



AWS を活用した CO₂ 排出量 可視化プラットフォームの開発

Kimura Daiki

木村 大樹*¹

Takagi Satoshi

高木 聡史*¹

IHI グループが掲げる 2050 年のカーボンニュートラル実現には、バリューチェーン全体の CO₂ 排出量管理が必要となる。現状、市場とのデータ連携が柔軟に可能なデジタル基盤は存在せず、新規開発が求められる。

そこで、高度な柔軟性、拡張性を備えたクラウドサービスである Amazon Web Service を活用し、CO₂ 排出量の計測、分析、可視化をテーマとしたデジタル基盤「CO₂ 排出量可視化プラットフォーム」の概念実証を行った。

その結果、IHI グループが目指すデジタル基盤の開発環境として、AWS は高い適正を持ち、ニーズの変化に追従したシステム開発、および機能拡張が期待できることを確認した。

キーワード：カーボンニュートラル、CO₂ 排出量、AWS、IoT ゲートウェイ

1. はじめに

IHI グループは、2050 年のカーボンニュートラル実現に向けて、工場および事業所の CO₂ 排出量をリアルタイムに計測・可視化する取り組みを推進している。次のステップとして、設備稼働データなどを活用した生産性と組み合わせた省エネ分析を検討しているが、既存のデータ収集基盤は CO₂ 排出量の管理に特化した構成であるがゆえ、市場やニーズ、事業内容の迅速な変化に追従したシステム開発・拡張が難しいという課題を抱えている。また、環境価値ビジネスにおいては、さまざまな社内外システムとの連携や市場への情報発信が必須であり、IHI グループ内ネットワークの垣根を越えたよりセキュアなデジタル基盤の構築が求められる。

これらのテーマを踏まえ、高い拡張性と柔軟性、セキュリティを備え、豊富なフルマネージド

サービスを提供する Amazon Web Service（以下、AWS）を活用して、CO₂ 排出量の計測、分析、可視化を実現するシステムの概念実証（以下、PoC）を実施した。

2. CO₂ 排出量可視化プラットフォームとは

今回プロトタイプ開発したシステムの概念図を **図 1** に示す。各 SBU、各工場に設置した IoT ゲートウェイ（以下、IoT-GW）*¹ が集めた設備稼働データは、社外クラウドに蓄積される。この社外クラウド上のデータを単一のストレージ領域に一元的に収集・集約し、所定のデータフォーマットに整形することで、工場ごとの CO₂ 排出量の算定とデータの管理、設備稼働状況の可視化がで

*¹：設置対象からデータを収集し、クラウドサーバに保存するネットワークデバイス。

*¹：制御システム事業部 産業システム部 デジタルイノベーショングループ

きる仕組みである。

CO₂ 排出量可視化プラットフォームの将来像として、設備稼働データだけではなく、IHIグループが提供する他の基幹システム、デジタル基盤が管理する多種多様な情報（マーケティングデータ、BOM/BOPデータ、ROIC（投下資本利益率）データなど）との連携による更なるデータ利活用や、製品カーボンフットプリントをはじめとした社外への情報配信や市場との連携などの取り組みが期

待されている（図2）。これらを実現するためには、オンプレミス型^{※2}ではなくクラウド型^{※3}のサービスを中枢としたシステム開発が必要であるとともに、そのシステムには高い拡張性が求められる。前述の背景から開発プラットフォームとしてAmazonが提供するパブリッククラウドサー

※2：on-premises型、自社内サーバで運用すること。
 ※3：cloud型、サーバなどをインターネット上で運用すること。

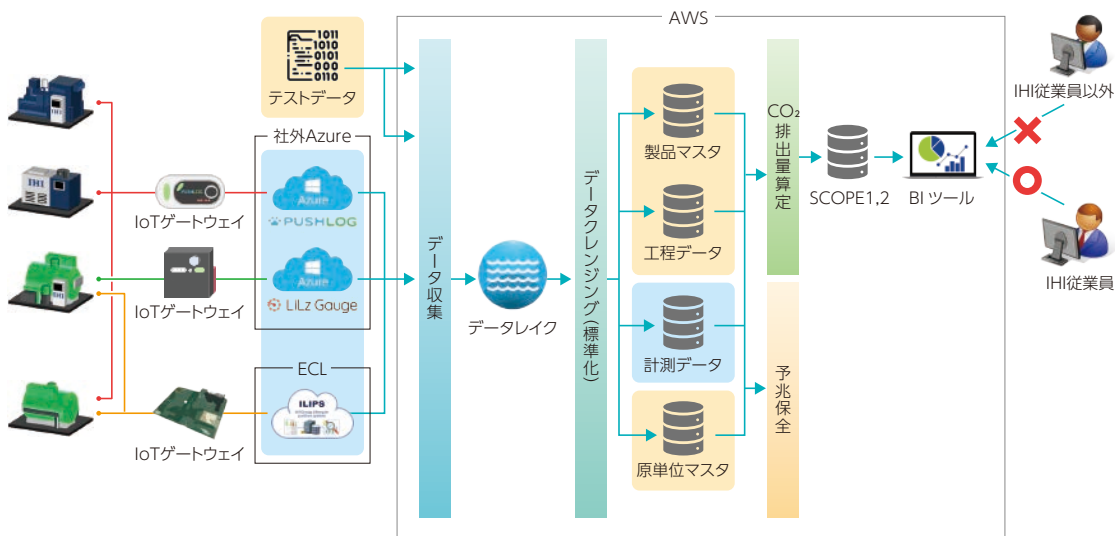


図1 CO₂ 排出量可視化プラットフォームの概念図

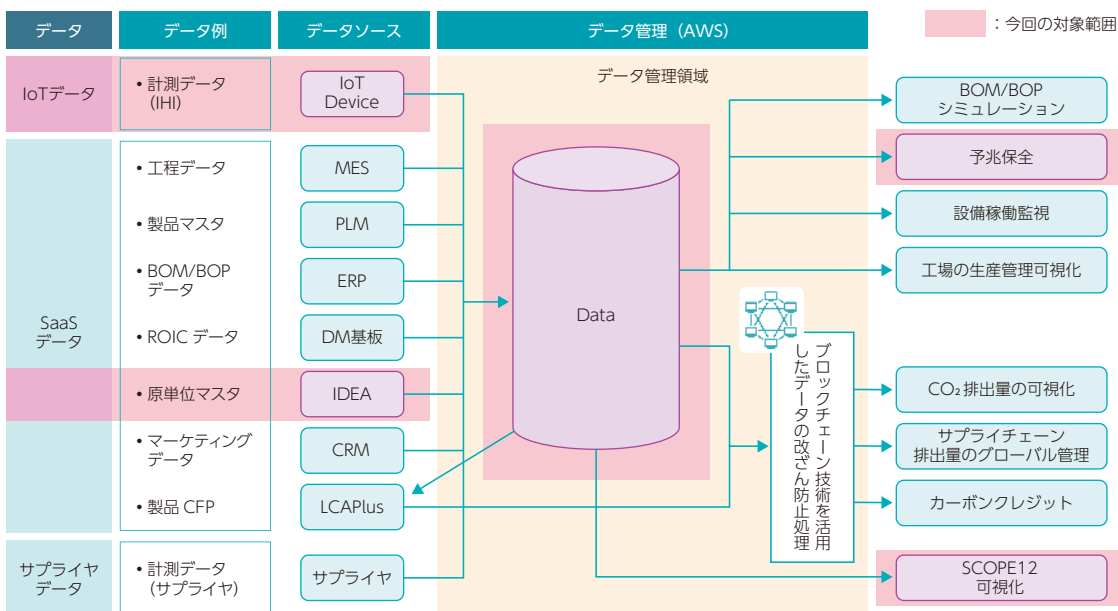


図2 CO₂ 排出量可視化プラットフォームの将来像と今回のターゲット

ビスである AWS を選定し、設備稼働データの収集から CO₂ 排出量の算定、見える化までの範囲を対象とした概念実証 (PoC) を株式会社サーバワークスと共同で行った。

3. システム構成

本システムの構成図を図 3 に、使用した AWS サービスのうち主要なものを表 1 に示す。社外クラウド上に記録される電力量、エア流量などの CO₂ 排出量算定の基データを収集、加工、蓄積、

見える化する仕組みを AWS フルマネージドサービスの活用と Python^{※4} でのコーディングで実現している。

図 3 の赤枠で囲った領域が社外クラウドに蓄積された設備稼働データ (生データ) を AWS のストレージサービスである Amazon S3 (以下、S3) に格納するまでの構成である。青枠は収集した生データを CO₂ 排出量算定の基データに整形するまでの構成である。最後に、桃枠は

※ 4 : オープンソース型のプログラム言語。

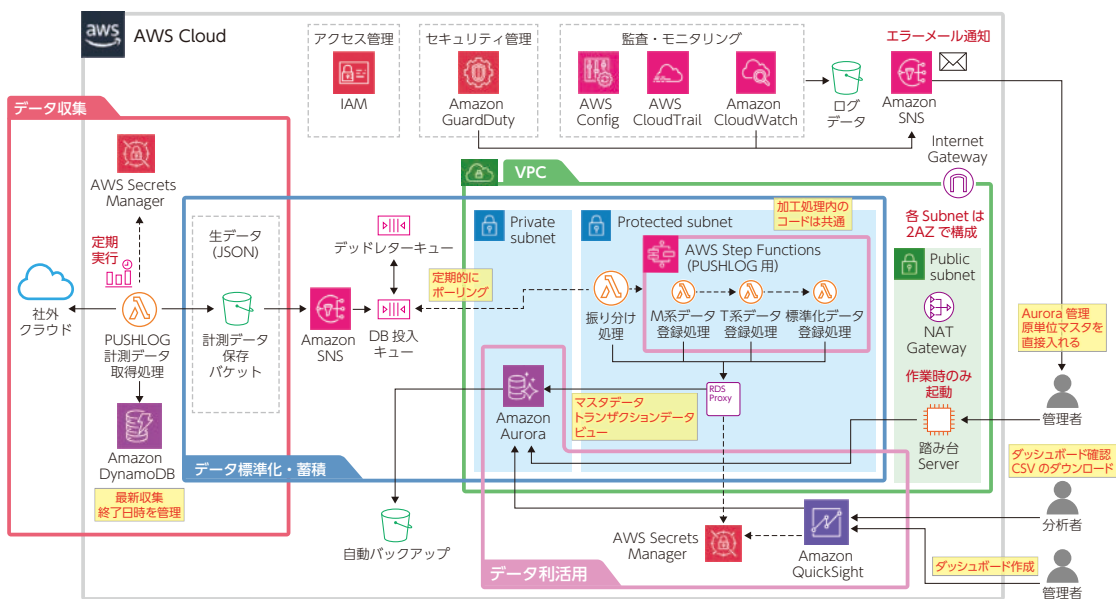


図 3 システム構成図

表 1 使用した主要な AWS サービス

No.	分類	サービス名	概要
1	ネットワーク	Amazon VPC	クラウド上に仮想プライベートネットワーク環境を定義、制御、および管理するためのサービス。通信経路を制限して暗視・アクセス制御することでセキュリティを向上させることができる。
2	コンピューティング	AWS Lambda	クラウド上にプログラムを定義することで、インターネットを通じてそのプログラムを実行することができるサービス。
3	データベース	Amazon Aurora	フルマネージド型のリレーショナルデータベースサービス。MySQL、および PostgreSQL と互換性をもつ。
4	ストレージ	Amazon S3	オブジェクトストレージサービス。データ容量に制限なく、ファイル単位でのオブジェクトの入出力が可能。
5	アプリケーション統合	Amazon SNS	フルマネージド型のパブリッシュ/サブスクライブ型メッセージングサービス。メール配信だけではなく、AWS サービス間のイベント通知も可能。
6	セキュリティ	AWS Security Groups	Amazon VPC 上に構築した Amazon EC2 などのリソースに対して適用できる仮想ファイアウォールを提供するサービス。
7	分析	Amazon QuickSight	Amazon が提供するビジネスインテリジェンス (BI) サービス。IHI グループ標準の BI ツールは Tableau であり、これの AWS 版である。

算定した CO₂ 排出量を可視化するための構成を示している。

各種 AWS サービスをどのように連携し、データ収集、標準化・蓄積、データ活用を実現しているのかを、4.1 節～4.3 節に示す。また、セキュリティ担保のための仕組みを 4.4 節に示す。

4. 機能概要

4.1 データ収集

データの収集には、遠隔でデータをアップロード可能な IoT-GW を活用する。表 2 は IHI が CO₂ 排出量の計測のために標準で展開している IoT-GW で、計測対象に応じて選択する。データの収集にはモバイル回線 (4G/LTE) を利用し、従来のデータ収集用デバイスと比較して短期間での設置・立ち上げが可能である。収集したデータは社外のクラウドに格納される。

データ収集のための AWS サービス連携の概要を図 4 に示す。IoT-GW が収集・蓄積した社外クラウド上のデータは、AWS Lambda (以下、Lambda) が Rest API^{*5} を定期実行することで取得し、データストレージサービスである S3 に保存する。API のキーデータについては AWS Secrets Manager (以下、Secrets Manager)

*5: Representational State Transfer API、Web システムを外部から利用するための API であり、HTTP で定義する GET、POST、PUT、DELETE などのリクエストでデータを操作できる。

*6: 公開鍵暗号方式で使われる 2 種類の暗号鍵の一つで、暗号化された通信を複合化するために使うキー。なお、対にあたる暗号化するために使うのキーを公開鍵と呼ぶ。

で管理されており、Lambda 内で呼び出す形式とすることで秘密鍵^{*6}の漏洩リスクを低減している。Amazon EventBridge により、前述の Lambda に実装したデータ収集処理を定期実行し、S3 に計測データを格納する。

4.2 データ標準化、蓄積

収集データの標準化と登録のための AWS サービス連携の概要を図 5 に示す。社外クラウドから取得したデータが S3 に保存された際、そのイベントを Amazon SNS が検出し Lambda へ通知する。Lambda は表 2 に示す IoT-GW のうち、どのデバイスから取得した生データなのかを判別 (振り分け処理) し、その結果に応じて AWS Step Functions (以下、Step Functions) に生データの整形とデータベースサービスである Amazon Aurora (以下、Aurora) への登録を依頼する。具体的には、「マスタデータ (M 系) 登録」「生データ (T 系) 登録」「標準化データ登録」の 3 つの直列処理を Step Functions に定義して

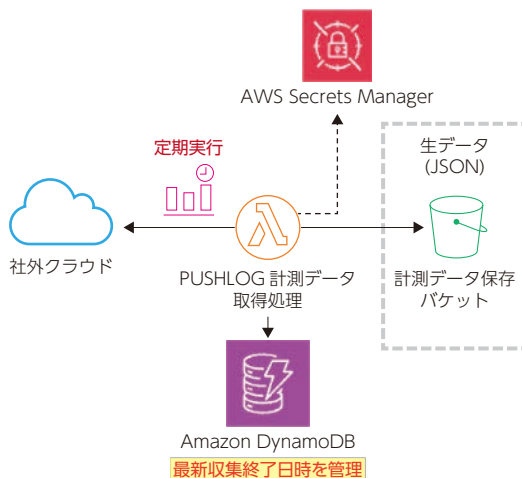


図 4 データ収集

表 2 IHI 標準の IoT ゲートウェイ一覧

No.	機器名	提供元	概要
1	PUSHLOG	株式会社 GUGEN	電力量計など FA 機器に接続し、携帯回線でクラウドにデータを送信する小型機器 (ゲートウェイ)
2	FALCONNECT	株式会社 GUGEN	PLC に接続し、携帯回線でクラウドにデータを送信する機器 (ゲートウェイ)
3	LiLzGauge	LiLz 株式会社	アナログ計器を読み取り、デジタル化したデータを携帯回線でクラウドに送信する OCR カメラ
4	ILIPS Edge S	株式会社 IHI	収集したデータを ILIPS (IHI group Lifecycle Partner System) に送信する端末 (エッジデバイス)

おり、IoT-GW のマスタ情報の更新や取得した生データの登録、生データを CO₂ 排出量算定可能な形式に整形する処理（標準化処理）が順番に実行される。

CO₂ 排出量算定のための計算式は以下であり、活動量は取得した生データ（電力量、エア流量など）の単位時間あたりの変化量に相当する。収集した生データの多くは積算値であり、現在値と前回値から変化量を計算する。

$$\text{CO}_2 \text{ 排出量} = \text{活動量} \times \text{排出係数}$$

また、収集される生データの単位にはばらつきがあるため、単位統一のための変換処理も併せて実行する。前述の加工を施したデータは、標準化

データとして Aurora 上の単一のデータテーブルに記録・管理し、4.3 節に示すデータ利活用のための基データとして取り扱う。

4.3 データ利活用

(1) 収集データの可視化

収集データ可視化のための AWS サービス連携の概要を図 6 に示す。蓄積したデータの分析・見える化は、Amazon が提供するビジネスインテリジェンスツール（BI ツール）である Amazon QuickSight（以下、QuickSight）にて実現した。データベースへの接続情報も直接は指定せず、Secrets Manager で独立して管理することで、Amazon VPC（以下、VPC）外でもセキュアに

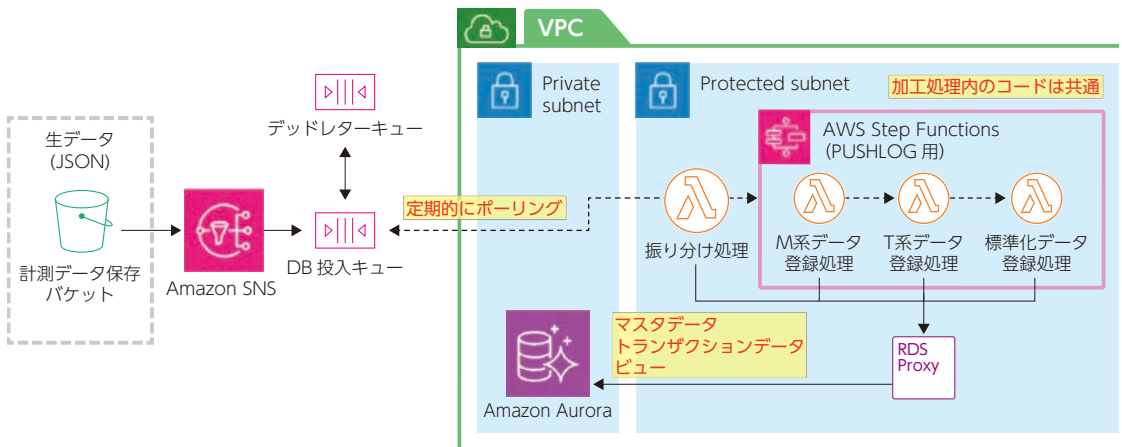


図 5 データ標準化とデータベース登録

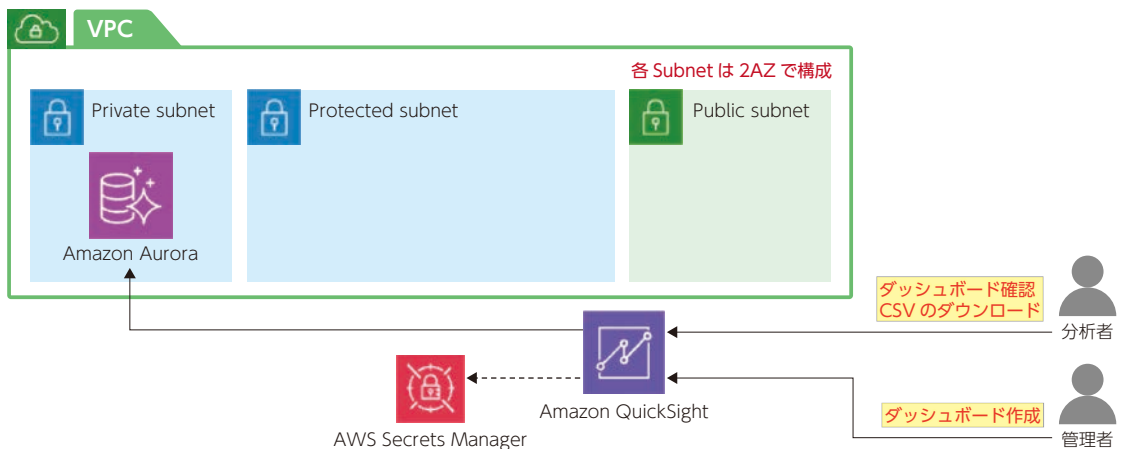


図 6 データの分析・見える化

利用できる構成とした。

通常 IHI グループの BI ツールとしては標準の見える化基盤である Tableau^{※7} が利用されるが、AWS サービスのみで構築することを目指し、QuickSight を適用した。実装した分析画面を図 7 に示す。本画面は、日別の総排出量とその内訳の設備を確認することができる。なお、本分析画面内の工場名・設備名などは仮名としている。

※7：Tableau Software が開発したビジネスインテリジェンスツール。データの分析、可視化が可能。

(2) 設備の故障予測

計測対象の設備では故障による生産停止時間（ダウンタイム）が発生するなどの課題を抱えている。収集したデータには電流や電圧などのデータが含まれるが、これらのデータを見ただけでは設備の状態を判断することが困難であり、機械学習を活用することで故障の予測が可能か検証した。予測モデルには Amazon Lookout for

Equipment（以下、L4E）を活用し、AWS サービスのみで実装した。

故障予測実現のための AWS サービス連携の概要を図 8 に示す。学習データの選定・予測モデルの生成・計測データの予測の順に行い、推論対象の計測データは Aurora から取り出して S3 へ格納し、読み出す構成とした。

S3 に格納された計測データは L4E 内で生成した予測モデルに読み込ませ、予測の結果を出力する。予測モデルが出力した異常の予測結果・予測の理由・異常のスコアなどを参照することで、故障の発生有無を判断できることを確認した。今回の PoC 内では予測モデルへ入力する学習データの数が不足したことが原因で故障発生の予測結果を出力させるに至らなかったが、十分な教育を行うことで解消できると考える。

今後は振動など計測対象のデータを増やすことによる予測の高度化や、異常を検出した際の Amazon SNS と連携したメール配信など、機能

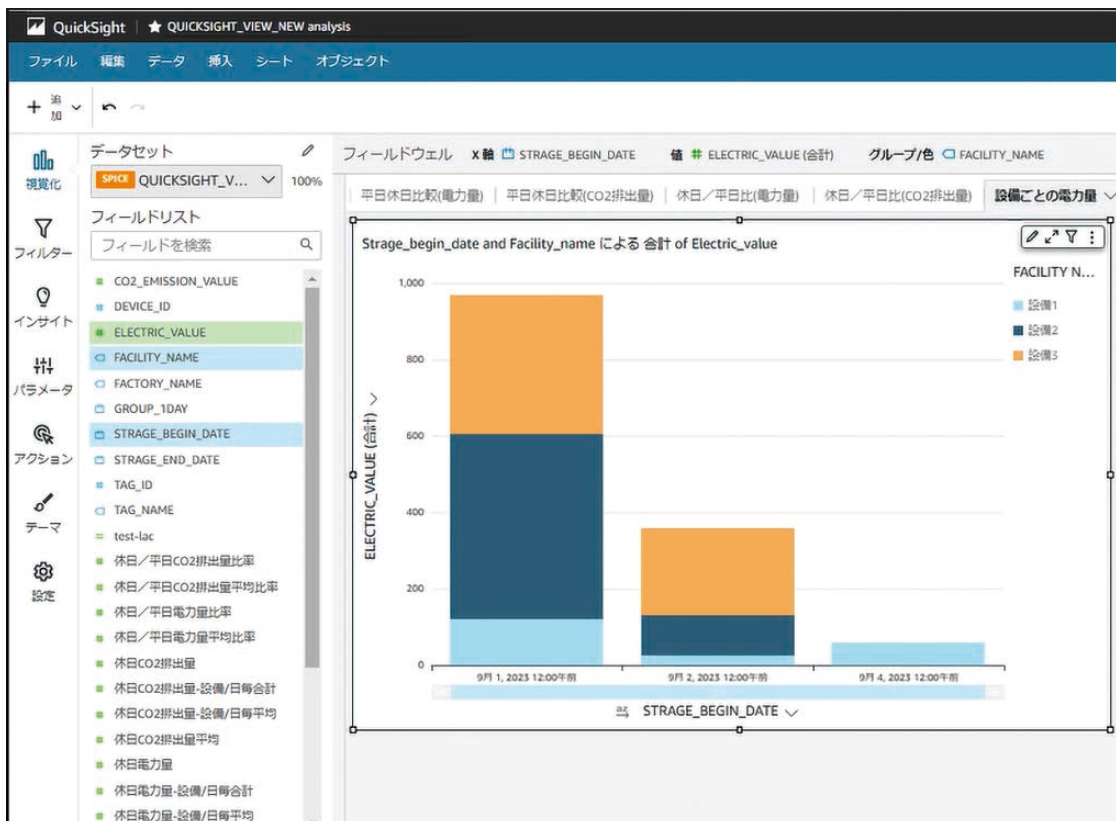


図 7 工場内設備の分析画面

の拡張を検討していく。

4.4 セキュリティ

前述の通り、本システムは仮想プライベートクラウド（VPC）によってネットワークのセキュリティ設定を施している。VPC内のデータは複数のsubnet（AWSのサービスが配置される場所）で分割し、外部からアクセスが可能なPublic subnet、アクセスができないPrivate subnetで配置するサービスを分けた。外部からはPublic subnet上にある踏み台サーバを経由して、データベースサービス（Aurora）などが配置されているPrivate subnetにアクセスするセキュアな構成としている。また、Public subnetについてもインターネットから自由にアクセスできないよう、AWS Security GroupsによりIHIグループのグローバルIPアドレスのみアクセス可能となるよう制限をかけた。

5. おわりに

パブリッククラウドサービスであるAWSが提供するフルマネージドシステムを活用し、CO₂排出量の計測、可視化、分析を実現するプラットフォームを新たに構築した。本PoCをとおして、AWSはIHIグループがカーボンニュートラルを目指すうえで必要となるデジタル基盤の開発に適用可能であることを確認した。また、大規模な基幹システムの開発のみならず、中小規模のデータ収集基盤の開発に対しても、サーバレスでかつ、可用性、拡張性に優れたAWSは高い適正を有することがわかった。

当社は、引き続きAWSを活用したシステムの開発・機能拡張に励んでいくと同時に、他のトレンド技術の調査と活用による更なる技術力向上を目指し、2050年のカーボンニュートラル実現に貢献できるよう努めていく。

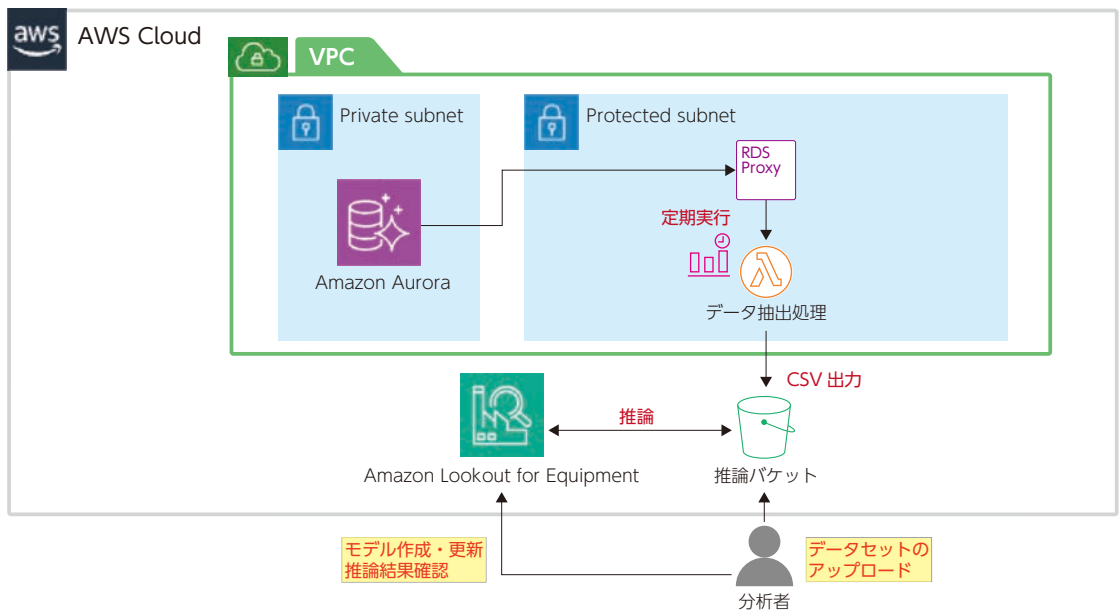


図8 データの利活用（設備の故障予測）



制御システム事業部 産業システム部
デジタルイノベーショングループ

木村 大樹

TEL 045-759-2486

FAX 045-759-2491



制御システム事業部 産業システム部
デジタルイノベーショングループ

高木 聡史

TEL 045-759-2486

FAX 045-759-2491