



JAEA-Testing

2024-006

DOI:10.11484/jaea-testing-2024-006

## 一般情報システムのクラウド移行報告書

Cloud Migration Report for General Information Systems

高久 雄飛 掛札 豊和 矢城 重夫 木村 英雄  
久野 哲也

Yuhi TAKAKU, Toyokazu KAKEFUDA, Shigeo YASHIRO, Hideo KIMURA  
and Tetsuya KUNO

システム計算科学センター

Center for Computational Science & e-Systems

March 2025

Japan Atomic Energy Agency

日本原子力研究開発機構

JAEA-Testing

本レポートは国立研究開発法人日本原子力研究開発機構が不定期に発行する成果報告書です。本レポートはクリエイティブ・コモンズ表示 4.0 国際 ライセンスの下に提供されています。本レポートの成果（データを含む）に著作権が発生しない場合でも、同ライセンスと同様の条件で利用してください。（<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ja>）  
なお、本レポートの全文は日本原子力研究開発機構ウェブサイト（<https://www.jaea.go.jp>）より発信されています。本レポートに関しては下記までお問合せください。

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 研究開発推進部 科学技術情報課  
〒319-1112 茨城県那珂郡東海村大字村松4番地49  
E-mail: [ird-support@jaea.go.jp](mailto:ird-support@jaea.go.jp)

This report is issued irregularly by Japan Atomic Energy Agency.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en>).

Even if the results of this report (including data) are not copyrighted, they must be used under the same terms and conditions as CC-BY.

For inquiries regarding this report, please contact Library, Institutional Repository and INIS Section, Research and Development Promotion Department, Japan Atomic Energy Agency.

4-49 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken 319-1112, Japan  
E-mail: [ird-support@jaea.go.jp](mailto:ird-support@jaea.go.jp)

## 一般情報システムのクラウド移行報告書

日本原子力研究開発機構  
システム計算科学センター

高久 雄飛、掛札 豊和\*、矢城 重夫、木村 英雄、久野 哲也

(2024年12月2日受理)

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構（原子力機構）では、各部署に多種多様なサーバが存在しており、現場のサーバ管理者がセキュリティ対策をはじめとするサーバ管理業務を担っているため、業務負担や現場での運用コスト負担は無視できないものとなっている。また近年、国内外で多発しているセキュリティインシデントへの対策は、多くの機微情報を扱う原子力機構の業務を遂行する上で必要不可欠であるが、各サーバ管理者が能動的にこれらの措置を講ずることは困難なのが現状である。

これらの課題を解決するため、コスト削減に観点を置いて機微情報を含まない一般情報システムの外部クラウド環境への移行を実施した。移行の結果、コストを大幅に削減しつつ円滑に外部クラウド環境へ移行するための条件を明らかにし、かつセキュリティインシデントへの対策を実現する基盤を整えた。

---

原子力科学研究所: 〒319-1195 茨城県那珂郡東海村大字白方 2-4

\* 株式会社ケーシーエス

## Cloud Migration Report for General Information Systems

Yuhi TAKAKU, Toyokazu KAKEFUDA\*, Shigeo YASHIRO, Hideo KIMURA and Tetsuya KUNO

Center for Computational Science & e-Systems

Japan Atomic Energy Agency

Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken

(Received December 2, 2024)

The Japan Atomic Energy Agency (JAEA) has a wide variety of servers across its departments, managed by on-site server administrators who are responsible for tasks including security measures. As a result, the workload and operational cost burdens are significant. Additionally, addressing the increasing frequency of security incidents in recent years, both domestically and internationally, is essential for JAEA's operations, which involve handling sensitive information. However, it is difficult for individual server administrators to take proactive measures to mitigate these risks.

To address these challenges, we carried out the migration of systems that do not contain sensitive information to an external cloud environment with a focus on cost reduction. As a result, we clarified the conditions necessary for a smooth migration to an external cloud environment while achieving significant cost savings and established a foundation for implementing measures against security incidents.

Keywords: Cloud Infrastructure, Government Cloud

---

\* KCS Corp.

目次

1. はじめに.....	1
2. クラウドの概要.....	2
2.1 クラウドについて.....	2
2.2 クラウドの形態.....	3
2.3 政府機関におけるクラウドの利用 .....	5
2.4 各クラウドサービスの比較・検討 .....	5
3. クラウド化.....	7
3.1 全体構成 .....	7
3.2 インスタンス作成.....	8
3.3 Oracle Linux でのサーバ構築 .....	13
3.4 クラウドでの運用開始後について .....	22
3.5 オンプレミスとクラウドの比較.....	27
3.6 まとめ.....	29
4. おわりに.....	30
謝辞.....	31
参考文献 .....	31

Contents

1. Introduction .....	1
2. Overview of cloud .....	2
2.1 As for cloud.....	2
2.2 Types of cloud .....	3
2.3 Cloud adoption in government agencies.....	5
2.4 Comparison and consideration of cloud services .....	5
3. Cloud migration .....	7
3.1 Overall configuration.....	7
3.2 Instance creation .....	8
3.3 Server deployment using Oracle Linux .....	13
3.4 After the start of operations in the cloud.....	22
3.5 Comparison of on-premises and cloud .....	27
3.6 Summary.....	29
4. Conclusion.....	30
Acknowledgements.....	31
References.....	31

## 1. はじめに

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構（以下、「原子力機構」という）では、各部署に多種多様なサーバが存在し、各サーバ管理者がセキュリティ対策や電源管理といったサーバ管理業務を担っている。しかし、これらの業務はサーバ管理者の本来の主務である研究開発業務を遂行する上で大きな負担となっており、運用に掛かる現場でのコスト負担も無視できない。さらに、原子力機構では人材の高齢化も進んでおり、これらのサーバを扱える人材の現場での教育・育成には限界があるため、管理業務を外部業者への請け負わせるケースも少なくはなく、これには多額のコスト負担が生じる。

これらの課題を解決するために、我々が運用する仮想環境へのサーバ集約をこれまで進めてきたが、仮想環境には運用・維持に要するコストが予測困難であることや、サーバのリプレースに要する初期コストが高いといったデメリットがあった。そこで、これらの課題に対応しつつ、セキュリティインシデント対策のためのサーバ管理業務を集約化する目的で、既存システムの外部クラウド環境への移行（以下、「クラウド化」という）を実施した。

本報告書は、クラウド化により得られた知見とその成果について報告するものであり、クラウドの知識習得や概念理解に役立つものと期待する。

## 2. クラウドの概要

### 2.1 クラウドについて

クラウドは、平成 30 年版情報通信白書<sup>1)</sup>によると

クラウドとは、「クラウドコンピューティング (Cloud Computing)」を略した呼び方で、データやアプリケーション等のコンピュータ資源をネットワーク経由で利用する仕組みのことである。

と定義されている。クラウドで利用可能な資源は仮想化されて提供されるため、利用者は自ら物理的なサーバを所有・管理することなく多様なリソースを柔軟に利用できる。

従来、自社内でサーバやストレージといったハードウェアを購入・整備し、自社のサーバールーム内にコンピュータ資源を設置する利用形態（以下、「オンプレミス」という）が長らく一般的であったが、仮想化技術の発展等により 2000 年代からクラウドの普及が始まり、今日では民間企業や政府機関、個人利用者の IT インフラを支える重要な基盤としての役割を担っている。

オンプレミスと比較した場合のクラウドのメリットについて、政府情報システムにおけるクラウドサービスの適切な利用に係る基本方針<sup>2)</sup>では以下が挙げられている。

#### ① 効率性の向上

クラウドサービスでは、多くの利用者が使用するリソースを共有するため、一利用者当たりの費用負担は軽減される。また、クラウドサービスは、多くの場合、多様な基本機能があらかじめ提供されているため、導入時間を短縮することが可能となる。

#### ② セキュリティ水準の向上

多くのクラウドサービスは、一定水準の情報セキュリティ機能を基本機能として提供しつつ、より高度な情報セキュリティ機能の追加も可能となっている。また、世界的に認知されたクラウドセキュリティ認証等を有するクラウドサービスについては、強固な情報セキュリティ機能を基本機能として提供している。多くの情報システムにおいては、オンプレミス環境で情報セキュリティ機能を個々に構築するよりも、クラウドサービスを利用する方が、その激しい競争環境下での新しい技術の積極的な採用と規模の経済から、効率的に情報セキュリティレベルを向上させることが期待される。

#### ③ 技術革新対応力の向上

クラウドサービスにおいては、技術革新による新しい機能（例えば、ソーシャルメディア、モバイルデバイスや IoT、分析ツール、AI 等への対応）が随時追加される。そのため、クラウドサービスを利用することで、最新技術を活用し、試行することが容易となる。

#### ④ 柔軟性の向上

クラウドサービスは、リソースの追加、変更等が容易となっており、数か月の試行運用といった短期間のサービス利用にも適している。また、一般に汎用サービス化した機能の組み合わせを変更する等の対応によって、新たな機能の追加のみならず、業務の見直し等の対応が比較的簡易に可能となるほか、従量制に基づく価格設定や価格体系が公表されていることも一般的である。

#### ⑤ 可用性の向上

クラウドサービスにおいては、仮想化等の技術利活用により、複数の物理／仮想サーバ等のリソースを統合されたリソースとして利用でき、さらに、個別のシステムに必要なリソースは、統合されたリソースの中で柔軟に構成を変更することができる。その結果、24時間365日の稼働を要件とした場合でも過剰な投資を行うことなく、個々の物理的なリソースの障害等がもたらす情報システム全体への悪影響を極小化しつつ、大規模災害の発生時にも継続運用が可能となるなど、情報システム全体の可用性を向上させることができる。

このように、クラウドはオンプレミスと比較して多くのメリットがあるが、一方でクラウド利用料や運用管理コスト、サーバでのセキュリティ対策は必須であり、クラウドへの移行にもコストを要するため、単純にクラウド化するだけではこれらの恩恵を全て享受するのは困難である。

そこで、政府情報システムにおけるクラウドサービスの適切な利用に係る基本方針<sup>2)</sup>の2022年の改定において、クラウドのメリットを最大限に享受するための政府情報システムがスマートにクラウドを利用するための考え方が追記された。具体的にはクラウド事業提供者が提供するマネージドサービスの活用や、IaC（Infrastructure as Code）とテンプレートによる環境構築の自動化によりコスト削減が期待できるという内容である。

今回のクラウド化では、これら以外にも様々な工夫を施すことでコストを削減しつつクラウドのメリットを最大限に享受することを目指した。

## 2.2 クラウドの形態

クラウドには、クラウド事業者が提供するサービス範囲に応じて以下3種類のクラウド形態が存在する。

### (1) IaaS（Infrastructure as a Service）

サーバ、ストレージ、ネットワーク、仮想化基盤等のインフラリソースをクラウド事業者が提供する形態である。利用者は、自らの責任でOSやミドルウェア、アプリケーションをインストールし、環境を構築・管理する。

利用者にとって自由度が高く、構成を自由にカスタマイズできる反面、環境構築・運用に知識や技術が求められ、利用者の負担が大きい。

(2) PaaS (Platform as a Service)

IaaS のサービスに加えて、OS、ミドルウェア、開発環境、運用管理環境等がクラウド事業者から提供される。利用者は、提供された環境上でアプリケーションを開発・デプロイして利用する。

IaaS と比較してインフラ管理の負担が軽減されるが、提供される環境の仕様に合わせる必要があり、カスタマイズの自由度は IaaS より低い。

(3) SaaS (Software as a Service)

アプリケーションがインターネット経由で提供され、利用者は環境構築や運用管理を行う必要がない形態である。アプリケーションはクラウド事業者によって管理・運用され、利用者は WEB ブラウザやアプリケーションを使ってサービスを利用する。

環境構築が不要で初期導入コストが低く、すぐに利用できて運用やメンテナンスも不要である。しかし、その反面自由度が低く、提供される機能の範囲内でしか利用できなく、クラウド事業者への依存度が高いため、サービス終了や価格改定の影響を避けられない。

各クラウド形態で提供される主なサービス範囲を図 2-1 に示す。

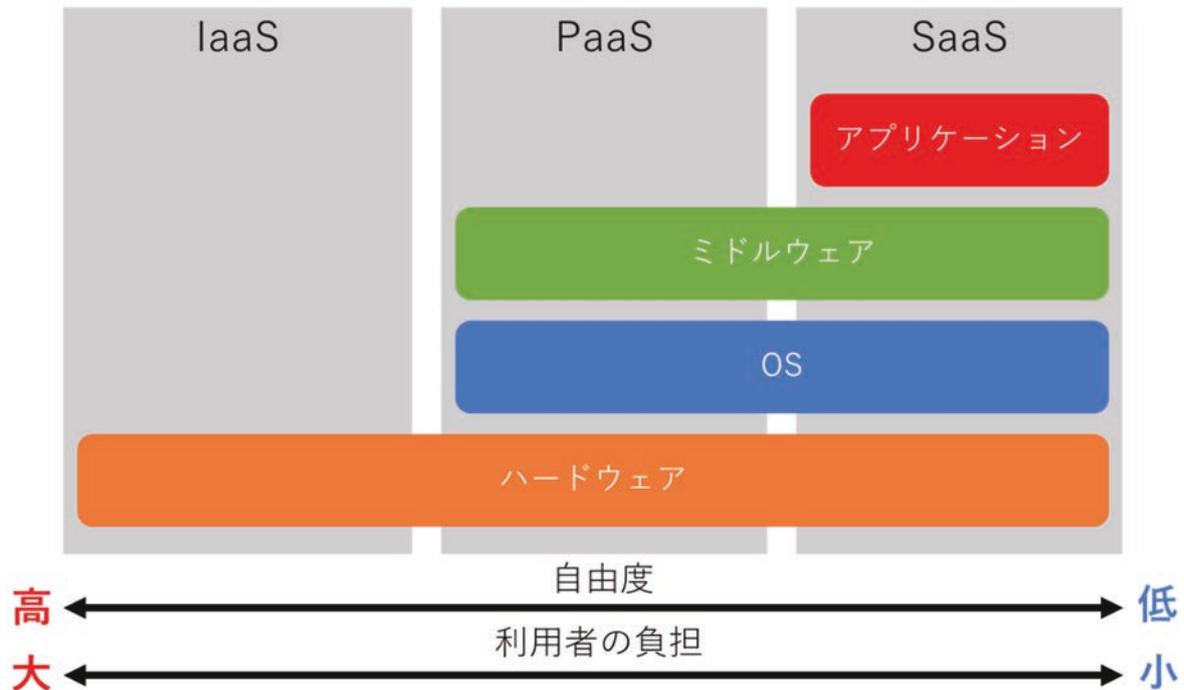


図 2-1 各クラウド形態で提供される主なサービス

## 2.3 政府機関におけるクラウドの利用

我が国政府は、政府機関や公共団体が新しいシステムを導入する際、クラウドの利用を前提（デフォルト）として検討する「クラウド・バイ・デフォルト原則」を2018年に策定した。

原子力機構においても、国のクラウド評価制度に基づき積極的に原子力機構外クラウドの活用を推進することを中長期計画<sup>3)</sup>で定めており、機微情報を含まないシステム（以下、「一般情報システム」という）をクラウドへ移行する方針を掲げている。原子力機構では、セキュリティの観点からデジタル庁が指定するガバメントクラウドや政府情報システムのためのセキュリティ評価制度（ISMAP）<sup>4)</sup>に登録されたクラウドサービスを利用することを基本としている。

また、クラウドの利用に際しては、日本国内の法令が適用され、データセンタの設置場所（以下、「リージョン」という）が日本国内に存在することを前提としている。

## 2.4 各クラウドサービスの比較・検討

2024年11月時点でガバメントクラウドとして指定されているクラウド<sup>注1)</sup>には、以下の4種類がある<sup>5)</sup>。

<sup>注1)</sup> 条件付きで指定されているガバメントクラウド（さくらのクラウド）を除く。

### (1) AWS（Amazon Web Service）

アマゾンウェブサービスジャパン合同会社が運営するクラウドサービスである。クラウドサービスとしてのシェア率は国内・国外ともに第1位であり、2006年にリリースされクラウドサービスの中でも最も長い歴史を持つ。特に多様なサービス群と可用性の高さが評価され、大規模なシステム運用に適している。

### (2) Google Cloud

グーグル・クラウド・ジャパン合同会社が提供するクラウドサービスであり、シェア率はAWS、Microsoft Azureに次いで第3位である。データ分析や機械学習に強みを持ち、ビッグデータや機械学習のニーズが高い分野での利用が多い。

### (3) Microsoft Azure

日本マイクロソフト株式会社が提供するクラウドサービスであり、シェア率はAWSに次いで第2位である。同社のWindows ServerやActive Directoryといった製品との連携が容易というメリットがある。リージョンの数は全世界で60か所とガバメントクラウド4種類の中で最多であり、リージョン間を繋ぐ専用のネットワーク網により快適な利用ができるため、グローバル企業をはじめとして広く利用されている。

### (4) OCI（Oracle Cloud Infrastructure）

日本オラクル株式会社が提供するクラウドサービスであり、シェア率は上記クラウドと比較して劣るが、コストパフォーマンスが高い点で評価されている。また、データベース市場でのシェア率が高い同社のOracle Databaseとの連携が容易というメリットもある。

各ガバメントクラウドのシェア率と特徴を比較したものを表 2-1 に示す。

表 2-1 各ガバメントクラウドの比較結果

	AWS	Google Cloud	Microsoft Azure	OCI
シェア率	約 30～35%	約 8～13%	約 15～25%	約 2～3%
特徴	<ul style="list-style-type: none"> <li>・クラウド市場でトップのシェア率</li> <li>・大規模システムに適している</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・データ分析や機械学習に適している</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・Microsoft 製品との連携が容易</li> <li>・多数のリージョン</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・高いコストパフォーマンス</li> <li>・Oracle Database との連携が容易</li> </ul>

### 3. クラウド化

本章では、クラウド化に当たって実施した内容について述べる。

#### 3.1 全体構成

今回利用するクラウドサービスの選定において、主目的であるコスト削減を念頭に検討した結果、OCI を採用することにした。OCI は他のクラウドサービスと比較して低コストであることが特徴であり、さらに原子力機構ネットワークと OCI を学術情報ネットワーク（SINET）で接続することで、さらなるコスト削減が期待できる。

SINET は、日本全国の大学や研究機関向けの学術情報基盤として、国立情報学研究所（NII）が構築・運用している情報通信ネットワークであり、原子力機構及び OCI でも SINET の利用が可能である<sup>9)</sup>。SINET を使った OCI への接続には、Oracle Cloud Infrastructure FastConnect と呼ばれる OCI 専用のネットワーク接続サービスを利用し、これにより上り・下りの転送データ量に対する課金が無料となる<sup>7)</sup>。

全体のネットワーク構成を図 3-1 に、OCI 内部のネットワーク構成を図 3-2 に示す。OCI 内部からインターネットへの接続はセキュリティの観点から、原子力機構ネットワークを経由することとし、インターネットへ直接接続できないよう構築・設定した。これにより、原子力機構で運用するプロキシサーバやファイアウォール、IDS/IPS といったセキュリティ装置を経由してインターネットと接続するため、原子力機構ネットワーク内と同等のセキュリティレベルを維持できる。

また、原子力機構ネットワーク内のサブネットをプライベートサブネットとして OCI に延長したため、利用者はクラウド環境であることを意識せずに従来通りの利用ができる。

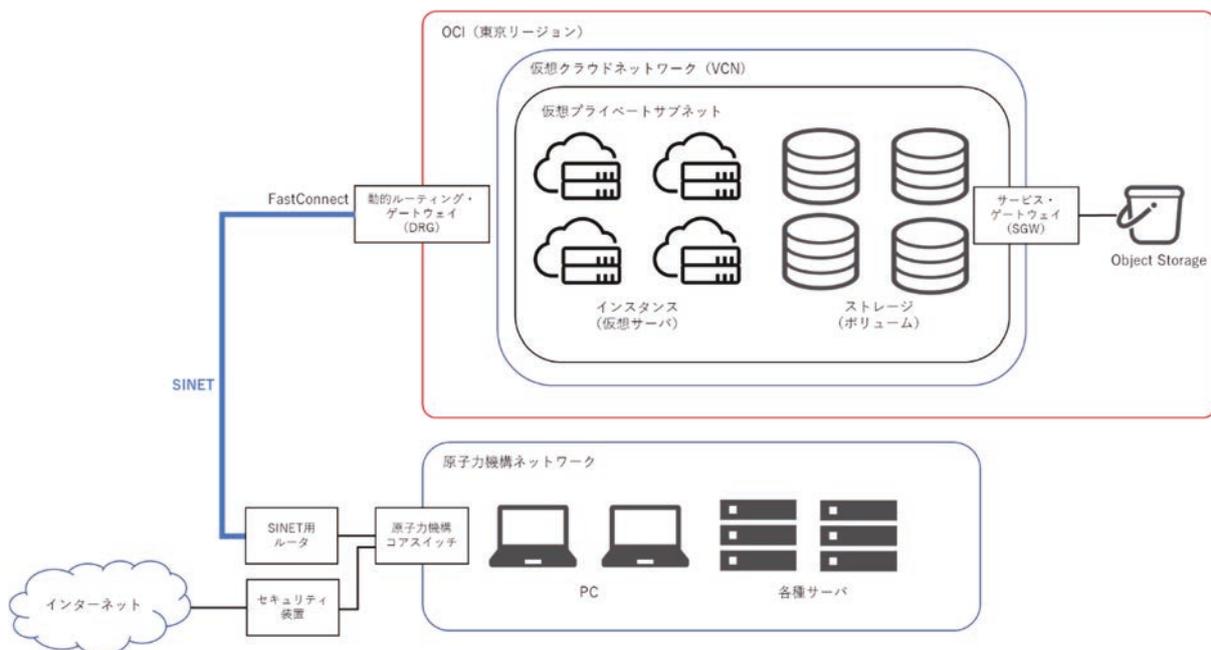


図 3-1 全体のネットワーク構成

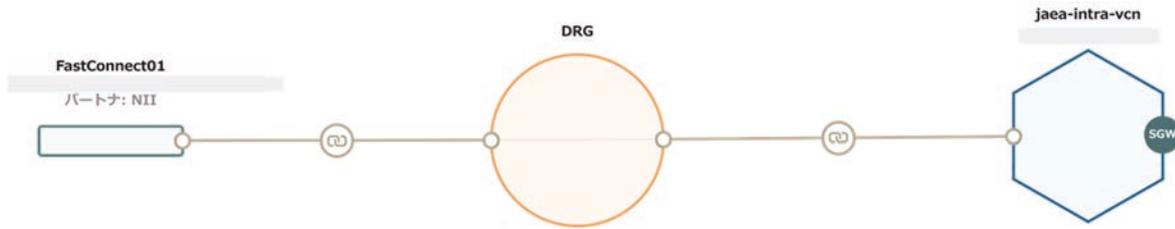


図 3-2 OCI 内部のネットワーク構成

### 3.2 インスタンス作成

OCI 上の仮想サーバ（以下、「インスタンス」という）作成時にもコストを削減できないか検討した結果、今回は PaaS での移行であることから、OCI 上で利用可能な無償の OS を活用することとした。OCI 上で利用可能な無償の OS には、Red Hat Enterprise Linux (RHEL) 互換の CentOS や AlmaLinux、Rocky Linux 等があるが、今回は OCI 上でプレミアムサポートを追加料金なく使える RHEL 互換 OS の Oracle Autonomous Linux 8 を採択した。これにより、オンプレミス環境で稼働していた RHEL サーバを円滑に移行し、従来と変わらない運用を低コストで実現できることが期待できる。

なお、クラウド化以前のオンプレミスの仮想環境に SaaS での移行が可能なアプリケーションを利用したシステムは無かったため、SaaS での移行は実施しないこととする。

インスタンスの作成手順を以下に示す。

- (1) OCI コンソールトップ画面[≡]>[コンピューティング]>[インスタンス]より[インスタンスの作成]を選択する（図 3-2-1）。

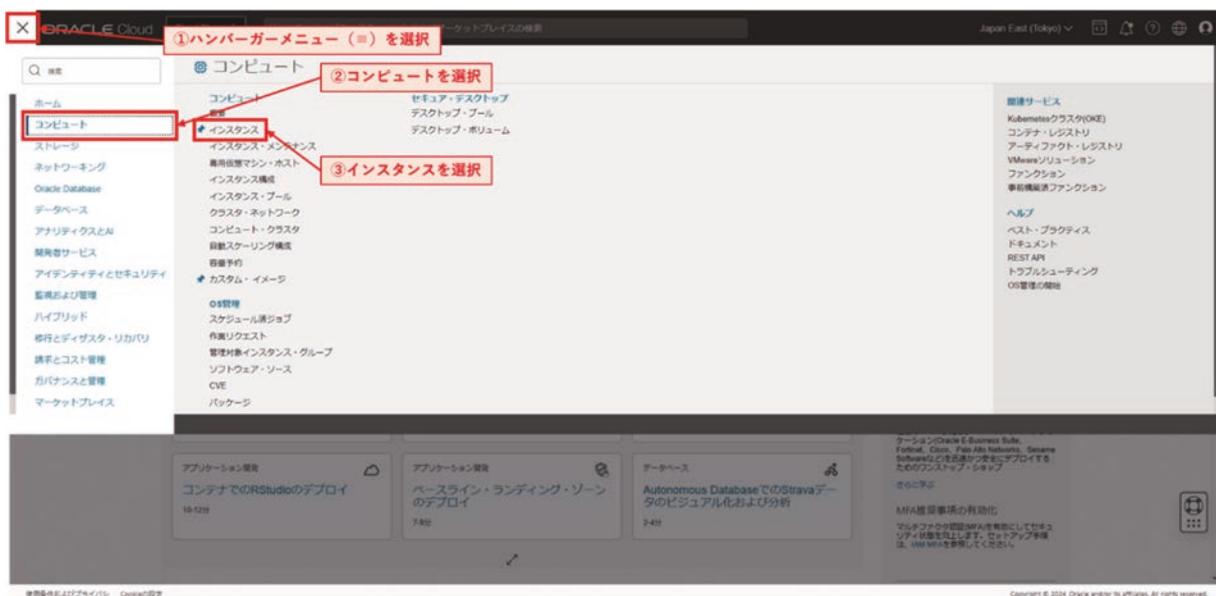


図 3-2-1 インスタンスの作成ページを開く

(2) [コンピュート・インスタンスの作成]にて[名前]に任意のインスタンス名を入力する（図 3-2-2）。

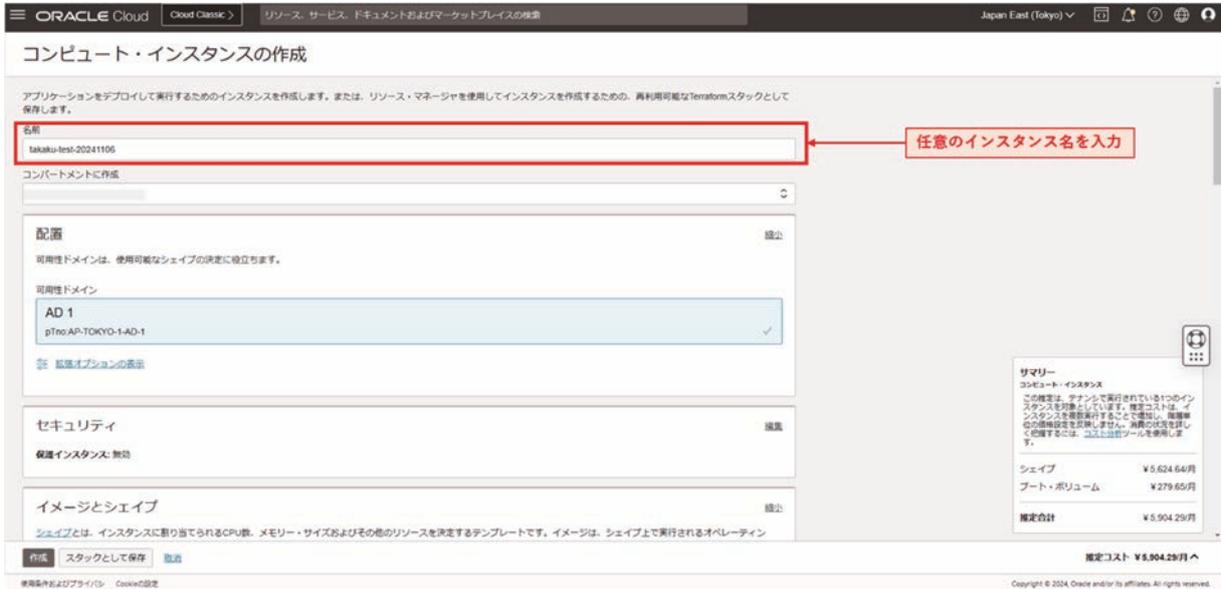


図 3-2-2 インスタンス名の入力

(3) [イメージとシェイプ]にて[イメージの変更]を選択する（図 3-2-3）。

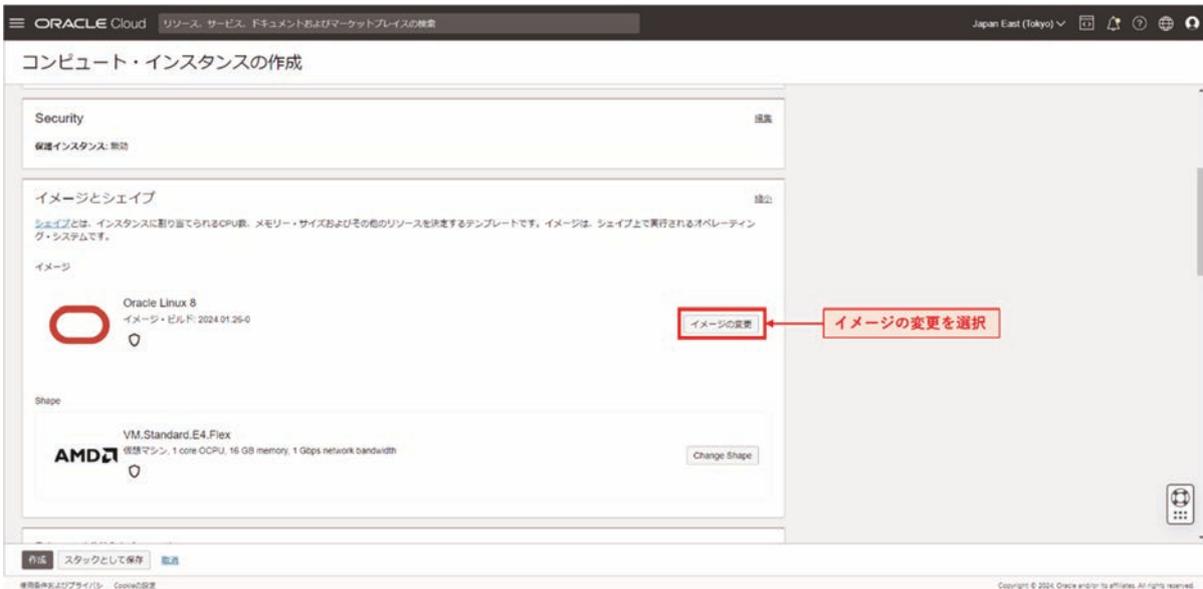


図 3-2-3 イメージの変更の選択

(4) [イメージの選択]にて[Oracle Autonomous Linux 8]を選択してイメージを変更する (図 3-2-4)。

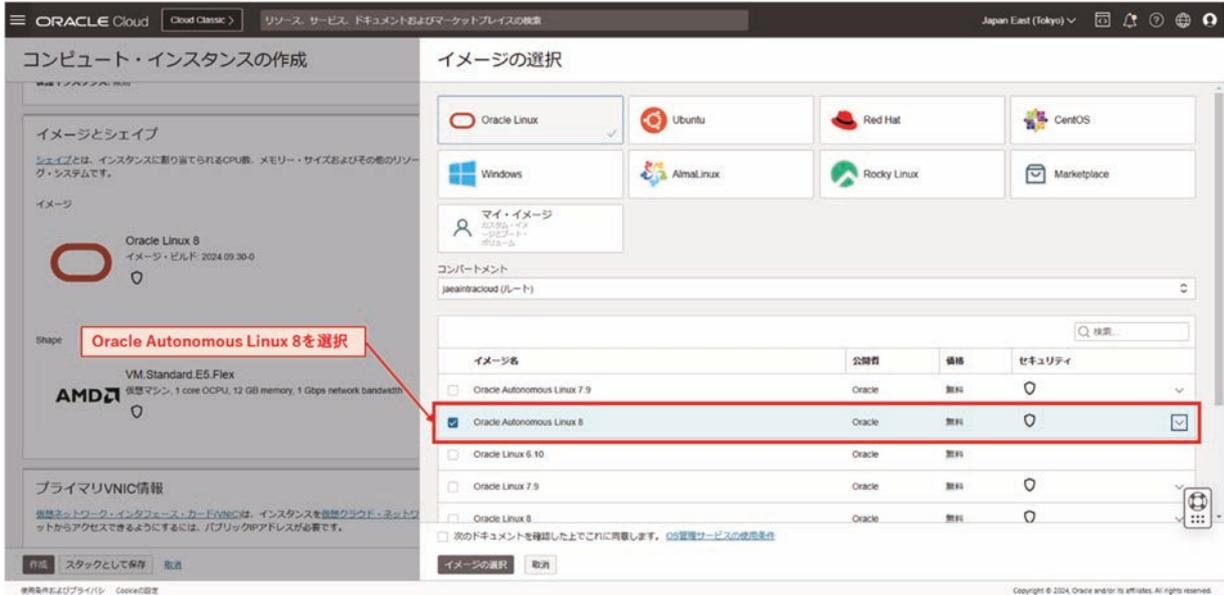


図 3-2-4 Oracle Autonomous Linux 8 にイメージを変更

(5) [イメージとシェイプ]にて[Change Shape]を選択する (図 3-2-5)。

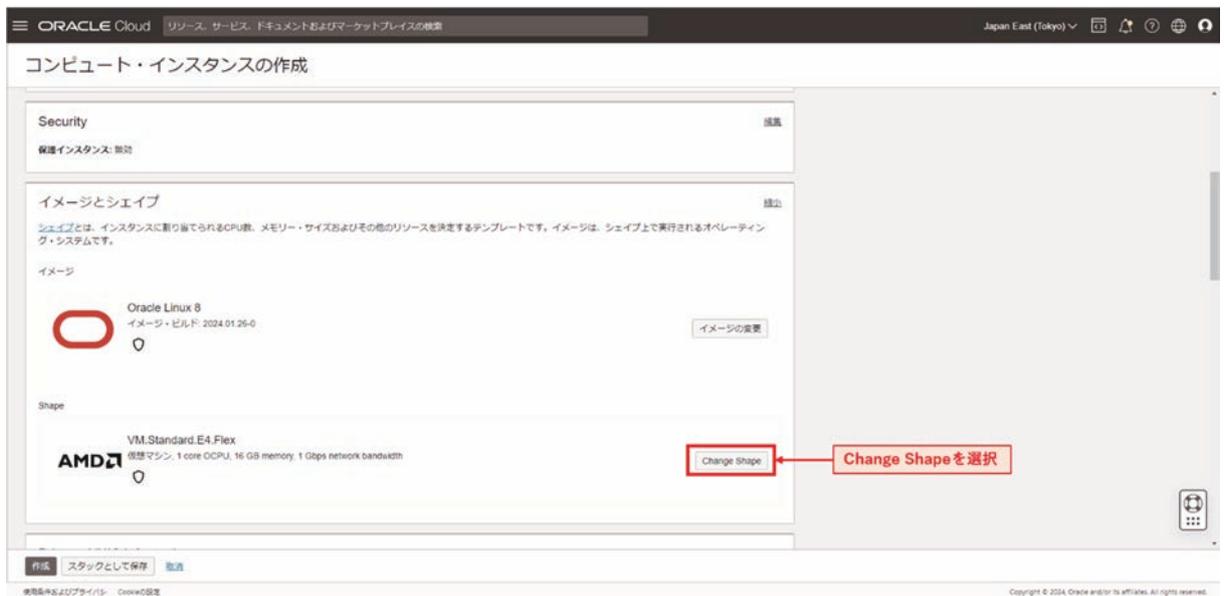


図 3-2-5 Change Shape の選択

(6) インスタンスのリソースを決める。

[OCPUの数]、[メモリー量]に任意の値を入力し、[シェイプの選択]を選択する（図 3-2-6）。  
 ここにおける OCPU だが、1 OCPU=2 vCPU という関係にあるため、2 vCPU のサーバを OCI 上に構築する場合は、1 OCPU とすればよい。

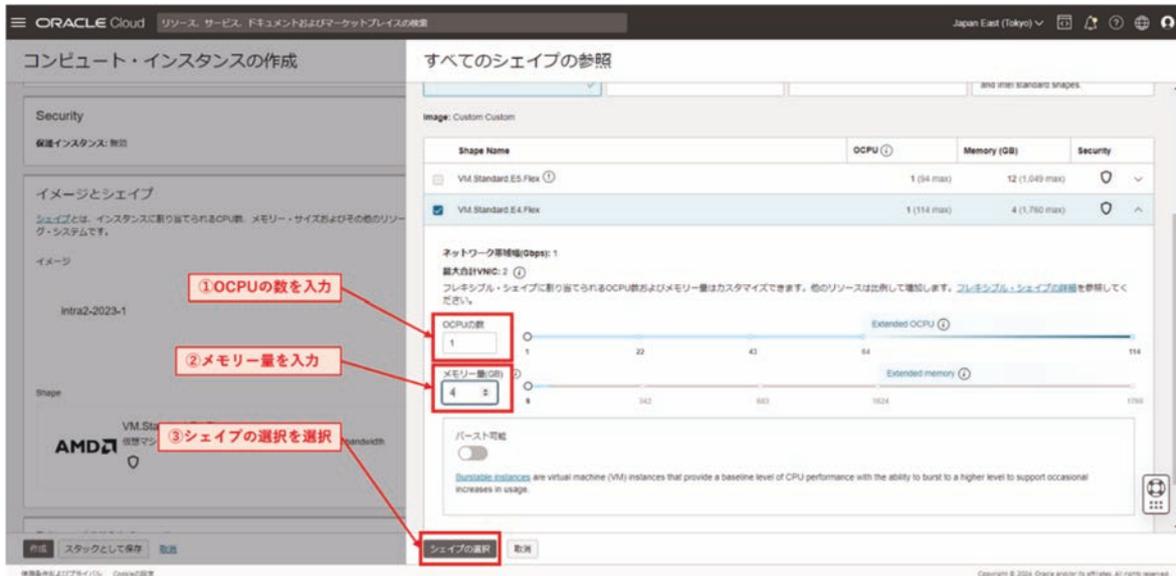


図 3-2-6 リソースの選択

(7) SSH キーを保存する。

[秘密キーの保存]、[公開キーの保存]を選択し、それぞれ任意のローカル環境に保存する。  
 ここで保存したキーは二度と生成されないため、厳重に保管しなければならない（図 3-2-7）。  
 なお、ファイル名について、秘密キーは“ssh-key-yyyy-mm-dd.ppk”、公開キーは“ssh-key-yyyy-mm-dd.pub”と命名される。



図 3-2-7 SSH キーの保存

(8) インスタンスを作成する。

最後に、(1)～(7)の設定内容を確認して[コンピュータ・インスタンスの作成]を選択する（図 3-2-8）。インスタンスの作成（プロビジョニング）が完了すると[インスタンスの詳細]が開き、リソース情報やネットワーク情報等の作成したインスタンスの詳細情報が表示される（図 3-2-9）。

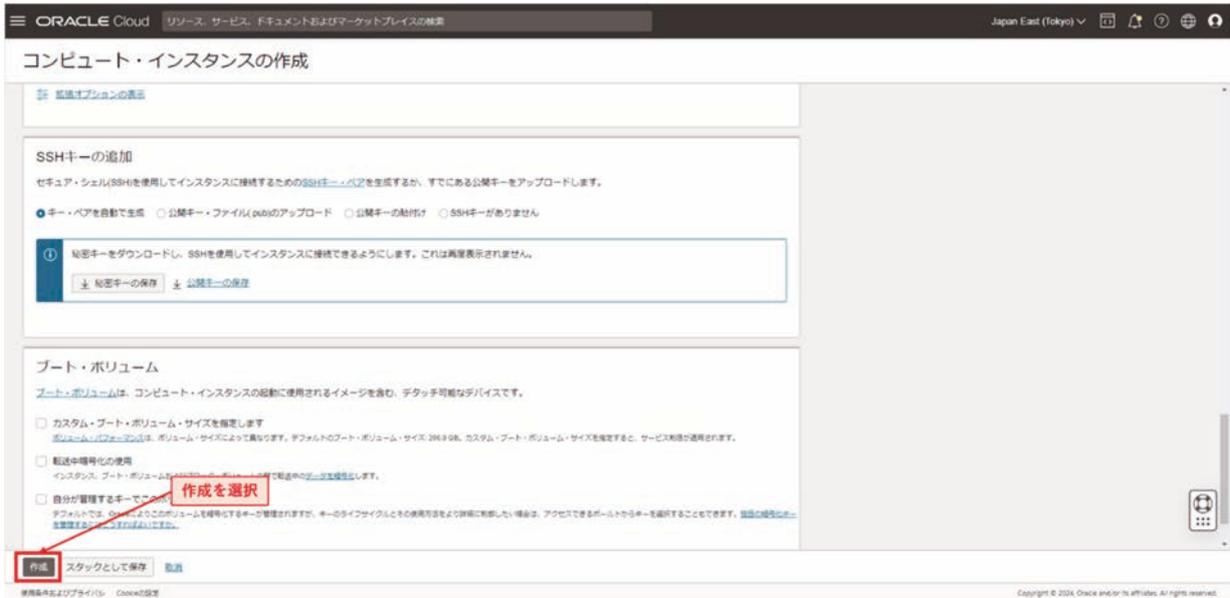


図 3-2-8 インスタンスの作成

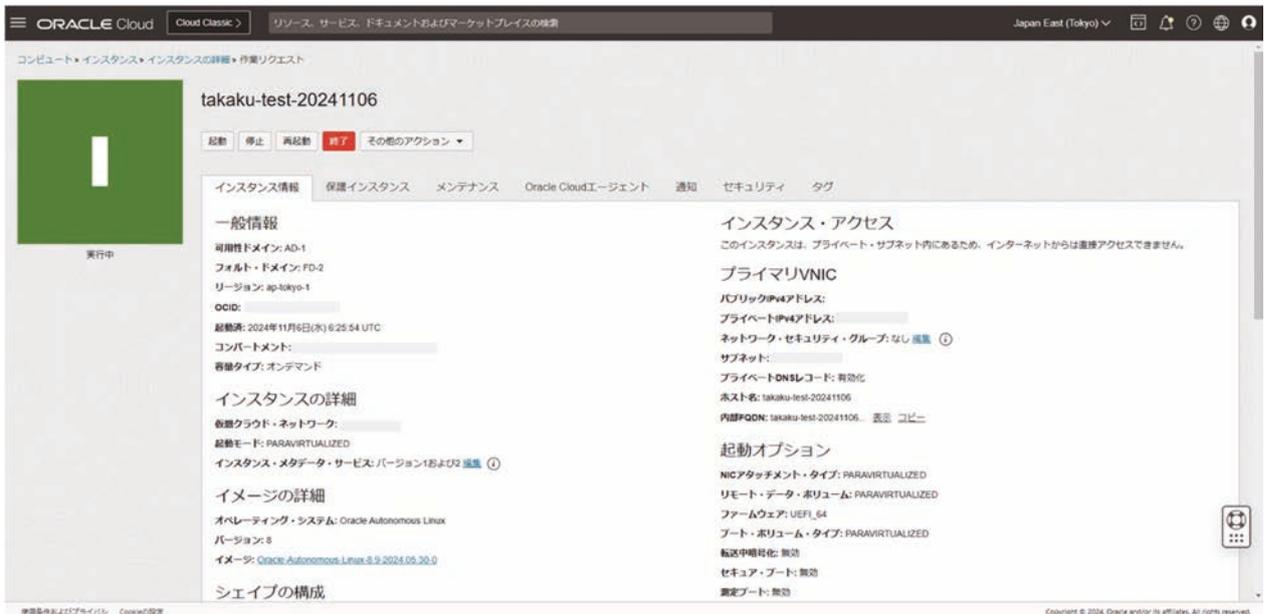


図 3-2-9 作成されたインスタンスの詳細情報

### 3.3 Oracle Linux でのサーバ構築

ここでは、例として Apache を使った WEB サーバを OCI 上に構築し、原子力機構システム計算科学センター業務 DX 推進室のイントラサイトを表示させるまでの手順を説明する。

#### (1) Oracle Linux インスタンスへの SSH 接続

まず、Oracle Linux のインスタンスを作成するとシステム管理用の `opc` ユーザが自動で作成される。この `opc` ユーザはパスワードレスで `sudo` 実行権限が付与されており、インスタンスへの `root` ユーザでの SSH 接続はセキュリティ上の理由により初期設定で制限されている。

そのため、インスタンスへの初回 SSH 接続時には前項で作成した秘密キーを利用して `opc` ユーザでログインし、`root` ユーザに切り替えた上で各種設定を行う（図 3-3-1、図 3-3-2）。

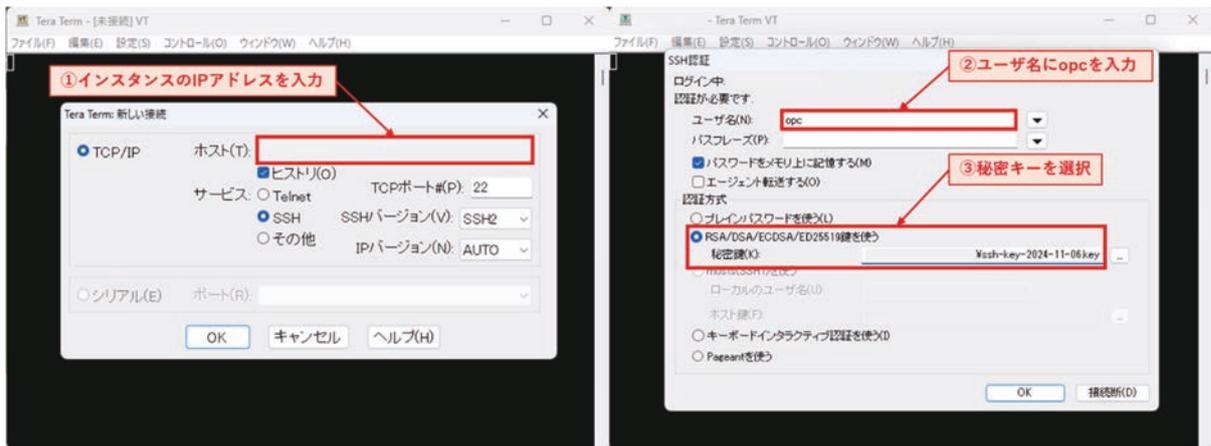


図 3-3-1 インスタンスへの SSH 接続

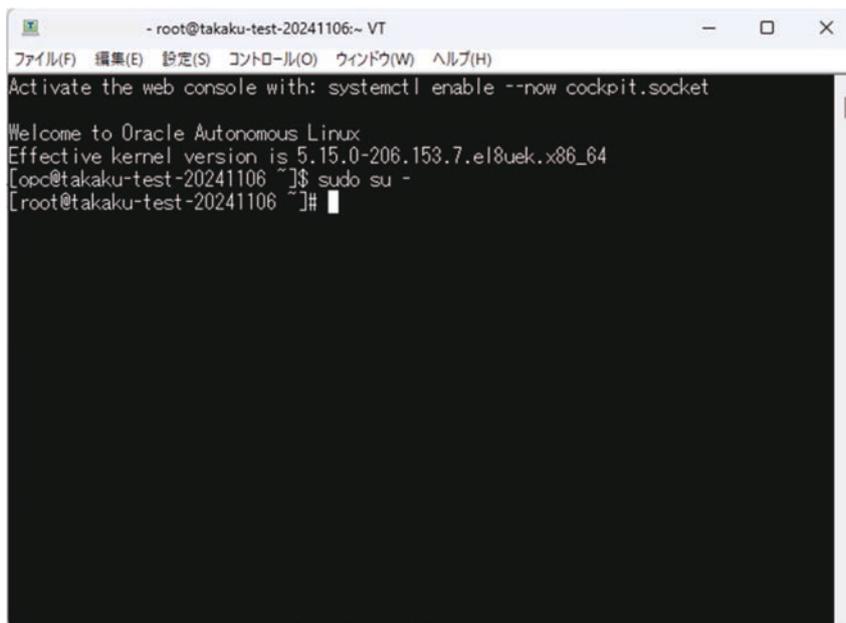


図 3-3-2 SSH 接続後に root ユーザへ切り替える

秘密キーを使用してのログインが煩雑である場合は、以下の操作を行うことでパスワードログインが有効になる。

- ①# passwd opc を実行する。
- ②# vi /etc/ssh/sshd\_config を実行する。
- ③sshd\_config の[PasswordAuthentication no]を[PasswordAuthentication yes]に変更して保存する (図 3-3-3)。
- ④# systemctl restart sshd.service を実行する (図 3-3-3)。

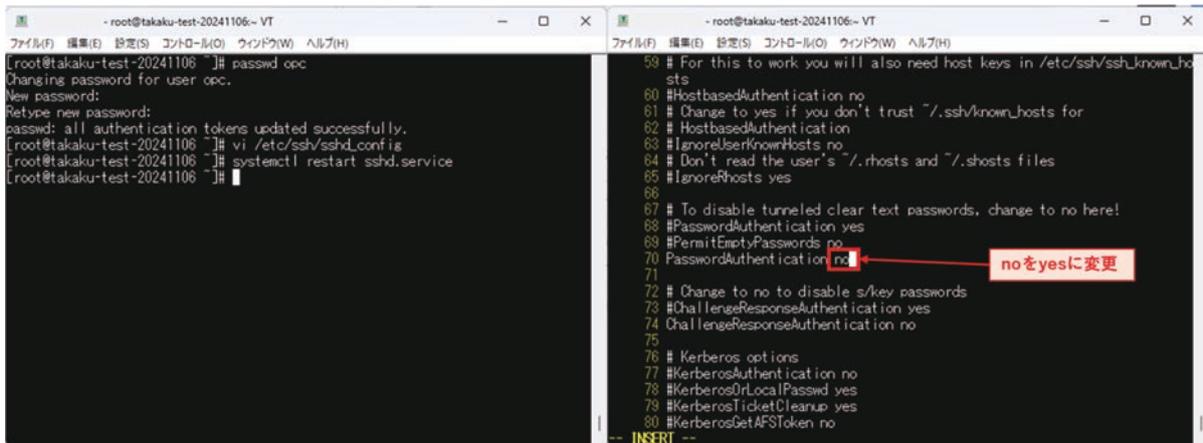


図 3-3-3 パスワードログインの設定

## (2) 各種設定

SSH 接続の設定が完了次第、言語設定やネットワーク設定等を実施する。

### • SELinux の無効化

- ①# setenforce 0 を実行する。
- ②# getenforce を実行する。
- ③②の実行結果が Permissive となっていることを確認する。
- ④# vi /etc/sysconfig/selinux を実行する。
- ⑤[SELinux=enforcing]を[SELinux=disabled]に変更して保存する (図 3-3-4)。

```

root@takaku-test-20241106:/var/www/html# cat /etc/selinux/config
# This file controls the state of SELinux on the system.
# SELINUX= can take one of these three values:
#   enforcing - SELinux security policy is enforced.
#   permissive - SELinux prints warnings instead of enforcing.
#   disabled - No SELinux policy is loaded.
SELINUX=disabled
# SELINUXTYPE= can take one of these three values:
#   targeted - Targeted processes are protected.
#   minimum - Modification of targeted policy. Only selected processes are protected.
#   mls - Multi Level Security protection.
SELINUXTYPE=targeted
    
```

図 3-3-4 SELinux の無効化

- スリープモードの無効化
  - ① # `systemctl mask sleep.target suspend.target hibernate.target hybrid-sleep.target` を実行する。
  - ② # `touch /etc/cloud/cloud-init.disabled` を実行する。
- OS 起動時にネットワーク設定が DHCP になるのを無効化
  - ① # `vi /etc/dracut.conf.d/50-network-legacy.conf` を実行する。
  - ② `[omit_dracutmodules+=] ifcfg` を追記して保存する (図 3-3-5)。
  - ③ # `dracut -f` を実行する。

```

root@takaku-test-20241106:/var/www/html# vi /etc/dracut.conf.d/50-network-legacy.conf
add_dracutmodules+= network-legacy
omit_dracutmodules+= ifcfg
    
```

図 3-3-5 DHCP の無効化

- OS 再起動後もホスト名を保持するように設定
  - ① # vi /etc/oci-hostname.conf を実行する。
  - ② [PRESERVE\_HOSTINFO=0]を[PRESERVE\_HOSTINFO=2]に変更して保存する（図 3-3-6）。
  - ③ # vi /etc/cloud/cloud.cfg を実行する。
  - ④ [preserve\_hostname: false]を[preserve\_hostname: true]に変更し、[- set\_hostname]、[- update\_hostname]、[- update\_etc\_hosts]をコメントアウトして保存する（図 3-3-6）。

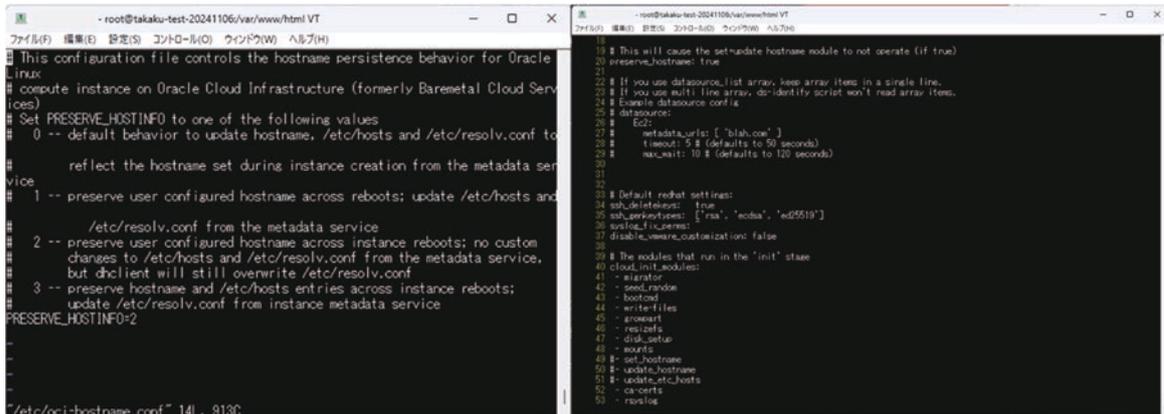


図 3-3-6 ホスト名保持の設定

- プロキシ設定
  - ① # vi /etc/environment を実行する。
  - ② 以下を追記して保存する（図 3-3-7）。
 

```
http_proxy="http://プロキシサーバの FQDN:ポート番号"
https_proxy="http://プロキシサーバの FQDN:ポート番号"
HTTP_PROXY="http://プロキシサーバの FQDN:ポート番号"
HTTPS_PROXY="http://プロキシサーバの FQDN:ポート番号"

no_proxy="127.0.0.1,localhost,jaea.go.jp,oraclecloud.com"
NO_PROXY="127.0.0.1,localhost,jaea.go.jp,oraclecloud.com"
```

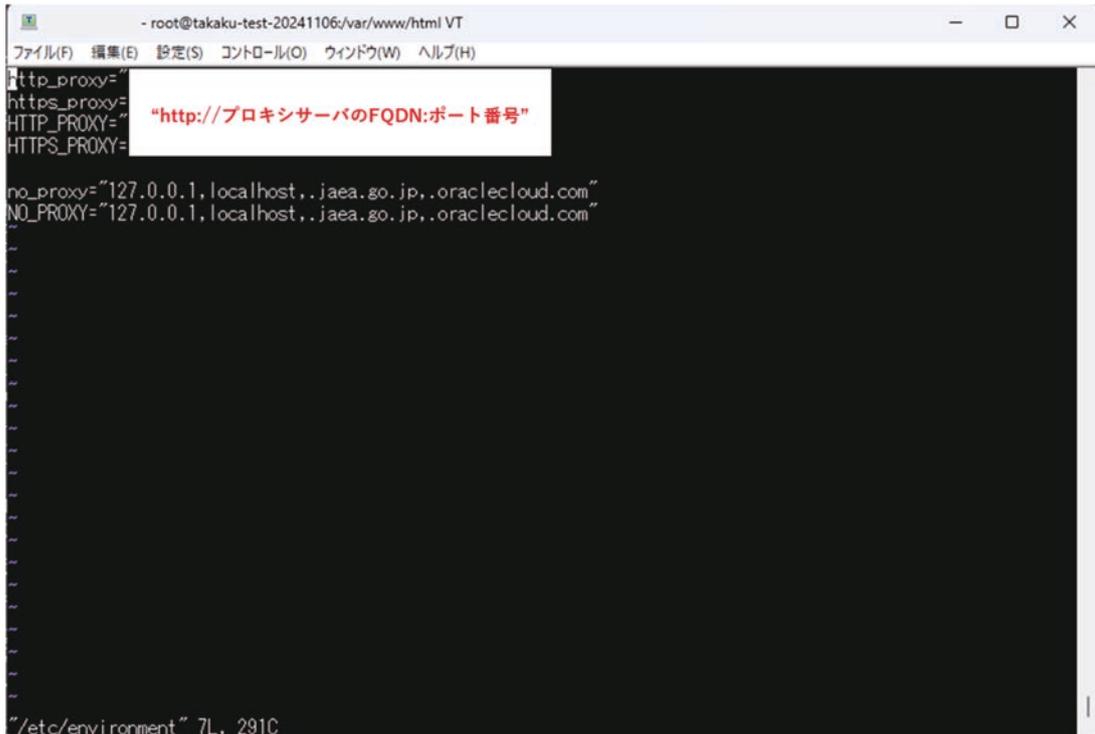


図 3-3-7 プロキシ設定

• DNS 設定

- ① # vi /etc/NetworkManager/NetworkManager.conf を実行する。
- ② [main]に[dns=none]を追記して保存する (図 3-3-8)。
- ③ # vi /etc/resolv.conf を実行する。
- ④ 以下を追記して保存する (図 3-3-8)。

search ドメイン名

nameserver DNS サーバの IP アドレス

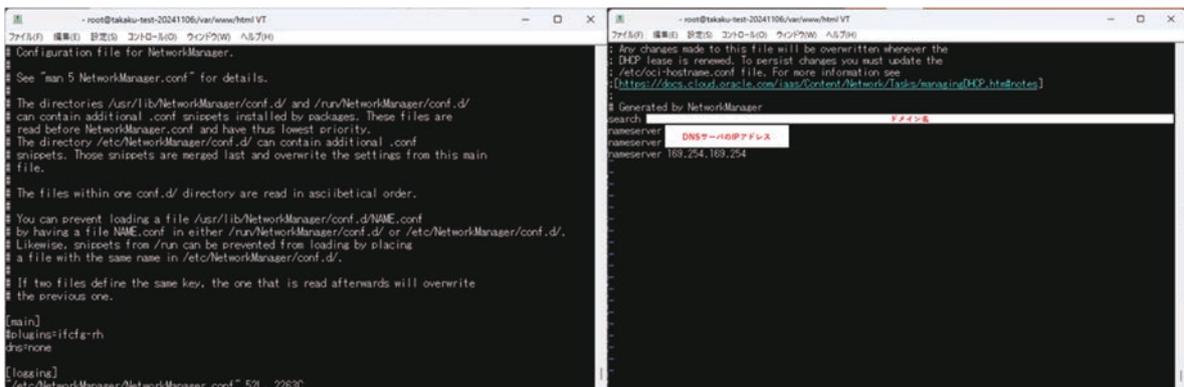


図 3-3-8 ホスト名保持の設定

- ・タイムゾーン及び言語の変更

- ①# `timedatectl set-timezone Asia/Tokyo` を実行する。
- ②# `date` を実行し、日本標準時が表示されることを確認する。
- ③# `dnf install glibc-langpack-ja` を実行する。
- ④# `localectl set-locale LANG=ja_JP.utf8` を実行する。
- ⑤# `localectl set-keymap jp106` を実行する。

## (3) 各ミドルウェアのインストール・設定

ここでは、ミドルウェアとして Apache のインストール及び設定方法を例として記すが、その他ミドルウェアやフレームワークについても同様に実施する。

- ・ Apache のインストール・設定

- ①# `yum install httpd -y` を実行する。
- ②# `systemctl start httpd` を実行する。
- ③# `systemctl status httpd` を実行し、ステータスが[active (running)]であることを確認する (図 3-3-9)。
- ④# `systemctl enable httpd` を実行する。
- ⑤# `systemctl is-enabled httpd` を実行し、enabled と表示されることを確認する (図 3-3-9)。

```

root@takaku-test-20241106:~# systemctl status httpd
● httpd.service - The Apache HTTP Server
   Loaded: loaded (/usr/lib/systemd/system/httpd.service; disabled; vendor preset: enabled)
   Active: active (running) since Thu 2024-11-07 15:32:37 JST; 3s ago
     Docs: man:httpd.service(8)
   Main PID: 41617 (httpd)
   Status: "Started, listening on: port 80"
   Tasks: 213 (limit: 22536)
   Memory: 37.5M
   OGroup: /system.slice/httpd.service
           └─41617 /usr/sbin/httpd -DFOREGROUND
             └─41618 /usr/sbin/httpd -DFOREGROUND
               └─41619 /usr/sbin/httpd -DFOREGROUND
                 └─41620 /usr/sbin/httpd -DFOREGROUND
                   └─41621 /usr/sbin/httpd -DFOREGROUND

11月 07 15:32:37 takaku-test-20241106 systemd[1]: Starting The Apache HTTP Server: httpd.
11月 07 15:32:37 takaku-test-20241106 systemd[1]: Started The Apache HTTP Server: httpd.
11月 07 15:32:37 takaku-test-20241106 httpd[41617]: Server configured, listening on: port 80
[lines 1-18/18 (END)]

root@takaku-test-20241106:~# systemctl enable httpd
Created symlink /etc/systemd/system/multi-user.target.wants/httpd.service → /usr/lib/systemd/system/httpd.service.
root@takaku-test-20241106:~# systemctl is-enabled httpd
enabled
root@takaku-test-20241106:~#

```

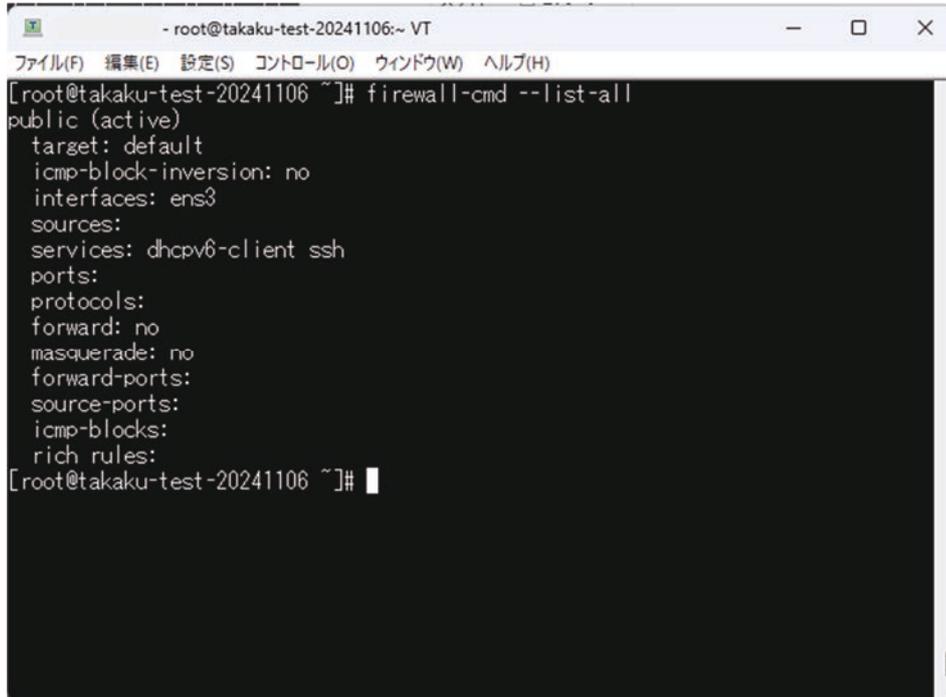
図 3-3-9 Apache のステータス

なお、上記では yum リポジトリから Apache をインストールしているが、他のリポジトリを使いたい場合には手動で変更する必要がある。例えば、EPEL リポジトリに切り替える場合は以下コマンドを実行し、戻す際には[enable]を[disable]にして実行すればよい。

```
# yum-config-manager --enable ol8_developer_EPEL
```

## (4) ファイアウォール設定

Oracle Linux では、初期設定で http 及び https はファイアウォールで許可されていない（図 3-3-10）。



```
- root@takaku-test-20241106:~ VT
ファイル(F) 編集(E) 設定(S) コントロール(O) ウィンドウ(W) ヘルプ(H)
[root@takaku-test-20241106 ~]# firewall-cmd --list-all
public (active)
target: default
icmp-block-inversion: no
interfaces: ens3
sources:
services: dhcpv6-client ssh
ports:
protocols:
forward: no
masquerade: no
forward-ports:
source-ports:
icmp-blocks:
rich rules:
[root@takaku-test-20241106 ~]#
```

図 3-3-10 ファイアウォールの初期設定

そのため、以下の手順にて http 通信及び https 通信を許可する必要がある。

- ①# `firewall-cmd --add-service=http --permanent` を実行する。
- ②# `firewall-cmd --add-service=https --permanent` を実行する。
- ③# `firewall-cmd --reload` を実行する。
- ④# `firewall-cmd --list-all` を実行し、[services]に http 及び https が追加されたことを確認する（図 3-3-11）。

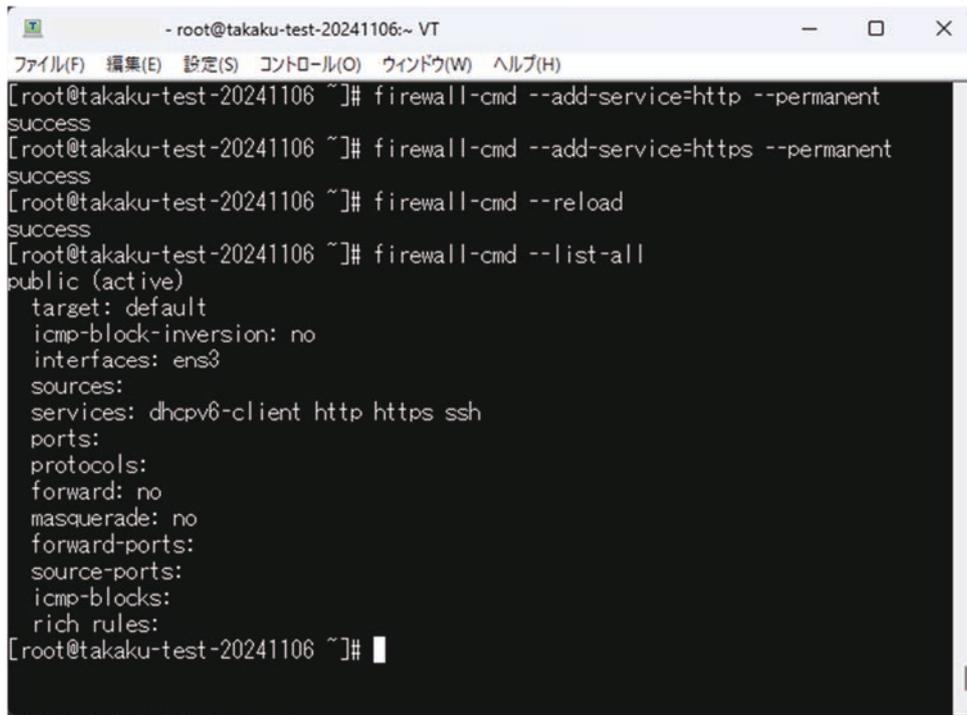


図 3-3-11 http 及び https 追加後のファイアウォール

WEB ブラウザでインスタンスの IP アドレスへアクセスし、Apache の初期画面が表示されれば成功である（図 3-3-12）。

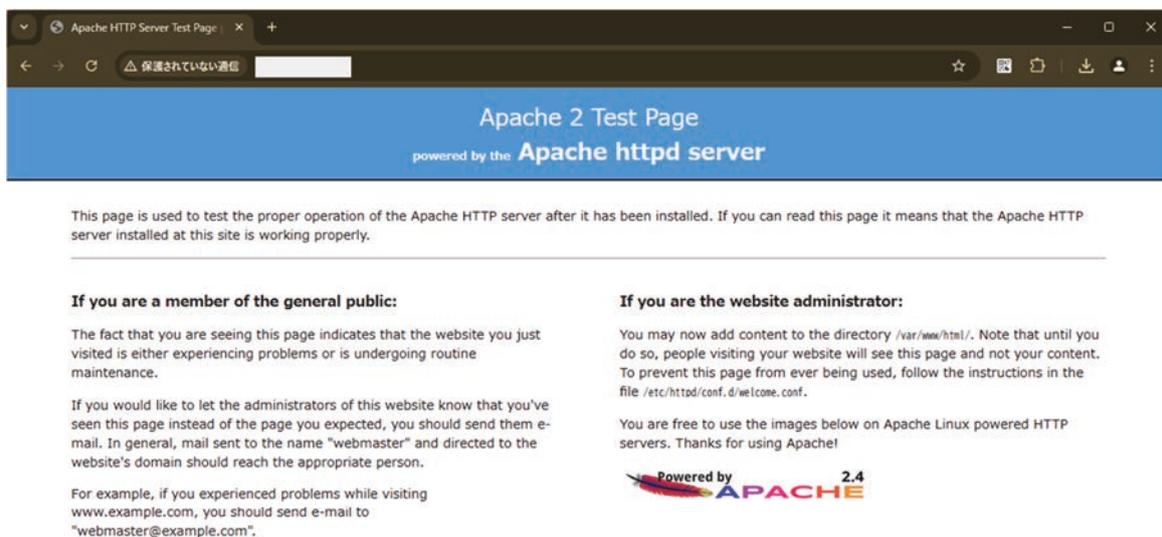


図 3-3-12 Apache の初期画面

(5) データ移行

次に、WEB コンテンツを移行元サーバからコピーする。ここでは rsync コマンドを使った方法を記す。

- ① # rsync -av -inplace ユーザ名@移行元サーバの IP アドレス:/WEB コンテンツの保存場所/  
/var/www/html を実行する。
- ② 接続確認 ([yes/no]) を求められた場合は[yes]を入力する。
- ③ パスワードの入力を求められた場合はパスワードを入力して実行する。

上記手順を実施後に WEB ブラウザでインスタンスの IP アドレスへ接続し、移行した WEB コンテンツ（ここでは業務 DX 推進室のイントラページ）が表示されれば成功である（図 3-3-13）。



図 3-3-13 業務 DX 推進室のイントラページ

(6) 動作検証

(1)~(5)で基本的な OCI へのサーバ移行は完了したため、最後に動作検証を実施する。動作検証の際は、WEB コンテンツ等が問題なく閲覧できるかを一通り確認するだけでなく、メール送信やログイン認証の動作等をログも含めて入念に確認する。

また、移行するシステムによっては crontab コマンドによる深夜処理等が動作していることがあるため、移行前同様に crontab 処理を定義し、同じように動作するか検証する。

動作検証においては、利用部門へも丁寧に説明をした上で互いに独立した立場から動作検証を行うことが重要である。

(7) 運用切り替え

動作検証の結果、クラウド環境への移行が可能と判断できた場合は、運用切り替えを実施してクラウドでの運用を開始する。運用切り替えの際は、移行前システムへ利用者がアクセスできないようにした上で、データの差分をなくしてから DNS 切り替えを実施した。

なお、クラウドでの運用開始直後は、移行前のシステムも並行稼働させることで、万一クラウド環境上に構築したインスタンスで障害が発生した際のリスクを低減することができる。並行稼働させる際は、クラウド環境上のインスタンスと移行前のシステムとの間でデータ同期を実行するために、公開鍵を用いた rsync 処理等を実装する。

3.4 クラウドでの運用開始後について

クラウドでの運用開始後、インスタンスのリソースが適切であるかの判断や、障害発生時に原因究明を迅速に行うためにインスタンスのリソース使用状況を監視することが重要である。インスタンスのリソース量の監視は、OCI コンソール画面から対象のインスタンスを選択して確認できる (図 3-4-1)。

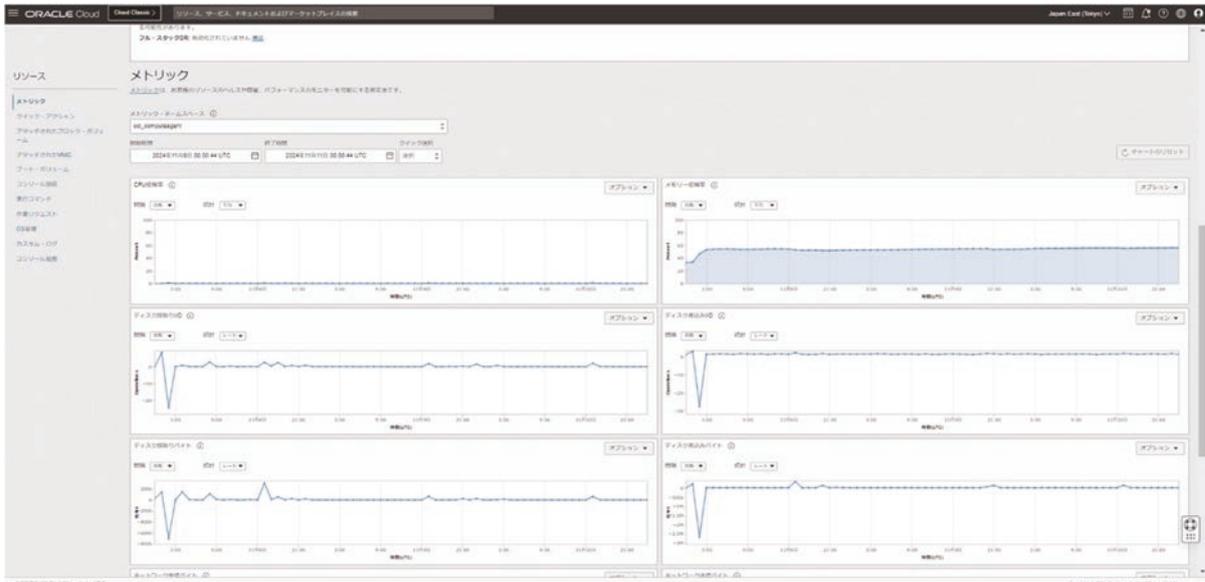


図 3-4-1 インスタンスのリソース監視状況

また、障害に備えて、インスタンスのボリュームのバックアップを自動で取得するよう設定した。バックアップの数が増えるにつれてコストは増大するため、フルバックアップを週に 1 回取得し、その他の日は差分バックアップを取得して、過去 2 週間分を保持するよう設定した。

自動バックアップの設定手順を以下に示す。

(1) OCI コンソールトップ画面[≡]>[ストレージ]>[バックアップ・ポリシー]より[バックアップ・ポリシーの作成]を選択する (図 3-4-2)。

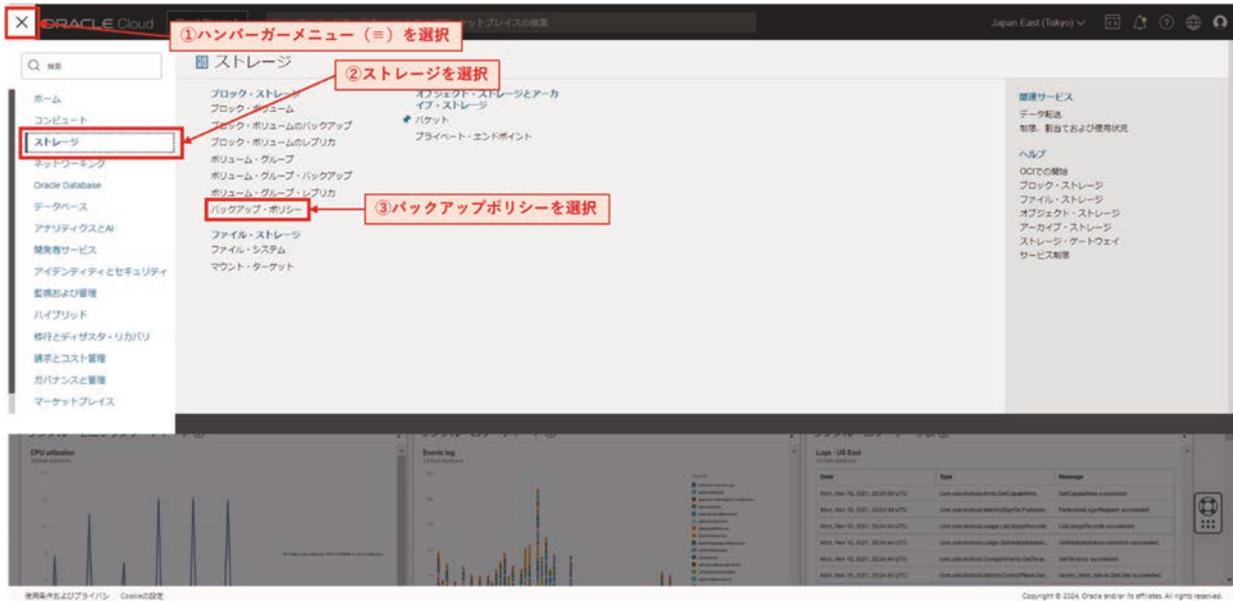


図 3-4-2 バックアップ・ポリシーを開く

(2) [バックアップ・ポリシーの作成]にて[名前]に任意のポリシー名を入力し、[バックアップ・ポリシーの作成]を選択する (図 3-4-3)。

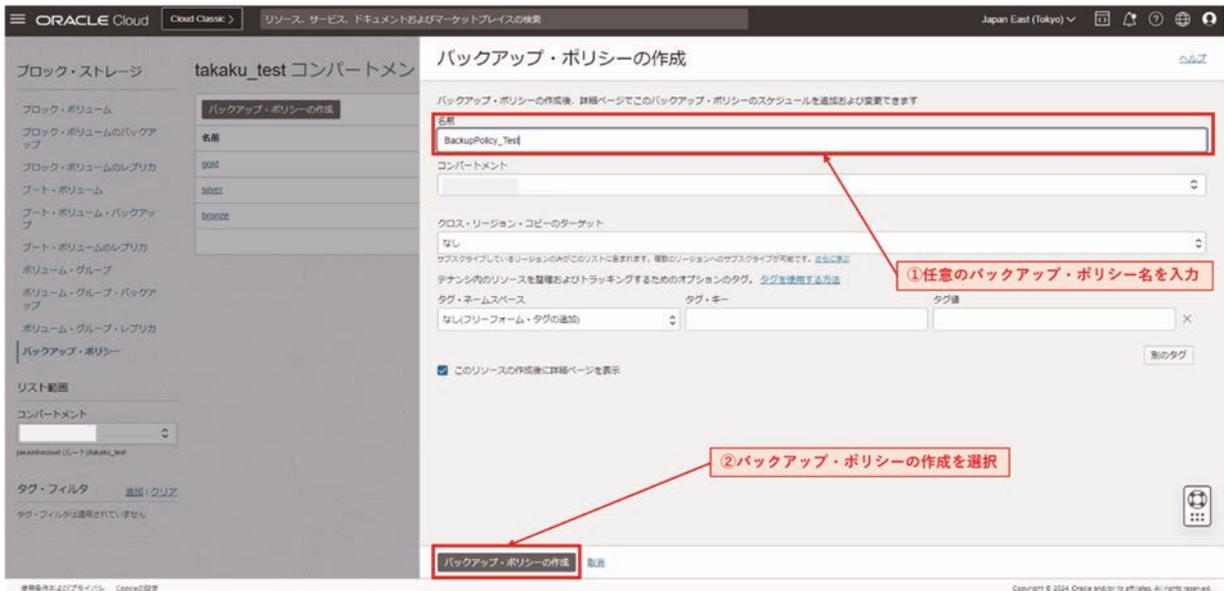


図 3-4-3 バックアップ・ポリシー名の入力

(3) [バックアップ・ポリシーの詳細]にて[スケジュールの追加]を選択する（図 3-4-4）。

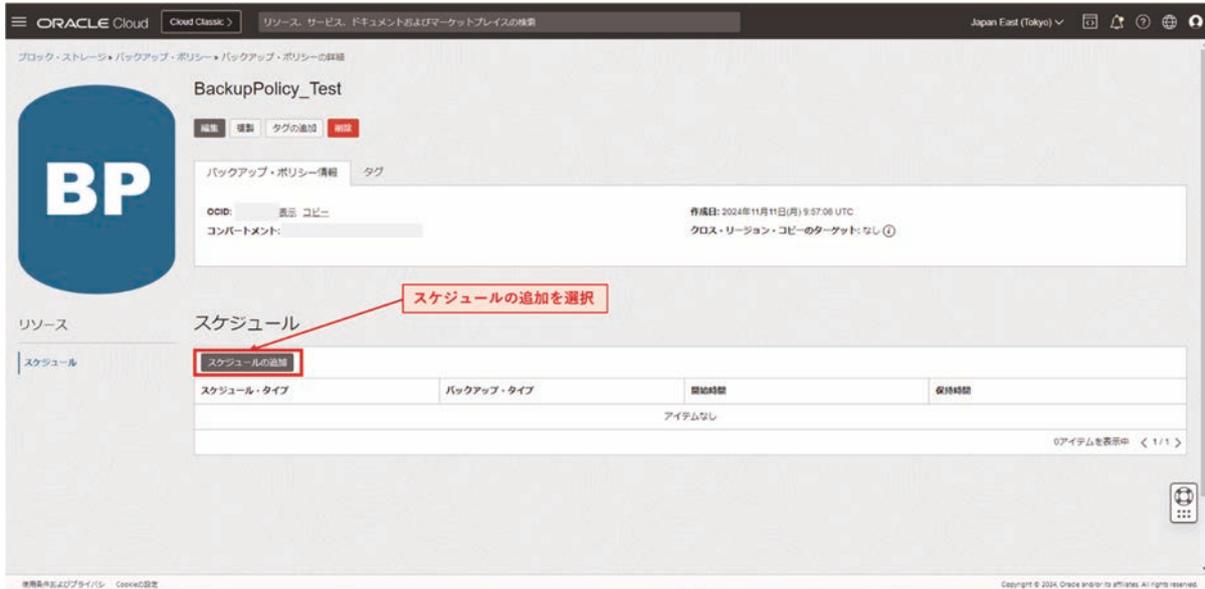


図 3-4-4 スケジュールの追加の選択

(4) [スケジュールの追加]にて以下のように週に 1 回フルバックアップを取得するスケジュールを作成する（図 3-4-5）。

ここでは、日本標準時の月曜日深夜 02:00 にフルバックアップを取得することにする。

- ・スケジュール・タイプ：毎週
- ・該当週の日：月曜日
- ・該当日の時間：02:00
- ・週の保持時間：2
- ・バックアップ・タイプ：完全
- ・タイムゾーン：リージョナル・データ・センター時間

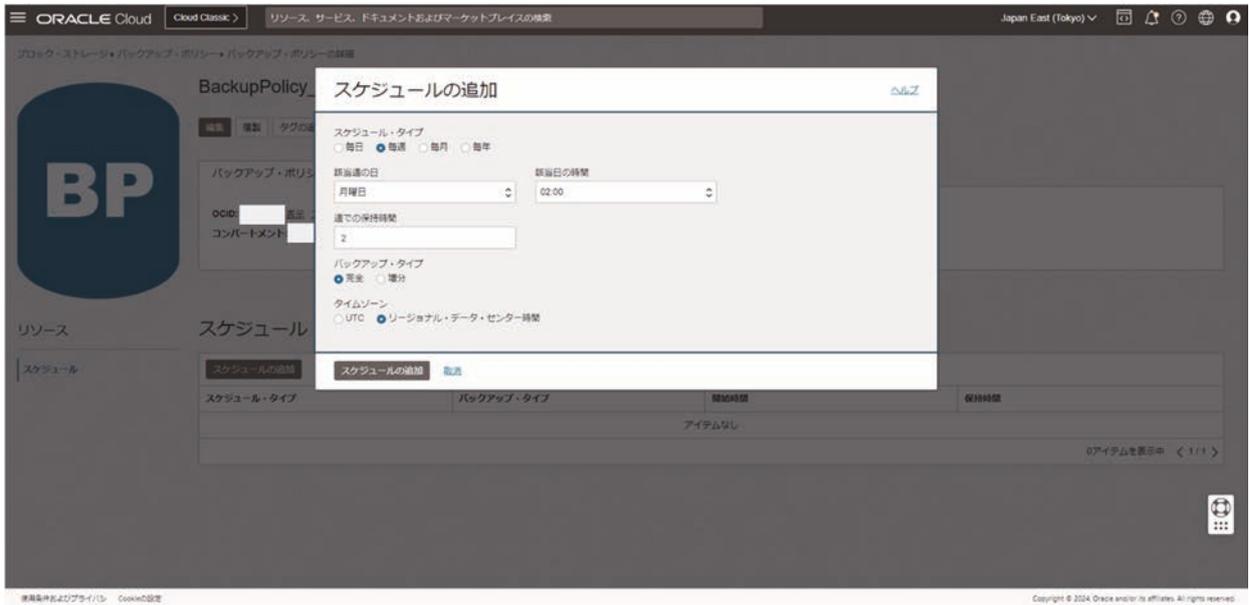


図 3-4-5 フルバックアップ用スケジュールの作成

(5) 同様に差分バックアップを取得するスケジュールを作成する (図 3-4-6)。

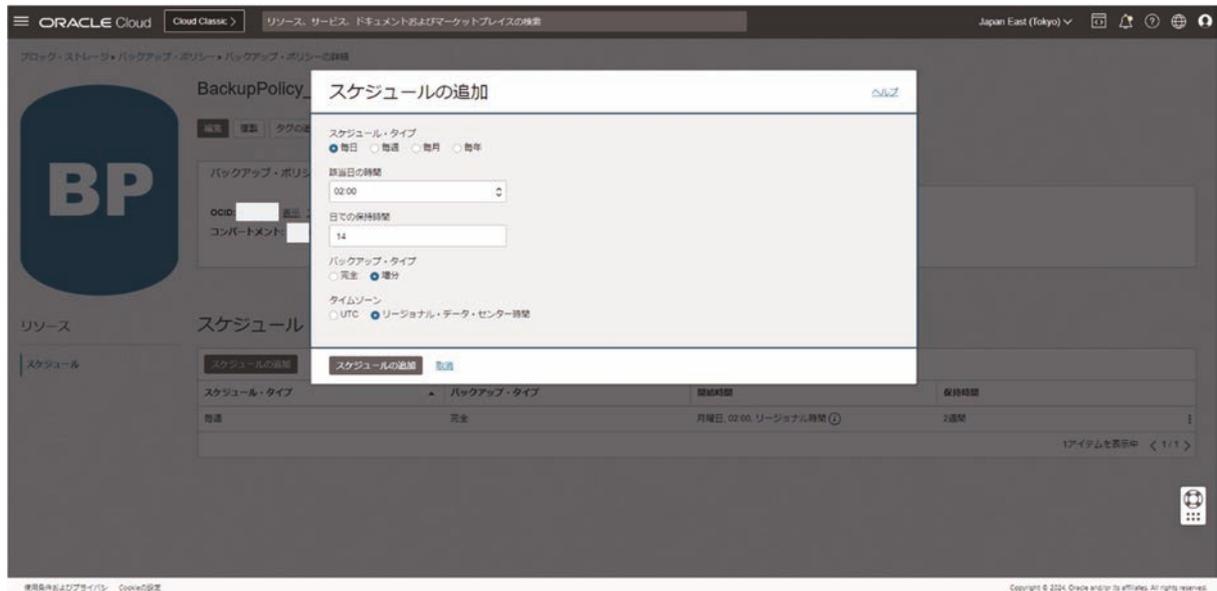


図 3-4-6 差分バックアップ用スケジュールの作成

- (6) インスタンスの詳細画面を開き、[ブート・ボリューム]からインスタンスにアタッチされたブート・ボリュームを選択する（図 3-4-7）。

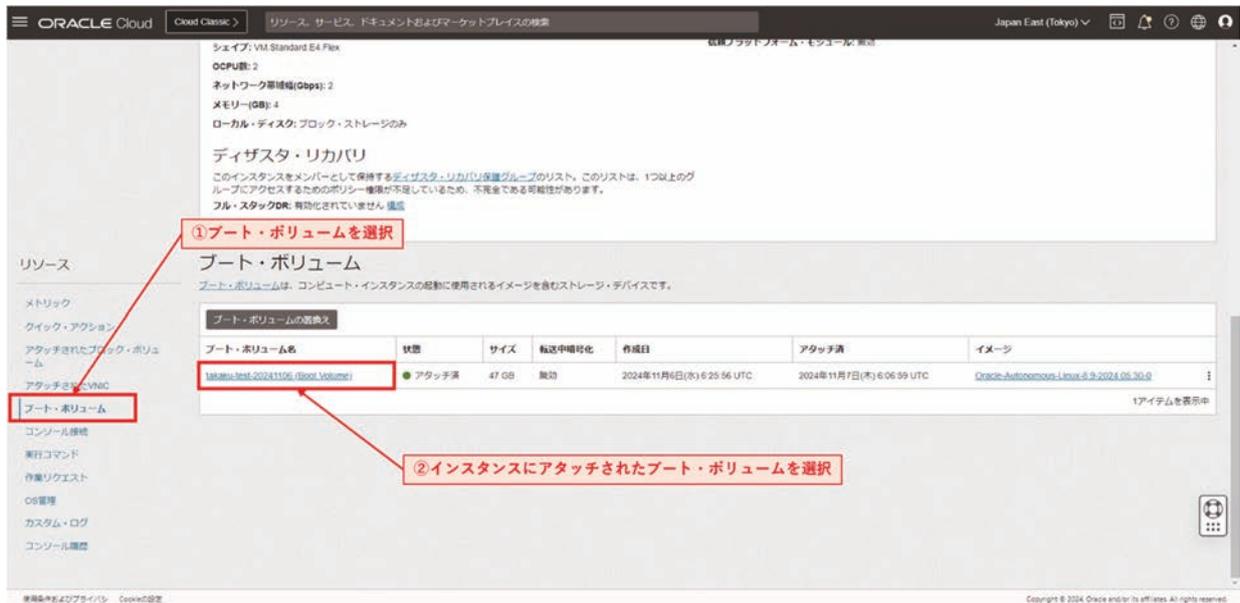


図 3-4-7 インスタンスのブート・ボリュームの選択

- (7) ブート・ボリュームの詳細にて[編集]を選択し、[バックアップ・ポリシー]にて(4)、(5)で作成したバックアップ・ポリシーを選択して[変更の保存]を選択する（図 3-4-8）。

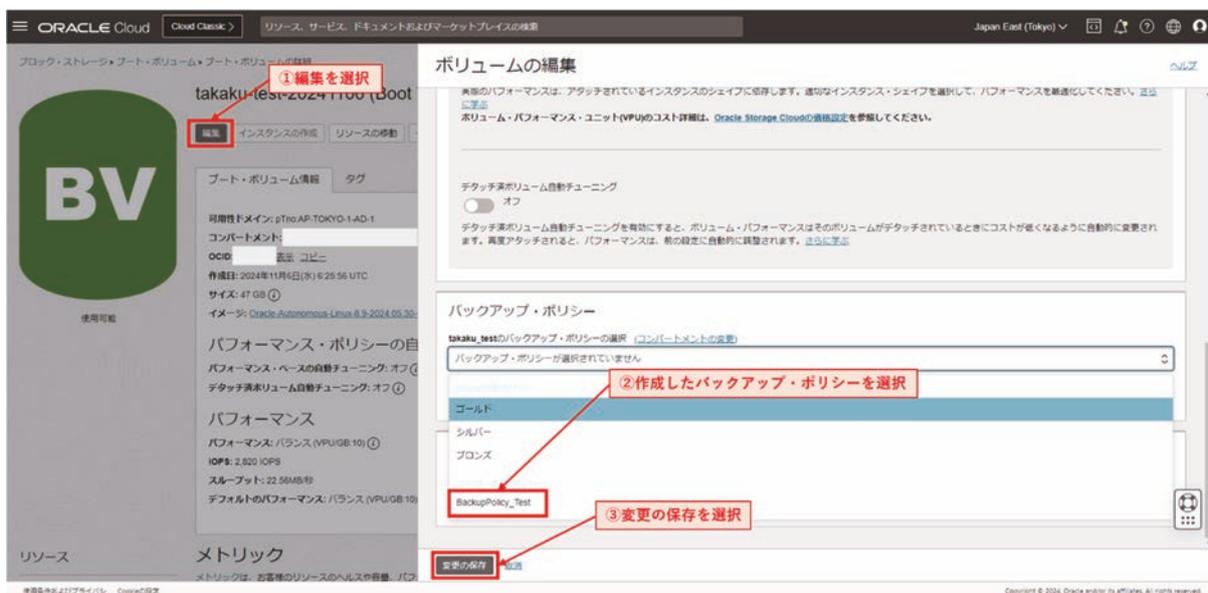


図 3-4-8 作成したバックアップ・ポリシーの適用

以上の手順を実施することで、バックアップの自動取得が可能になる。

### 3.5 オンプレミスとクラウドの比較

クラウド化以前のオンプレミスの仮想環境とクラウド環境についてコスト面で比較すると、オンプレミスの仮想環境は、仮想環境を構築するための物理サーバの導入費や仮想化ソフトウェア・OSのライセンス費、運用・保守費、光熱費等に加え電源設備や環境構築へのコストも要するため、初期導入コストが非常に高価になる傾向がある。一方、クラウド環境は定額のクレジットを事前購入する形や、利用量に応じて支払う従量課金制であることが多いため、契約が開始された時点で多額の料金を支払う必要はなく、初期導入コストを少なく抑えてサーバをすぐ構築できるという特徴がある。

具体的には、オンプレミスの仮想環境で動作していた1か月当たりのコストが約9,000円であるRHELのWEBサーバ（原子力機構イントラサーバ）をOracle Linuxに切り替えてOCIへ移行したところ、1か月当たりのコストは約4,200円と約半分のコスト削減が実現できた。今回、OSを変更するPaaSでの移行としたことで約半分のコスト削減が実現できたが、IaaSで移行する場合はOSのライセンスコスト等が追加で発生するため、PaaSでの移行ほどのコスト削減は期待できない。OSがWindows Serverのサーバ（内線電話番号検索サーバ）をOCIへ移行した場合には、1か月当たりのコストが約9,000円から約16,000円となり、約1.5倍以上のコスト増となることが分かった。よって、OSの種類やリソースによってはクラウド化で必ずしもコスト削減が実現できるとは限らない。

次に、オンプレミスの仮想環境上に構築したOracle Linuxサーバと、同等のスペックでOCI上に構築したOracle Linuxインスタンスの性能について、ベンチマークテストを実施して比較する。ベンチマークテストにはオープンソースのsysbench 1.0を使用し、CPU、メモリ、ディスクI/Oの性能を測定した。測定結果を表3-1に示す。

表 3-1 ベンチマークテストの結果

	オンプレミスの仮想環境	OCI 環境
CPU 仕様	Intel(R) Xeon(R) Silver 4215R CPU @ 3.20GHz	AMD EPYC 7J13 64-Core Processor @ 2.45GHz
CPU リソース量	4 vCPU	2 OCPU
メモリリソース量	4 GB	4 GB
CPU の測定結果	1204.17 events/s	3664.40 events/s
CPU の測定結果 (平均レイテンシ)	0.83 ms	0.27 ms
メモリの測定結果 (書き込み)	5178.73 MiB/s	5312.12 MiB/s
メモリの測定結果 (平均レイテンシ)	0.00 ms	0.00 ms
ディスク I/O の測定結果 (読み込み)	24.75 MiB/s	30.99 MiB/s
ディスク I/O の測定結果 (書き込み)	16.50 MiB/s	20.66 MiB/s
ディスク I/O の測定結果 (平均レイテンシ)	0.17 ms	0.13 ms

表 3-1 における CPU の測定結果は、1 スレッドで 10000 以下の素数を求める計算（イベント）を 1 秒間に何回実行できたかを示しており、数値が大きいほど CPU の性能が優れている。平均レイテンシは命令が発行されてから実行が完了するまでの時間の平均値を示しており、数値が小さいほど CPU の性能が優れている。表 3-1 より、OCI 環境ではオンプレミスの仮想環境と比較して 3 倍以上 CPU 性能が優れていることが分かる。1 OCPU=2 vCPU という関係から OCI 環境での CPU 数はオンプレミスの仮想環境の 1/2 としたが、ベンチマークテストの結果から、CPU 数を 1/3 程度まで落とすことでさらなるコスト削減が期待できる。

メモリの測定結果（書き込み）は、1 スレッドでメモリの書き込みが毎秒何 MiB であるかを示しており、数値が大きいほどメモリ操作が高速でありメモリ性能が優れている。平均レイテンシは 1 回のメモリ操作に要する処理時間の平均値を示しており、数値が小さいほど高速でありメモリ性能が優れている。表 3-1 より、平均レイテンシに差はなく、OCI 環境ではオンプレミスの仮想環境と比較してメモリ性能が優れていることが分かる。

ディスク I/O の測定結果は、合計ファイルサイズが 2GB のファイル 128 個に対してランダム読み書きを行い、毎秒何 MiB の読み書きができたかを示しており、数値が大きいほどディスク I/O が高速でありディスク性能が優れている。平均レイテンシは 1 回のディスク読み書き操作に要する処理時間の平均値を示しており、数値が小さいほどディスク I/O が高速でありディスク性能が優れている。表 3-1 より、OCI 環境ではオンプレミスの仮想環境と比較してディスク性能が優れていることが分かる。

### 3.6 まとめ

今回クラウド化を実施した一般情報システムの中には、原子力機構内からのアクセスが非常に多い原子力機構イントラサーバ等も含まれているが、クラウド環境へ移行してからレスポンスの悪化等の問題は発生しておらず、利用者目線では従来と変わらないサービスを長期化安定して提供できている。ベンチマークテストの結果についても、クラウド化以前と比較して性能の低下は見られなかったことから、クラウドの性能面については大いに評価できる。

コストについては、クラウド化以前 RHEL で動作していたサーバを Oracle Linux へ切り替えてクラウド化することで大幅なコスト削減が実施できた一方、Windows Server で動作するサーバについてはコスト削減が困難であることが分かった。既存のオンプレミスの仮想環境では無制限の Windows Server ライセンスを利用しているため、理論上、リソースの範囲内であれば Windows Server のサーバを何台構築しても追加コストが発生することはない。しかし、クラウド上ではサーバの台数に比例して OS のライセンスコストが発生するため、OS の種類やリソースの見直し等によりコスト削減が見込めるものは積極的にクラウド化し、コスト削減が見込めないものはクラウド化を実施せずオンプレミスの仮想環境で運用を続けるというハイブリッド形式がコスト削減の面において最適であると考えられる。

また、クラウド化において懸念される点として、市販されているミドルウェア等によっては、オンプレミス環境からクラウド環境に移行する際にコストが発生する可能性がある。そのため、ライセンス体系を十分に確認した上でクラウド化を検討・実施することが重要である。

#### 4. おわりに

本報告書では、原子力機構の一般情報システムのクラウド化をするに当たり各クラウドサービスの調査・検討を実施し、コスト削減を主目的として OS の変更やリソースを見直してクラウド化を実施したことで、コストを大幅に削減しつつ円滑にクラウド化を実施するための条件を明らかにした。

また、クラウド化によって原子力機構内の各サーバ管理者の業務負担や運用に掛かる現場でのコスト負担を削減できただけでなく、多種多様な分野に精通した人材が集う原子力機構において情報技術に精通する我々がクラウド利用の窓口となることによって、より効率的なシステム運用や、今日求められるセキュリティインシデントへの対策を実現する基盤を整えることができた。

クラウド分野は日進月歩であるため、クラウド関連の技術を日々注視し、クラウドの活用を通じて業務課題のさらなる解決と継続的な改善に努めていきたい。

## 謝辞

本報告書を執筆するに当たり、ご指導とご助言を頂いたシステム計算科学センター清水大志副センター長に深く感謝の意を表す。加えて、クラウド化の実施に際し協力頂いたシステム計算科学センターサイバーセキュリティ統括室佐藤智彦技術副主幹と日本オラクル株式会社を含む全ての関係者へ深く感謝の意を表す。

## 参考文献

- 1) 総務省, 平成 30 年版情報通信白書, 2018, p.122,  
<https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h30/pdf/30honpen.pdf>  
(参照 : 2024 年 10 月 10 日) .
- 2) デジタル庁, 政府情報システムにおけるクラウドサービスの適切な利用に係る基本方針, 2023,  
[https://www.digital.go.jp/assets/contents/node/basic\\_page/field\\_ref\\_resources/e2a06143-ed29-4f1d-9c31-0f06fca67afc/5167e265/20230929\\_resources\\_standard\\_guidelines\\_guideline\\_01.pdf](https://www.digital.go.jp/assets/contents/node/basic_page/field_ref_resources/e2a06143-ed29-4f1d-9c31-0f06fca67afc/5167e265/20230929_resources_standard_guidelines_guideline_01.pdf)  
(参照 : 2024 年 10 月 3 日) .
- 3) 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構, 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構の中長期目標を達成するための計画 (中長期計画) ,  
<https://www.jaea.go.jp/01/pdf/keikakuR4.pdf> (参照 : 2024 年 10 月 16 日) .
- 4) 内閣サイバーセキュリティセンター (NISC) , 「政府機関などのサイバーセキュリティ対策のための統一基準群」 ,  
<https://www.nisc.go.jp/policy/group/general/kijun.html> (参照 : 2024 年 10 月 7 日) .
- 5) デジタル庁, 令和 4 年度募集分ガバメントクラウド対象クラウドサービス一覧 (令和 5 年 4 月 3 日改訂) ,  
[https://www.digital.go.jp/assets/contents/node/basic\\_page/field\\_ref\\_resources/d6b5753c-c4eb-4ee6-92d0-21b3fa945a82/09da329e/20230403\\_policies\\_gov\\_cloud\\_outline\\_01.pdf](https://www.digital.go.jp/assets/contents/node/basic_page/field_ref_resources/d6b5753c-c4eb-4ee6-92d0-21b3fa945a82/09da329e/20230403_policies_gov_cloud_outline_01.pdf)  
(参照 : 2024 年 10 月 7 日) .
- 6) 学術情報ネットワーク SINET6, 学術情報ネットワークとは,  
<https://www.sinet.ad.jp/aboutsinet> (参照 : 2024 年 10 月 14 日) .
- 7) Oracle, Oracle Cloud Infrastructure が、次期学術情報ネットワーク (SINET6) に対応,  
<https://blogs.oracle.com/oracle4engineer/post/sinet6-oci> (参照 : 2024 年 10 月 14 日) .

This is a blank page.



