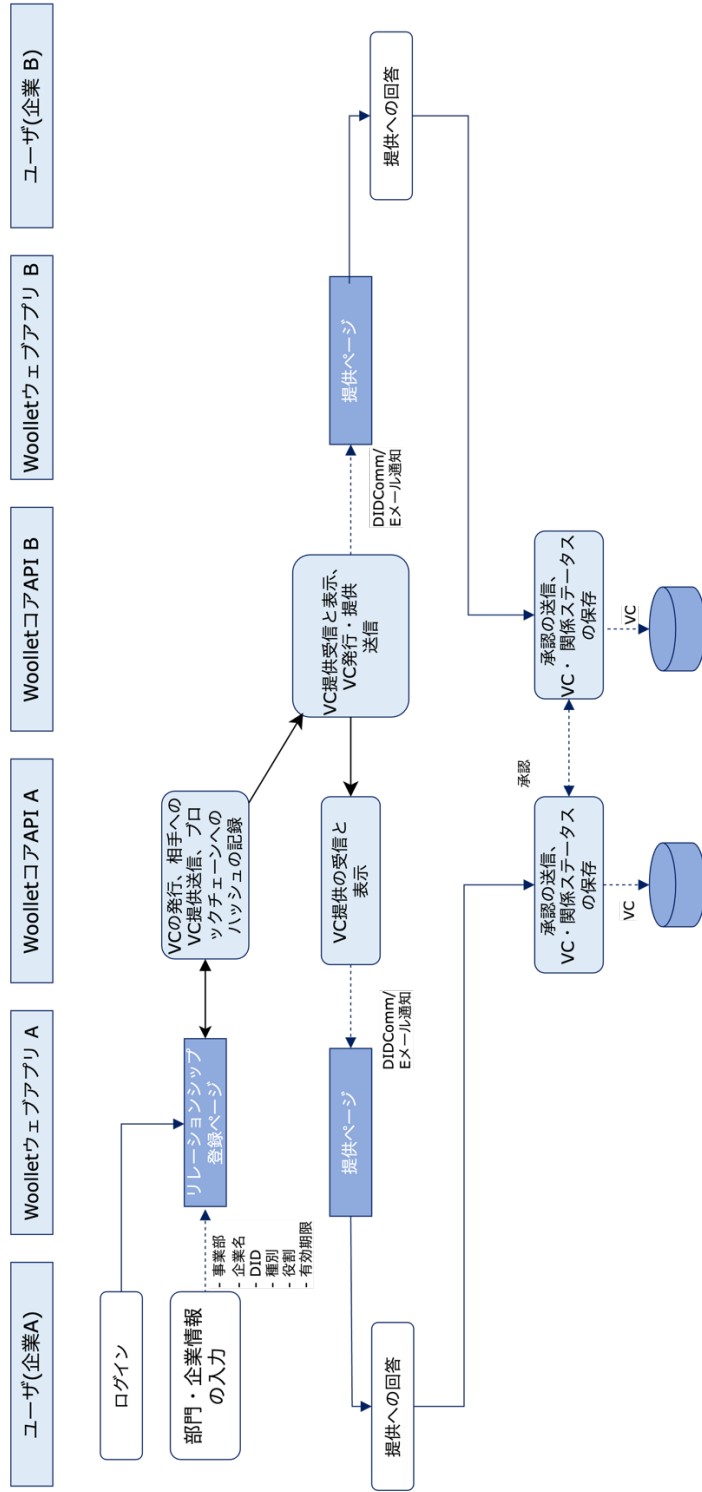


図 3.4.1.1 ユーザ登録フロー

3.4.1.2 リレーションシップ登録フロー



3.4.1.2 リレーションシップ登録フロー

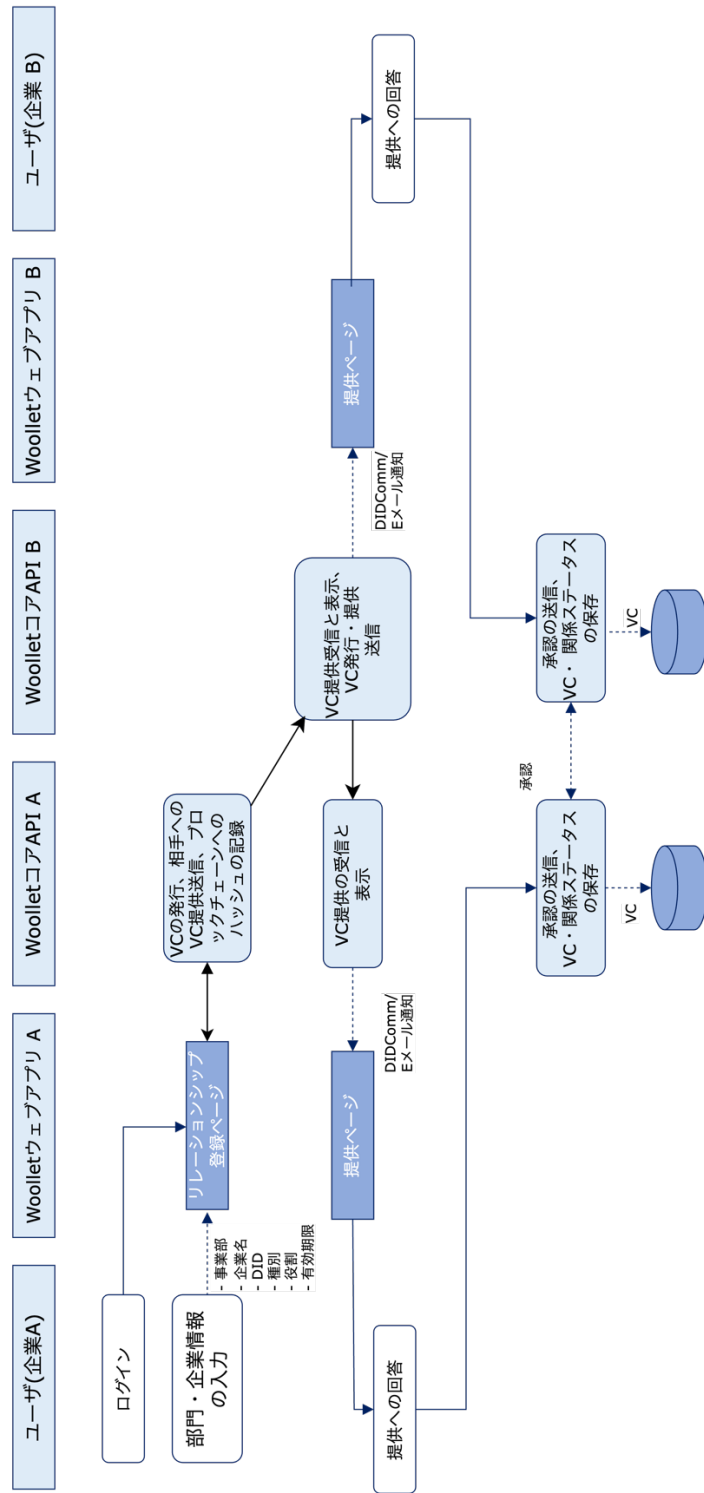


図 3.4.1.2 リレーションシップ登録フロー

3.4.1.3 リレーションシップ更新フロー

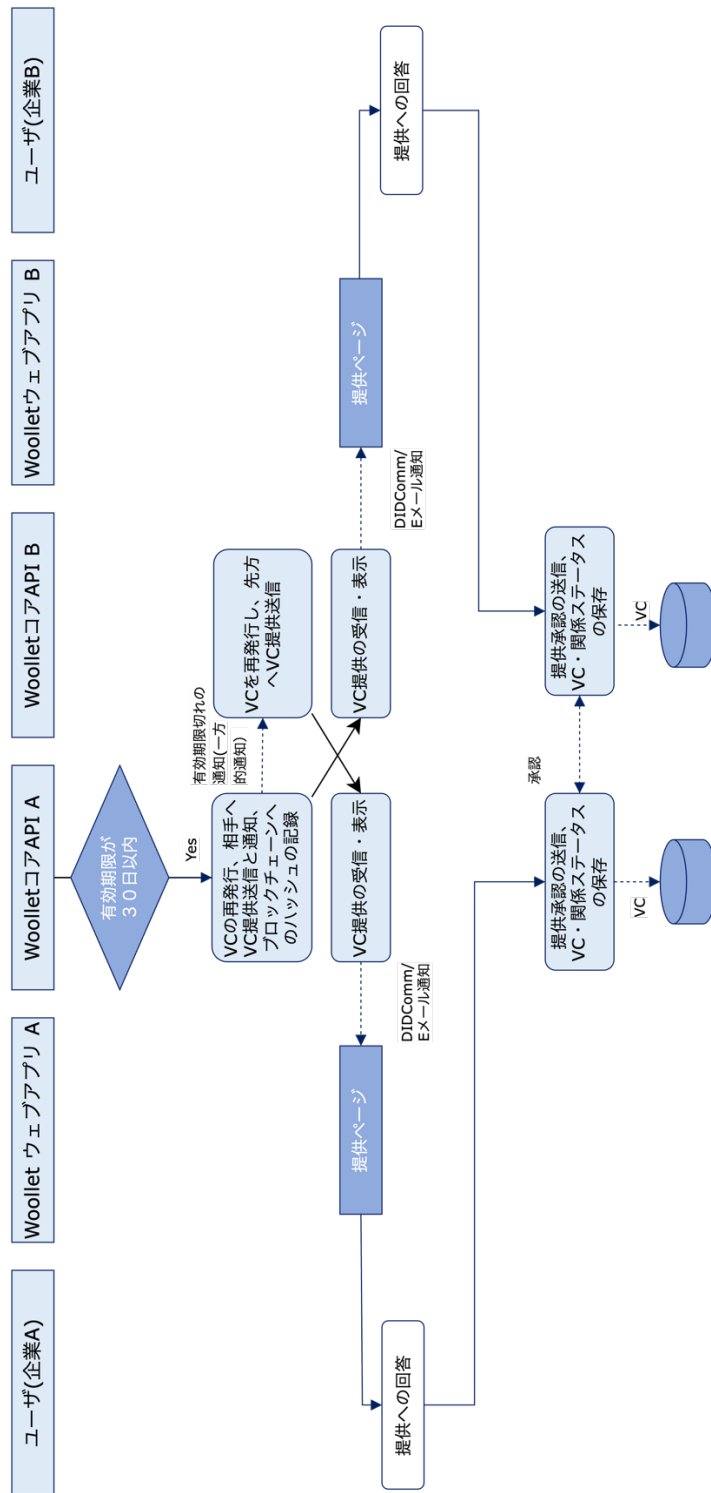


図 3.4.1.3 リレーションシップ更新フロー

3.4.1.1.4 情報共有フロー

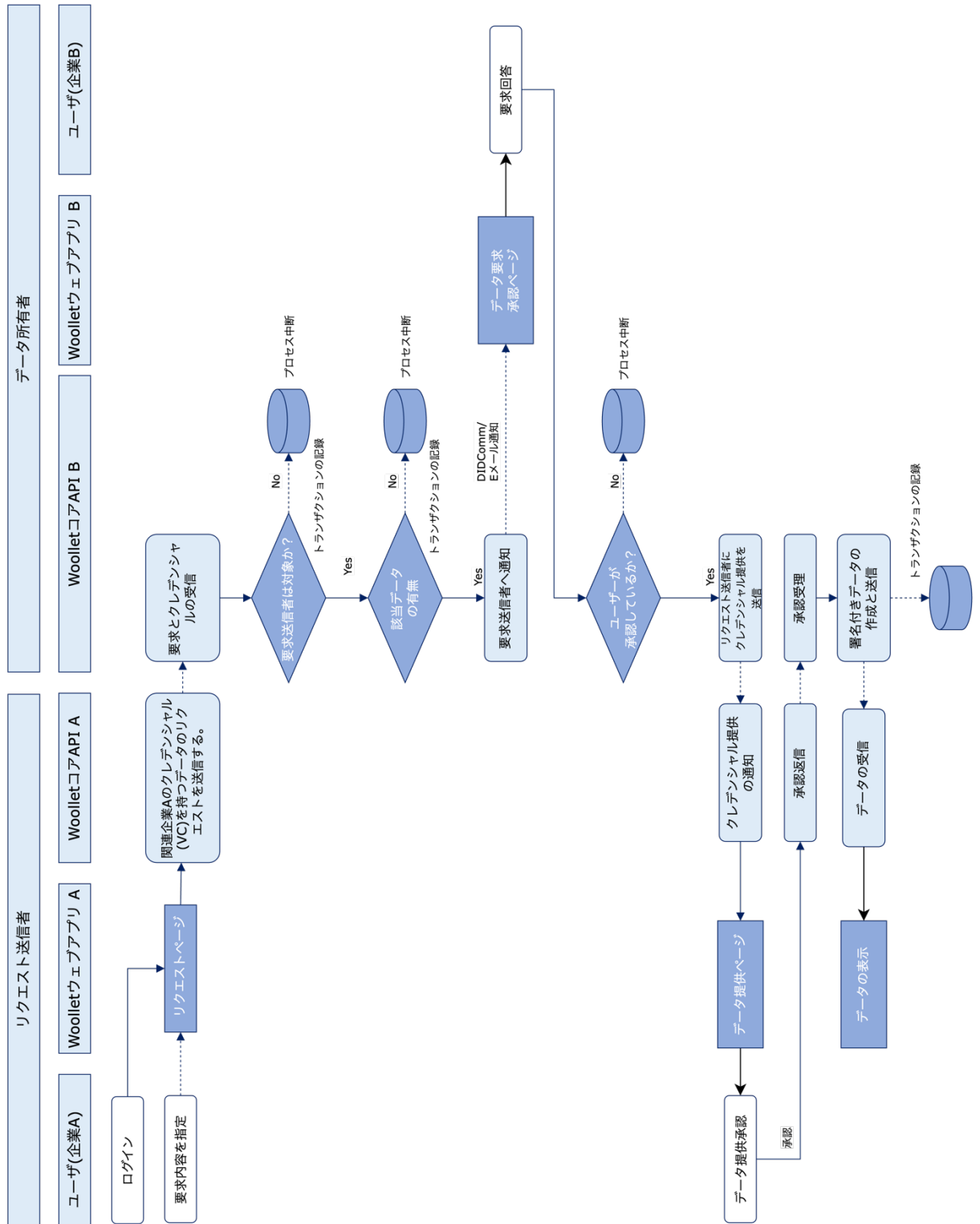


図 3.4.1.4 情報共有フロー

3.4.2 ユースケース図

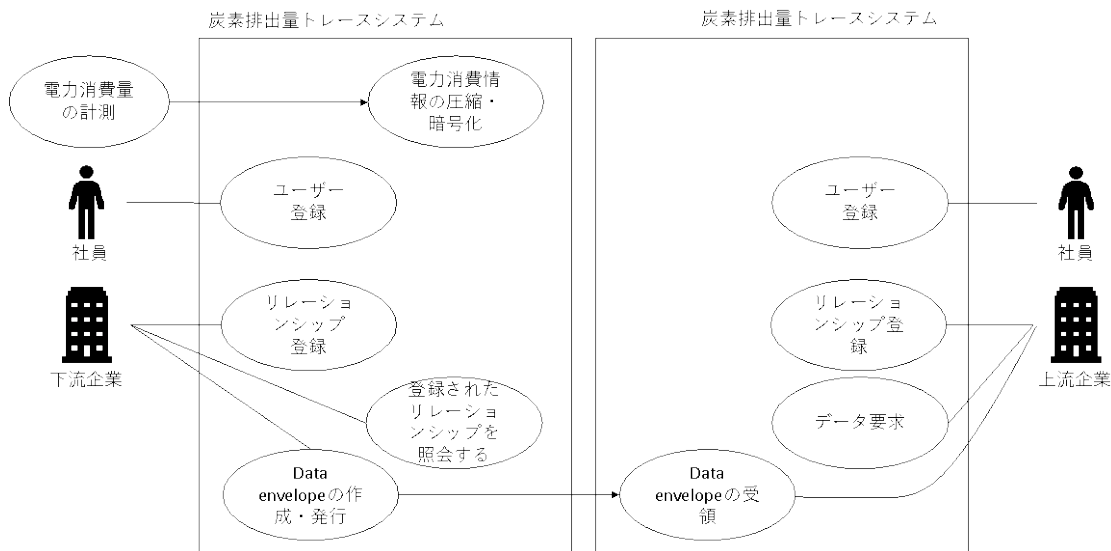


図 3.4.2.1 ユースケース図

3.4.3 操作画面 (UI)

操作画面については成果報告書概要版にて記載する。

3.4.4 機能一覧/非機能一覧

表 3.4.4.1 機能/非機能一覧

機能/非機能	機能名	機能概要	利用者	ユースケース図表記
機能	VC 発行	センサー、デバイス等に対する VC の発行	WoolletCore	ユーザー登録 リレーションシップ登録
機能	VC 検証	正しい VC かの検証機能	WoolletCore	リレーションシップの照会 データ要求
機能	VC 削除	不用になった VC の削除	WoolletCore	図に記載はないが、リレーションシップの破棄
機能	暗号化	センサー、ID 情報を暗号化	WoolletCore	電力消費情報の圧縮・暗号化
機能	ZKP	情報を秘匿した状態で正で有ると証明	ユーザー	データ要求
機能	TX トレーシング	どの VC が行った行動かを記録、検証可能	WoolletCore	Data envelope の作成・発行
機能	ダッシュボード	社員情報の観覧	ユーザー	ユーザー登録

機能	通知	上流企業の社員からのデータ使用申請	ユーザー	データ要求
機能	電力使用量登録	下流企業が、使用した電力量 (Kw) がセンサーにより自動的に登録される	IOT センサー	電力消費量の計測
機能	電力使用量の承認依頼	下流企業が使用した電力量に関する承認機能	ユーザー	Data envelope の作成・発行
機能	データ使用の承認	下流企業以外がデータを使用する際に主権者に承諾を得る	ユーザー	データ要求
機能	電力使用量の閲覧	下流企業以外が閲覧する機能 (一定の暗号化済み)	ユーザー	Data envelope の受領
非機能	可用性	非常電源、IPFS、AWS		
非機能	機能・拡張性	他システムとの API 連携		

3.4.5 データモデル定義(VC データモデルを採用する場合)

表 3.4.5.1 データモデル定義

Generic Data Envelope Credential			
Field	Description	Sample data	Sections
org:name	Authority / Organization name	Woollet Network	Organization Info
org:unit	Department / Branch or Unit	membership	
org:desc	Long description	Woollet web3 service provider	
org:logo	Organization logo	https://u.woollet.io/images/woollet-logo.png	
date:issued	Data Credential issuance date		Dates
date:expiry	Data Credential expiry date		
doc:name	Credential name	Carbon Envelope A3	Document Info
doc:type	Credential type	data (major doc types: id / acl / data)	
doc:desc	Long description	Carbon Tracing Record type A3	
doc:logo	Document logo	https://u.woollet.io/images/woollet-logo.png	
doc:bg	Background Color code or image URL	#E3E3E3	
hash	Big file IPFS hash (only used when file need to upload)	Qmb8k3anJU8oPeiNatC8SN9i3fRnAJJuehWkkkPYbegHJm	Application Data
meta	Meta data of file	{"location":"abc building", "division": "sales"}	
type		electricity consumption	
owner	Data Owner attribute	Sales Department (Unit:K32)	
attr_1	Data attribute 1		
attr_2	Data attribute 2		
attr_3	Data attribute 3		
.			
attr_n	Data attribute n		

3.4.6 実験環境

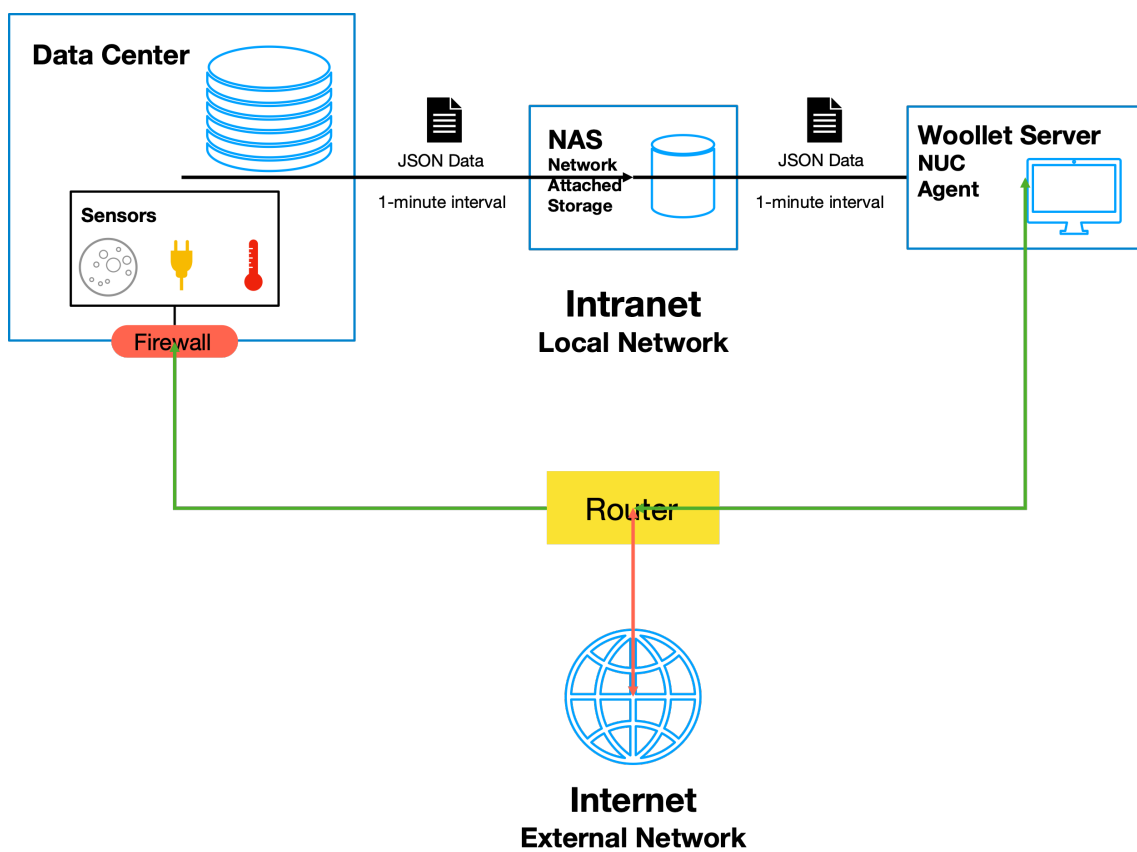


図 3.4.6.1 実験環境 (データ取得)



図 3.4.6.2 実験環境外観（データ取得）

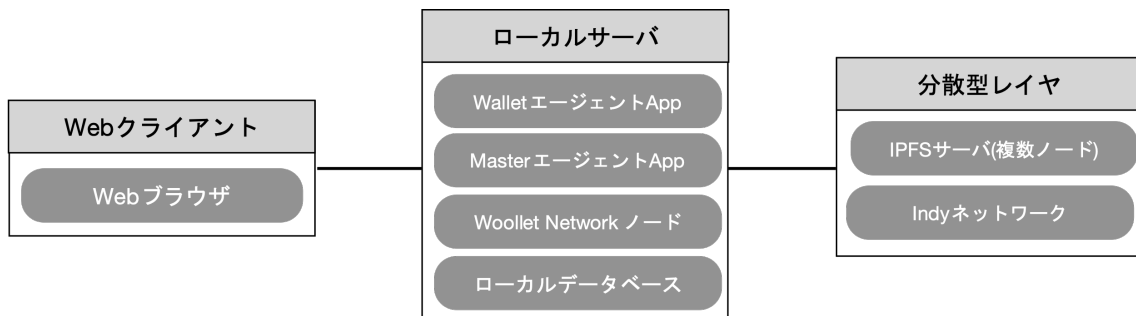


図 3.4.6.3 実験環境

実験環境に示した各要素の関係について、IoT センサーから取得されたデータは WoolletNetwork ノードから IPFS 上に記録され、そのハッシュがローカルデータベース（ウォレット）に記録される。

3.4.7 システムの構成要素

表 3.4.7.1 主要な製品・ライブラリー一覧

コンポーネント名称		使用用途	OSS が否か	ライセンス	国際標準
実証アプリ	Python FastAPI	FastAPI, web3.py, uvicorn Woollet 主要システムコントローラ *内部ストレージとして MongoDB が必 要	OSS	MIT, GNU APGL v3.0	-
	Next.js	主要なウォレット&アドミン UI React.js ベース、モバイルアプリへの移 行	OSS	MIT	-
	Node.js	NextJs の基盤	OSS	GNU Lesser GPL	-
サーバー ホスティング	AWS	ホスティングサービスプロバイダー	-	Amazon	-
ストレージ	IPFS	基本ファイルや大容量データのプライベ ート/パブリック・ネットワーク・ストレージ	OSS	MIT	IPFS - DAG, DHT
認証	Hyperledger Aries VC	1. Indy, Aries Js, Aries Cloud Agent: 検証可能な文書管理バックエンド *内部ストレージとして PostgreSQL が 必要 2. DIDComm メッセージングシステムを 介したユーザーエージェント間のコミュニ ケーション	OSS	Apache-2.0, PostgreSQL	DID/VC, DIDComm

3.5 実証を通じて得られた主な成果

3.5.1 システムの企画・開発に関する実証内容・得られた主な成果

本事業ではネットワークの将来性、国内での知名度、インターオペラビリティに力を入れている点からデータハッシュの記録にパブリックチェーン ASTAR を、分散型 ID の DID ドキュメントの記録には HyperledgerIndy を採用する予定であった。しかしながら、自社においてデータの保管場所の分散型ストレージの一部として IPFS を活用していたため十分にデータの改竄耐性があることが判明したので改竄防止のためとしてはパブリックチェーンである ASTAR は利用せず、分散型 ID の付与に伴う予定通り

Hyperledger Indy を採用した。

3.5.2 ビジネスモデルに関する実証内容・得られた成果

ビジネスモデルとしては、サプライチェーンが複数企業を股くことの多い製造業を中心とした企業に導入を行い、利用料を受け取るビジネスモデルを検討している。しかし、工場に外部業者のセンサを設置することそのものがハードルが存在することが判明した。背景として工場自体に新しいものを設置することによるリスクを懸念したり、そもそも工場が他の会社とシェアされており、IoT センサーを設置すること自体の許可が取れないなどの問題があった。

当課題については、導入企業における工場へのセンサ設置の手間が、得られるメリットを超えていないために生じているものである。今後、得られるメリットが手間を超えた際に解決される課題であると思料する。まず、現状として、炭素排出量の報告義務が一定規模以上（年間のエネルギー使用量が原油換算で1,500 キロリットル以上等）の事業者のみに課された段階であり、正確性は求められていない。多くの企業は炭素排出量を計算・可視化してみた、という状況であり、これ以上の要求や特別のメリットがない限り、炭素排出量の計算に投資するインセンティブはない。しかしながら、欧州規制が日本企業に波及しより正確な計算が求められる可能性が高まっていること、さらにカーボンプレジットの市場の活性化により計算そのものに経済的付加価値が伴うことにより、一次データの取得及び改ざんされていない正確な情報を入手・共有するニーズは今後も増えていくものと想定される。

3.6 本実証で開発したシステムの第三者による再現可能性（A 類型のみ）

本実証事業で開発したシステムは弊社開発の Woollet システムを活用しており、こちらは SDK として提供するため、同製品のライセンスを利用することで第三者による再現が可能になる。

4 実証終了後の社会実装に向けた見通し

4.1 社会実装時に想定しているビジネスモデル・ユーザーのメリット

社会実装を行うにあたり、大きく2つの向きがあると考えます。1つは事業者自身が自身の炭素排出量を証明することがビジネスに有利に作用する場合であり、もう1つは行政や国家などが強制的に基準への批准を求める場合である。下記に前者の場合の想定を示すが、後者のケースでは今回の実証で開発したシステムを行政や国家、カーボンドレジット発行団体などが Verifier になる場合もあり得る。

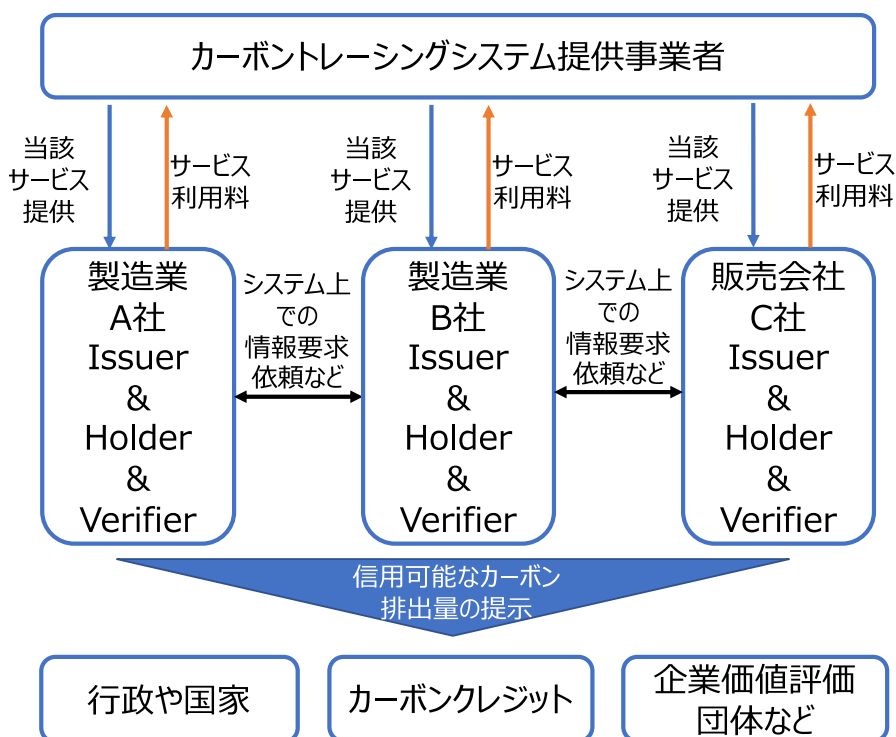


図 4.1.1 ビジネスモデル

表 4.1.1 各ステークホルダのベネフィット及び想定している利用料

ステークホルダ	ベネフィット	負担するコスト
サプライヤー（製造販売業者、運送業者など製品の製造、流通に関わる全員）	データの自動取得、レポートの作成の自動化、関わった社員の自動記録、による手間とコストの削減。ウォレットログインやデータの暗号化によるセキュ	月額 20,000 円（プラットフォーム使用料として Woollet コア 1 つで賄える場合。規模が大きくなりジョナルコア ⁴ が必要な場合、

⁴ WoolletCORE は拠点ごとに 1 つ設けることが基本となり、例えば製造業で工場が 2 箇所ある場合は 2 個の WoolletCORE を設定する。その際にメインの WoolletCORE とサブの WoolletCORE が設定されることになる。そのうち、メイン以外の WoolletCORE をリージョナルコアと呼称している。

	リティの向上。データの分散保管による消失耐性獲得。国際標準への批准。カーボン排出量のサプライチェーンでの計算時の各社のプライバシー遵守。	1つ増やすごとに 15,000 円増加) 初期費用 100,000 円～ (IoT センサの設置や Woollet コアの設定費用で規模による)
地方自治体と国家	世界標準での基準（輸出基準など）を用いた審査（EU の国境炭素税など）に信用可能なデータを得られる。 国策の策定にデータを使用できる。 企業の同意のもとでのデータ活用ができる。	無料
国際業界団体	TEE で使用してる式は証明可能であるため、世界標準に基づいて計算されたデータであるということを疑わなくて良い。 根拠のあるカーボンクレジットを発行、取引できる。	無料

4.2 実証を通じて判明したユースケースの課題とその解決方針

● **課題① 一次データを収集する重要性の啓蒙について**

一次データを使う意義やデータを連携する必要性について現時点で強制力のある対応が必要ではなく各社腰が重い状況であり実証先の獲得に苦労しており、更なる啓蒙活動が必要であると感じている。

標準化されたデータ取得方法・計算方法を活用して、公正な炭素排出量の定量化に関し、広く有識者の意見を聞く必要があると考えるが答えの出ていない分野でもあり難航している。この点に関して広く意見を聞くべきか、一部のヒアリングを基に進めるべきか委員の皆様のご意見を伺いたい。

● **課題② ユーザー自身によるデータのコントロール**

各業界団体などにヒアリングしたところ、特に GHG Protocol の Scope3 における法人間でのセキュアなデータ連携について強いニーズがあった。その際に、社員自身からのデータ提供や、会社間でのデータ共有の意思決定は必要である。QR コードによる SSID の発行については職場環境によってスマホを携帯できない場合があるということがわかり、実際の環境においては別のトレースデバイスやログイン手段としての指紋認証カードキーなどが必要な場合がある。

その際はローカルストレージデバイス上もしくはクラウド上のウェブウォレットなどに情報を保管する必要が

あるということがわかった。また、逆にユーザーすらコントロールできない真実性のあるデータが一次データとして必要であり、これは分散型台帳や分散ストレージなどを活用して改ざんしていないことを検証するニーズがあった。

4.3 本ユースケースの社会実装に向けたマイルストーン

本ビジネスモデルの社会実装については、令和6年度まで継続的な実証を行い、令和7年度以降の商用化を想定している。令和6年度までは令和7年から国際ルールとして炭素排出量の計測が義務化されるバッテリー製造業界や、軽金属製造業などの業界に対してアプローチを続け、現場での課題について随時解決を行ない改善を重ね、令和7年度からは大々的に他業界へも展開を行う。並行して、ゼロボード社やアスエネ社をはじめとする炭素排出量の可視化（1次データを使用していない）に対して1次データを提供する機能を提供して利用企業を増やす方策も実施する。製造業へのセンサー設置については、炭素排出量計算だけではなく、例えば製造ラインにおける使用電力の検知など、副次的な効果によって設置を望まれる場合もあり、こちらについては事例収集を行なって、温室効果ガスの排出量計算のためのセンサーで一石二鳥的な設備投資であることをアピールできるような準備を進める。

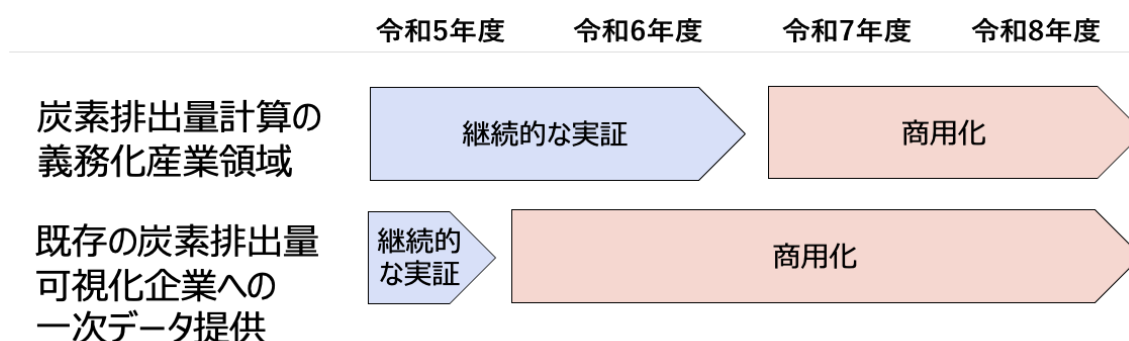


図 4.3.1 社会実装に向けたマイルストーン

5 Trusted Web に関する考察

5.1 Trusted Web のアーキテクチャに関する課題と提言

- 本件におけるデータのトレーサビリティは、弊社の場合は弊社が提供するプラットフォーム上のみで実現可能であるが、例えば Trusted Web 委員会からの仕様として、テクノロジーとしてのデータの信用が担保されるような規格を制定し、世界の共通規格として使用されるようになれば、一社の開発するシステムの中だけでの信用でとどまらず、サービス間を跨いでもデータの信用が保たれ、TrustedWeb 周辺でのビジネスがしやすくなるので、Trusted Web においては一層の啓蒙活動をお願いしたい。

5.2 その他 Trusted Web の課題と提言

- 例えば国のデータベースや自治体の仕組みに Trusted Web の基準を満たせばアクセスできるなどのビジネス上のメリットがあればベンチャーにも規格が普及するのではないか。
- Trusted Web の概念によると技術的にはプライバシーが確保されるが、その具体的な事例においては各国個別にユースケースごとの法的確認をしなければならないため、ハードルが高い。特に日本における TrustedWeb のルールのもとに作ったプロダクトの個人情報取扱いに関するリーガルオピニオンなどを取得いただけるとありがたい。
- 実装における課題として、TrustedWeb の理念のもとに 1 次データを取得したとしても、その活用先の業界の標準的な認証制度に活用する際に実例がなく、実証とともに国際標準化などの活用先の業界のルールづくりから取り組む必要がある。
例：GHG プロトコルなど
- 現在、Trusted Web の理念のもとに行うデータ管理は Web2.0 の企業においては負担増でしかないと考えられている。特に工場などの IT が浸透していない部門においてはなるべく最後までやりたくない部類になっている。そのため、国が制度的に強制するか、メリットを提供する必要があると感じた。
- IoT センサーから取得する一次データはオラクル問題があるためセンサーそのものに対策を行うか、データの異常性を検知する仕組みとセットでの運用が必要であると思われる。