



OPEN

Compute Project

Data Center v1.0

Author: Jay Park, Data Center Design Director

1 Scope

This document describes the mechanical and electrical specifications used in the design of Facebook's innovative and energy-efficient data center.

このドキュメントは、Facebook における、エネルギー効率の良い、革新的なデータセンターのデザインで用いられた、メカニカルとエレクトロニクスに関する仕様を説明する。

2 Contents

1 Scope	2
2 Contents.....	3
3 Overview	4
3.1 License	5
4 Electrical Design	6
4.1 Codes, Guidelines, and Standards	6
4.2 Featured Electrical Systems	6
4.3 115 kV Substation	7
4.4 Diesel Backup Generators	8
4.5 Main Switchboards (MSB).....	9
4.6 Battery Monitoring (Validation)	11
4.7 Server Power.....	11
4.8 Server Battery Backup.....	12
4.9 Power Busduct System.....	12
4.10 Fire Alarm and Protection System.....	12
4.11 LED Lighting Systems.....	13
4.12 Reactor Power Panel	13
4.13 Cam Lock Connections	13
5 Mechanical Design	13
5.1 Mechanical System Design Criteria	14
5.2 Outside Air Operating Conditions	15
5.3 Mechanical System Concept	16
6 Appendix A: Psychrometric Sequence of Operations.....	21
7 Appendix B: Indirect Cooling.....	24

3 Overview

When data center design and hardware design move in concert, they can improve efficiency and reduce power consumption. To this end, the Open Compute Project is a set of technologies that reduces energy consumption and cost, increases reliability and choice in the marketplace, and simplifies operations and maintenance. One key objective is openness—the project is starting with the opening of the specifications and mechanical designs for the major components of a data center, and the efficiency results achieved at facilities using Open Compute technologies.

データセンター・デザインとハードウェア・デザインが協調して動くとき、そこでは効率が改善され、また、電力消費量が低減される。この目的を達成するために、Open Compute Project はテクノロジーのセットとして機能することで、エネルギー消費およびコスト低減や、市場における信頼性と選択肢の拡大、そして、オペレーションとメンテナンスの単純化を実現していく。そこで、きわめて重要になるのが、オープン性である。つまり、このプロジェクトは、データセンターの主要コンポーネントに関するスペックおよびメカニカル・デザインをオープンにし、Open Compute テクノロジーを用いるファシリティで達成された効率をもオープンにしていく。

Two components of this project are the data center electrical and mechanical elements. Facebook's Prineville, Oregon, location is the first implementation of these elements in a data center.

このプロジェクトを構成する 2つのコンポーネントとして、データセンターにおける電氣的な面と、機械的な要素がある。そして、Prineville, Oregon における Facebook のデータセンターにおいて、それらの要素が初めて実装される。

The facility utilizes an electrical system with a 48VDC UPS system integrated with a 277VAC server power supply. The mechanical system uses 100% airside economization with an evaporative cooling system.

このファシリティでは、277 VAC サーバー電源と組み合わせられる 48VDC UPS システムにより、電氣的なシステムが活用される。また、メカニカル・システムとしては、気化熱冷却システムを用いた、100% の airside economization が活用される。

Facebook also deploys Open Compute Project servers at this facility, which use efficient and innovative motherboards, highly efficient (95%) power supplies, and 48VDC backup power. These technologies are discussed in separate specifications.

さらに Facebook は、このファシリティにおいて Open Compute Project サーバーを実装する。そこでは、効率を高めた革新的なマザーボードおよび、きわめて効率の良い（95%）電源、そして 48VDC バックアップ・パワーが用いられる。これらのテクノロジーについては、詳細なスペックまで説明される。

3.1 License

As of April 7, 2011, the following persons or entities have made this Specification available under the Open Web Foundation Final Specification Agreement (OWFa 1.0), which is available at <http://www.openwebfoundation.org/legal/the-owf-1-0-agreements/owfa-1-0>:

2011年4月7日の時点で、以下の人々や組織により、Open Web Foundation Final Specification Agreement (OWFa 1.0) の下で、この仕様の利用が可能になった。詳細は、以下で確認できる：
<http://www.openwebfoundation.org/legal/the-owf-1-0-agreements/owfa-1-0>

Facebook, Inc.

You can review the signed copies of the Open Web Foundation Agreement Version 1.0 for this Specification at <http://opencompute.org>, which may also include additional parties to those listed above.

この仕様に関する、Open Web Foundation Agreement Version 1.0 署名入りコピーは、<http://opencompute.org> でレビューが可能となっている。そこには、上記リストに含まれる組織などが、追加されていくだろう。

Your use of this Specification may be subject to other third party rights. THIS SPECIFICATION IS PROVIDED "AS IS." The contributors expressly disclaim any warranties (express, implied, or otherwise), including implied warranties of merchantability, non-infringement, fitness for a particular purpose, or title, related to the Specification. The entire risk as to implementing or otherwise using the Specification is assumed by the Specification implementer and user.

この Specification の、あなたによる使用は、サードパーティの権利に影響されるかもしれない。この仕様は、「現状のまま」で提供される。また、コントリビューターは、あらゆる保証（明示および暗黙など）を拒否するが、その中には、商品性としての暗黙的な保証および、権利侵害の有無、特定の目的に対する適合性、タイトル、この Specification との関連性などが含まれる。この Specification を用いた実装などにおけるリスクは、この Specification の実装者およびユーザーの責任となる。

IN NO EVENT WILL ANY PARTY BE LIABLE TO ANY OTHER PARTY FOR LOST PROFITS OR ANY FORM OF INDIRECT, SPECIAL, INCIDENTAL, OR CONSEQUENTIAL DAMAGES OF ANY CHARACTER FROM ANY CAUSES OF ACTION OF ANY KIND WITH RESPECT TO THIS SPECIFICATION OR ITS GOVERNING AGREEMENT, WHETHER BASED ON BREACH OF CONTRACT, TORT (INCLUDING NEGLIGENCE), OR OTHERWISE, AND WHETHER OR NOT THE OTHER PARTY HAS BEEN ADVISED OF THE POSSIBILITY OF SUCH DAMAGE.

4 Electrical Design

The electrical system uses 480/277VAC distribution with a 48VDC UPS system integrated with a server power supply.

この電氣的なシステムでは、サーバー電源と組み合わせられる、480/277VAC 配電と、48VDC UPS システムが使用される。

4.1 Codes, Guidelines, and Standards

The systems are designed to meet or exceed these standards.

このシステムは、以下のスタンダードに合致するよう、デザインされている。

- NEC: National Electrical Code with Local Amendments
- NFPA: National Fire Protection Association
- ANSI: American National Standards Institute
- SFM: State and Local Fire Marshal
- IEEE: Institute of Electrical and Electronics Engineers
- NEMA: National Electrical Manufacturers Association
- UL: Underwriters' Laboratories, Inc. or equivalent testing lab
- IES: Illuminating Engineering Society
- Local and State Building Code

このシステムは、以下のスタンダードに合致するよう、デザインされている。

- NEC: National Electrical Code と Local Amendments
- NFPA: National Fire Protection Association
- ANSI: American National Standards Institute
- SFM: State and Local Fire Marshal
- IEEE: Institute of Electrical and Electronics Engineers
- NEMA: National Electrical Manufacturers Association
- UL: Underwriters' Laboratories, Inc. および同等のテスト・ラボ
- IES: Illuminating Engineering Society
- Local および State の建築基準法

4.2 Featured Electrical Systems

In addition to standard data center electrical design elements (from grounding to transformers), the Prineville facility features these electrical and related systems:

Prineville ファシリティでは、データセンターにおけるスタンダードな電氣的デザイン要素（接地から変圧まで）に加えて、以下の電氣的なシステムおよび、それに関連するシステムが特徴となっている：

- 115 kV substation
- Diesel backup generators
- Main switchboards (MSB)
- Battery monitoring
- 480/277VAC distribution switchboards
- Server battery backup
- Power busduct system
- Nitrogen-based fire sprinkler system eliminates pipe corrosion
- LED lighting systems
- Reactor power panels
- Cam lock connections

Prineville ファシリティでは、データセンターにおけるスタンダードな電氣的デザイン要素（基礎から変圧まで）に加えて、以下の電氣的なシステムおよび、それに関連するシステムが特徴となっている：

- 115 kV 変圧所
- ディーゼル・バックアップ発電機
- メイン・スイッチ・ボード(MSB)
- バッテリー・モニタリング
- 480/277VAC 分電スイッチ・ボード
- サーバー・バッテリー・バックアップ
- パワー・バスダクト・システム
- 窒素ベースの消火用スプリンクラー（パイプの腐食を排除）
- LED 照明システム
- Reactor power panels
- Cam lock connections

4.3 115 kV Substation

- A new transmission substation was constructed as the point of connection and power delivery from Pacific Power to the site at a transmission voltage level of 115kV.
- 新しい送電変電所が連結点として構築され、Pacific Power から供給される電力を、115kV の送電圧レベルにおいて、サイト内に取り込んでいる。
- Incoming utility is aerial from adjacent utility looped transmission line and circuit breakers.
- 隣接するループ送電回路とブレーカーから、高架線を介して、電力が供給される。
- The substation consists of incoming aerial dead end structures, Pacific Power metering equipment with KYZ pulse output, main disconnect switch or circuit switcher, and related 115kV distribution to three (3) transformer/distribution bays.
- この変電所は、電力供給網の終端として構築されている。また、KYZ パルス出力を用いた Pacific Power の計量装置および、メインの遮断スイッチと回路スイッチ、そして、3つの変圧/分電ベイへの 115kV の供給から成り立つ。
- Each bay contains a power transformer and related 115 kV circuit switcher or SF6 circuit breaker.
- それぞれのベイには、電力変圧器と、115 kV 対応の回路スイッチ、そして、SF6 ブレーカーが含まれる。

- The 115kV substation equipment, power transformers, circuit-switching devices, and 12.47kV medium voltage switchgear was installed in a secured fenced yard on site.
- 115kV 変圧所の設備および、電力変圧器、回線スイッチ装置、12.47kV 中圧スイッチギヤは、サイト内の堅牢なフェンスで囲まれた場所に設置されている。
- Transmission metering is provided as per Pacific Power requirements.
- 送電メーターは、Pacific Power の必要条件として提供されている。
- A main disconnect switch or circuit breaker was installed at the Pacific Power incoming 115kV dead end structure to provide a means to isolate equipment for preventative maintenance or to perform equipment repair.
- メインの遮断スイッチおよびブレーカーは、Pacific Power から供給される 115kV の終端構造物として設置されている。メンテナンスされる設備の隔離および、設備の修理のための、手段を提供する。
- A circuit switcher was installed on the primary side of each power transformer. The circuit switchers are outdoor 3-pole operated devices with SF6 filled puffer-type interrupter, driven by a single, stored-energy mechanism. The circuit switcher is mounted on steel structures placing the interrupter at bus level. The mechanism cabinet is accessible at ground level.
- 回路スイッチは、それぞれの電力変圧器の一次側に配置される。その回路スイッチャは、puffer タイプの SF6 安全装置を用いた、屋外で運用される 3-pole デバイスであり、単一の蓄電メカニズムにより駆動される。この回路スイッチは、バスレベルに安全装置配置する、鉄架構上にマウントされる。
- Two 115kV – 12.47kV, 15/20/25 MVA, OA/FA/FA 65°C oil-filled power transformers are provided. Voltage taps (LTC – load tap changer) are provided to allow for an adjustment of 5% above and below nominal voltage. The transformers are protected with lightning arresters, thermal relay, liquid pressure relay, and differential relays.
- 2つの 115kV – 12.47kV, 15/20/25 MVA, OA/FA/FA 65°C 油入電力変圧器が提供される。電圧タップ（LTC-負荷タップ・チェンジャ）が提供され、公称電圧にタイスと 5% 調整（上下に）を可能にする。その変圧器は、避雷針および、熱リレー、液圧リレー、差動リレーで保護される。
- Space is available for a future third power transformer.
- 将来における、3番目の変圧設備のために、スペースが確保されている。
- Grounding is provided to ensure the lowest practical resistance between circuit neutrals and true earth; it is also provided to ensure safe operation of the substation with low values of touch and step potential that conform to IEEE Standard 80.
- 接地は、circuit neutrals と大地との間の、実質的な抵抗を最小限に保つように提供される。それらは、最小の接地を用いた変圧所の安全な運用と、IEEE Standard 80 にしたがう段階的な可能性を、保証するためにも提供されている。

4.4 Diesel Backup Generators

- A single engine generator is dedicated to a single main switchboard (MSB) in this block redundant scheme.
- ブロック化された冗長性のスキームに則り、1台のメイン・スイッチ・ボード（MSB）が、1台のエンジン発電機を占有する。
- The engine generators provide backup power to the MSBs, which distribute power to all facility loads:
 - Power distribution to server load.
 - HVAC equipment loads.
 - Interior and exterior lighting systems.

- General purpose power.
- このエンジン発電機は、MSBにバックアップ電力を提供し、そこから、すべての設備に応じた電力が分電される：
 - サーバーへの分電
 - HVAC 設備への分電
 - 屋内外の照明システムへの分電
 - 一般的な知用への分電
- Generators are located in a secured exterior yard.
- 発電機は、屋外のセキュアな場所に設置される。
- Weather enclosure only; no sound attenuating enclosure.
- 耐候性の囲いを有するが、遮音のための囲いはない。
- Generators are solidly grounded.
- 発電機は、単独で接地される。
- 30-hour backup diesel fuel storage belly tank.
- 30 時間分のディーゼル燃料が、地下タンクに貯蔵される。
- The engine generators are diesel fueled with standby rating 3,000 kW/3750 kVA, Class H insulation and 125°C rise. Rated for higher elevation use.
- このエンジン発電機は、3,000 kW/3750 kVA のスタンバイ・レートのディーゼルであり、Class H の遮音（絶縁？）と125°C 耐熱を提供する。高温での仕様に適している。
- Equipment monitoring interface:
 - BMS Modbus interface for equipment monitoring.
 - Critical operating parameters.
- モニタリング設備のインターフェイス:
 - BMS Modbus インターフェイスによる設備のモニタリング。
 - クリティカルな運用パラメータ。

4.5 Main Switchboards (MSB)

MSB board main breakers are 4 pole breakers to isolate the neutral phase between utility power and generator power.

メイン・ボードとしての MSB ブレーカーは、電力会社からの電力と、発電機からの電力における、中性相を分離するための、4 pole のブレーカーである。

- Power bus configuration:
 - 480 volt, 3-phase 4-wire, 5000 amp primary bus switchboards (MSB).
 - Configuration is 6+1.
 - Each MSB equipped with electrically interlocked main breakers.
 - Normal source breaker: Incoming 480V from pad-mounted transformer.
 - Generator source breaker: Incoming circuit from bus generator.
 - Swing bus breaker: Connection to the primary or reserve bus.
 - Load bank breaker: Connection to Load Bank Switchboard (LBSB).
- パワー・バス・コンフィグレーション:
 - 480 volt, 3-phase 4-wire, 5000 スイッチ・ボード (MSB)の一次側に配置。
 - コンフィグレーションは 6+1。

- Each MSB equipped with electrically interlocked main breakers.
 - 通常の電源ブレーカー: Pad-Mounted 変圧器から 480V を供給。
 - 発電機系の電源ブレーカー: バス発電機からの回路を遮断。
 - Swing バス・ブレーカー: メインおよびサブのバスへ接続。
 - 負荷バンク・ブレーカー: Load Bank Switchboard (LBSB) への接続。
- Critical load bus: Segmented 1600A busses with interlocked circuit breakers.
- クリティカル・ロード・バス: インターロックされた回路ブレーカーを用いて、1600A バスにセグメント化。
- Protective device AIC rating is 65 kAIC with pad-mounted transformer impedance specified accordingly to limit the fault current.
- 保護デバイスである AIC のレートは 65 kAIC。漏電を制限するために指定された、Pad-Mounted 変圧器インピーダンスを用いる。
- Automatic transfer:
 - The normal, generator, and swing bus source circuit breakers are controlled operated by an automatic transfer control circuit (AT) so that only one main breaker can be closed at a time.
 - The source breakers are configured for open transition in transfer of load. The transfer module automatically controls normal source and standby source circuit breakers. Programmable functions include time delay and abnormal power conditions (such as under voltage and under frequency).
- 自動切換え:
 - 通常／発電機／Swind バスからの電力回路ブレーカーは、Automatic Transfer (AT) 制御回路に運用される。それにより、メイン・ブレーカーだけが、全体を一度に遮断できるようになる。
 - いくつかの電源ブレーカーが、送電時におけるオープンな切り替えのためにコンフィグレーションされる。この送電モジュールにより、ブレーカー回路における標準的な電源と予備的な電源が自動的に制御される。プログラム可能な機能には、動作時の復帰時遅延および、異常な電源の状態（たとえば電圧や周波数の異常）に対する対処が含まれる。
- 各種のケーブルやバスの終端において、それらの温度情報を測定するために、赤外線カメラを使用。
- MSB circuit breakers:
 - Electrically operated.
 - Draw-out type power circuit breaker UL 1066.
 - LSIG trip functions.
 - Ground fault trip with zone selective interlocking to the main circuit breaker.
- MSB 回路ブレーカー:
 - 電氣的な運用。
 - Draw-out タイプの電源回路ブレーカー UL 1066.
 - LSIG トリップ機能。
 - メイン回路ブレーカーに対して、選択が可能な組み合わせゾーンを用いた、接地障害の切り替え。
- Power quality meter (PQM):
 - Transient /impulse waveform capture.
 - Incorporated into each MSB to monitor the normal and standby sources through separate CTs.
- 電力品質メーター (PQM):
 - 過度／パルスに関する波形を捕捉。
 - ノーマルおよびスタンバイの電源を、分離された CT を介してモニタリングするための、それぞれの MSB 内へ取り込み。

- Load terminations are 2-hole compression type.
- 負荷終端は 2-hole の圧縮タイプ。
- Surge Protection Devices (SPD) are incorporated into each switchboard. The SPD meets UL 1442 third edition category C3. Phase-to-phase and phase-to-ground protection is provided.
- Surge Protection Devices (SPD) を、それぞれのスイッチボードに取り込み。この SPD は、UL 1442 third edition category C3 に適合。Phase-to-Phase および Phase-to-Ground のプロテクションを提供。
- Equipment monitoring interface:
 - BMS Modbus interface for equipment monitoring.
 - Load amps and power.
 - Circuit breaker position.
 - Power quality meter data.
 - SPD alarm.
 - AT -auto transfer module data.
- モニタリング装置のインターフェイス:
 - モニタリング装置のための BMS Modbus インターフェイス。
 - Load amps and power.
 - 回路ブレーカー・ポジション。
 - 電源品質メーター・データ。
 - SPD アラーム。
 - AT (Auto Transfer) モジュール・データ。

4.6 Battery Monitoring (Validation)

- Monitoring of each battery system is provided for status and alarm conditions.
- 個々のバッテリー・システムのモニタリングを、ステータスとアラームの条件に対して提供。
- Monitoring of battery jar.
- バッテリー保存に関するモニタリング。
- Battery string voltage, battery discharge current, individual voltages, configured temperature, individual resistance, inter-cell connection resistance, and inter-tier resistances are monitored.
- モニタリングの対象は、バッテリー・ストリング電圧および、バッテリー放電電流、個別の電圧、設定された温度、個別の抵抗、セル間の接続抵抗、ティア間の抵抗。
- The battery monitoring system communicates status and alarm conditions to the BMS via TCP/IP on the facility Ethernet backbone.
- ファシリティにおけるイーサネット・バックボーン上の TCP/IP を介して、バッテリー監視システムから BMS へ向けて、ステータスとアラームを通知。

4.7 Server Power

- L22-20: 3-phase 4-wire 20 amp.
- Overhead 480/277VAC busways.

- Rack power distribution: 480/277VAC, 48VDC
- L22-20: 三相四芯 20 アンペア。
- 余裕を持った 480/277VAC バスウェア。
- 480/277VAC, 48VDC のラック配電。

4.8 Server Battery Backup

Open Compute Project servers in the data center are backed up by 48VDC battery backup cabinets. For information, read the Open Compute Project Battery Cabinet Hardware v1.0 specification.

48VDC バッテリー・バックアップ・キャビネットにより、データセンター内に配置される Open Compute Project サーバーをバックアップ。詳細については、Open Compute Project Battery Cabinet Hardware v1.0 仕様を参照。

4.9 Power Busduct System

- Indoor 5000A busduct is constructed to each MSB from the reserve bus and the LBSB. This interconnecting busduct provides for operation of the reserve bus in a backfeed operating mode or load bank testing of any one generator.
 - In the backfeed operating mode the reserve bus delivers power to any one of the 6 MSBs.
 - System interlocking allows for load bank testing of any one of the backup generators.
- 屋内の 5000A バスダクトを、リザーブ・バスおよび LBSB から、個々の MSB へ向けて構築。この相互に接続されたバスダクトにより、逆給電運用モードあるいは、各種発電機の負荷バンク・テストにおける、リザーブ・バスのオペレーションを提供。
 - 逆給電運用モードでは、6台の MSB のいずれかに、リザーブ・バスから電力を供給。
 - システムの組み合わせにより、各種発電機の負荷バンク・テストにおける、リザーブ・バスのオペレーションを実現。
- Indoor 3200A busduct is constructed to each MSB critical load bus from the reserve bus switchboard. The busduct uses interlocked circuit breakers.
- 屋内の 3200A バスダクトを、リザーブ・バス・スイッチボードから、個々の MSB クリティカル・バスへ向けて構築。バスの遮断には、インターロックされた回路ブレーカーを使用。

4.10 Fire Alarm and Protection System

- Pre-action fire sprinkler system uses nitrogen gas in lieu of compressed air to eliminate pipe corrosion.
- プレ・アクション消火栓スプリンクラー・システムでは、パイプの腐食を排除するために、圧縮空気に換えて窒素ガスを使用。
- Online nitrogen generator.
- 配管で接続された窒素ガス生成機を準備。

- A VESDA air sampling system is provided for early detection for fire/smoke detection.
- 炎と煙を早期に発見するために、VESDA エア・サンプリング・システムを使用。

4.11 LED Lighting Systems

Energy-efficient LED lighting is used throughout the data center interior.

データセンター全体の内装において、電力消費効率の良い LED 照明を使用。

- Innovative power over Ethernet LED lighting system.
- イーサネット上の LED 照明システムにより、革新的な電力供給を実現。
- Each fixture has an occupancy sensor with local manual override.
- それぞれの機器に対して、ローカルでの手動オーバーライドを実現するための占有センサーを提供。
- Programmable alerts via flashing LEDs.
- LED の点滅による、プログラム可能なアラートを提供。

4.12 Reactor Power Panel

- Line reactor reduces short circuit current < 10 kA.
- ライン・リアクターにより、短路回路電流を 10 kA 以下に低減。
- Corrects leading power factor towards unity.
- 統一された進み力率へ向けた正確性。
- Reduces THD (total harmonic distortion) for improved electrical system performance.
- 電気システムの性能を改善するために、THD (全高調波ひずみ)を低減。
- Line reactor power consumption 360W.
- ライン・リアクターの消費電力は 360W。

4.13 Cam Lock Connections

The 480V distribution system is equipped with cam lock connections that allow for maintenance bypass of key components.

カム・ロック接続を用いて構築される 480V 分電システムにより、メンテナンス時における主要機器のバイパスを実現。

5 Mechanical Design

The goal of the mechanical design is a system with very low operating cost and a relatively low installed cost when compared to a conventional data center. Energyintensive cooling systems are replaced with far simpler and lighter technologies that allow for a ductless overhead air distribution that can operate in an expanded temperature and humidity range beyond 2008 ASHRAE TC9.9 guidelines (see Figure 1).

このメカニカル・デザインの目的は、従来のデータセンターとの比較において、その運用コストを大幅に引き下げ、また、インストール・コストを相対的に引き下げるといふ、二点にある。エネルギーを大量に消費する冷却装置は、はるかにシンプルで優れたテクノロジーにより置き換えられる。それは、2008 ASHRAE TC9.9 ガイドラインを超えた、温度と湿度のレンジにおいて運用が可能な、ダクトレスの通気配分を考慮したものとなる（Figure 1 を参照）。

We went beyond ASHRAE guidelines because we're using our own custom servers (see other Open Compute Project specifications) that we have tested, and are confident that they will operate within our dictated lifecycle.

私たちが、ASHRAE ガイドラインを超えた領域で思考する理由は、自前で開発・試験してきたカスタム・サーバー（他の Open Compute Project 仕様を参照）を使用しており、また、それらのサーバーが、私たちが規定するライフサイクルの中で、問題なく稼働することを確認している点にある。

5.1 Mechanical System Design Criteria

The data center was built with the following internal and external environmental conditions as guidelines.

このデータセンターは、屋内および屋外の環境条件に関するガイドラインとして、以下の項目を用いて構築されている。

5.1.1 Data Center Conditions

- Cold aisle temperature controlled between 65°F and 85°F
- コールド・アイルの気温を、65°F ~ 85°F (18.33C~29.44C) にコントロール。
- Dewpoint minimum 41.9°F
- 最低露点は 41.9°F (5.5C) 。
- 65% relative humidity (RH) maximum
- 最大相対湿度は 65%。

5.1.2 Outside Air Design Conditions

OA conditions at the Prineville site are ideal for using an evaporative cooling system.

- **Summer:** 110°FDB (dry bulb) maximum, 70.3°FWB (wet bulb) maximum (105.6°F is the 50 year extreme maximum and 70.3°F is the worst recorded WB temperature between 1972 and 2001 in Redmond, Oregon per ASHRAE)
- **Winter:** -30.8°FDB, 50%RH, 0.55 grains (50 year extreme minimum per ASHRAE)

Prineville サイトにおける OA (Outside Air) 条件は、気化熱冷却装置の利用に理想的。

- **Summer:** 110°F (43.33C) DB (dry bulb) 最大値、70.3°F (21.28C) WB (wet bulb) 最大値。(105.6°F (40.89C) が、過去 50 年間における最高気温。70.3°F (21.11C) が 1972 ~ 2001 における、Redmond, Oregon での WB 気温の最悪記録。- ASHRAE による)
- **Winter:** -30.8°F (-34.89C) DB、50%RH、0.55 グ레인。(過去 50 年間における最低気温。- ASHRAE による)

Note: Design data is based on published data for Redmond, Oregon, which is the closest city to Prineville that has complete information available.

Note: 設計データは、その全てが利用可能な、Prineville の の最寄りである Redmond, Oregon で公表されたデータに基づいている。

5.2 Outside Air Operating Conditions

The operating conditions of the different installed systems (economizer, direct evaporative cooling, and humidification) vary based on the outside air (OA) conditions. Figure 1 is a psychrometric chart indicating where these conditions occur. To better understand the sequence of operations, see section 6.

それぞれの、インストールされたシステム（Economizer、直接的な気化熱冷却、加湿器）の運用条件は、外気（OA）状態に応じて多様なものとなる。Figure 1 は、そうした条件が引き起こされる値を指し示す、空気線図である。運用におけるシーケンスを理解するためには、Section 6 を参照のこと。

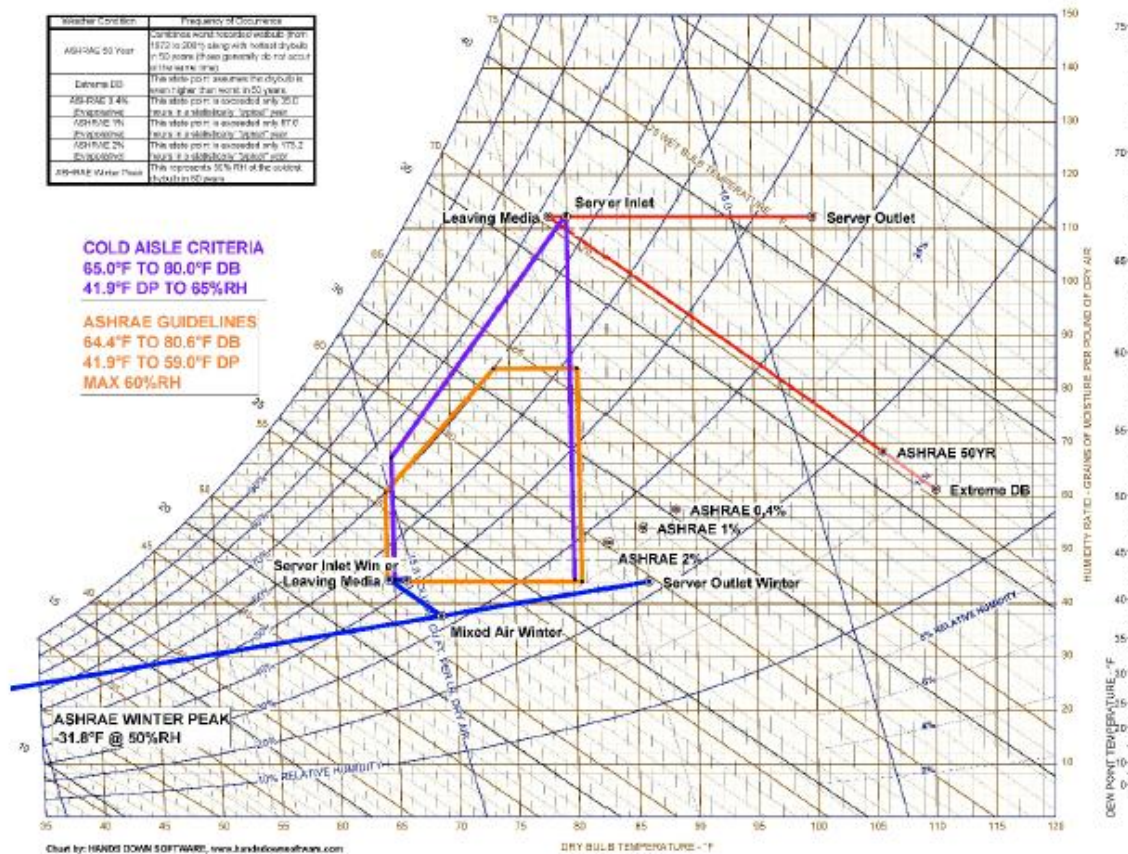


Figure 1 Design Psychrometric Chart

5.3 Mechanical System Concept

The mechanical system basis of design utilizes a direct evaporative cooling concept where no chillers or compressors are needed for cooling the IT load. The design utilizes a built-up system where the mechanical airside functions are located in a field-constructed penthouse.

デザインにおけるメカニカル・システムの基礎として、IT 負荷を冷却するために用いられてきたチラーやコンプレッサーが不要な、ダイレクトな気化熱冷却のコンセプトを利用する。このデザインでは、現地で組み立てられるペントハウス内に、エアサイドが配置されるという、built-up システムが利用される。

5.3.1 Built-Up System Advantages and Disadvantages

A built-up system (penthouse design) has advantages with construction and operational serviceability.

Built-up システム（ペントハウス・デザイン）は、構築と運用の保守性における優位さを持つ。

Construction Advantages

- Reduced footprint of mechanical room.
- メカニカル・ルームのフットプリントを低減。
- No field ductwork required; air is distributed with plenums.
- 現地でのダクト処理が不要。気圧差により空気を供給。
- Lower potential for roof leakage that can penetrate into the data center compared to roof-mounted AHUs.
- ルーフ・マウントされた AHU の場合と比較して、データセンター内に浸透しかねない、雨漏りの可能性を低減。
- No exposed piping on the roof that can cause access, potential leaks, and reproofing issues.
- ルーフ上の配管を排除することで、物理的な不正アクセスおよび、雨漏り、再工事などの可能性を低減。
- Less required equipment redundancy, which can result in a lower construction cost.
- 設備における余剰物を低減。それにより、構築コストの低減を実現。

Operational and Maintenance Advantages

- Enclosed interior space makes service and maintenance better than being exposed to exterior elements (cold winters and hot summers).
- 各種の設備をインテリア空間に取り込むことで、それらが屋外に設置された場合と比較して、サービスとメンテナンスの容易さを実現（寒い冬と暑い夏に対処）。
- Less likelihood of mixing relief/exhaust air with outside intake air.
- 循環/排出される空気と、屋外からの空気の、不要な混合を低減。
- Longer life expectancy than AHU casing based on the AHU's exposure to outside elements.
- 屋外に晒される AHU ケーシングと比較して、長期間におよぶ運用が可能。
- Less maintenance cost (door seals, control cabinets, etc. exposed to weather).
- メンテナンス・コストの低減（気象条件に対応するための、ドアによる封印、コントロール・キャビネットなど）

- Easier access to service and maintenance of damper actuators, fans, starters, VFDs, humidifiers, and controls.
- ダンパー装置や、ファン、スターター、VFD、コントロールなどの、サービスおよびメンテナンスの容易性。

Built-up System Disadvantages

- More reliance on mechanical contractor capabilities to field assemble and install a quality system.
- 現地でのアSEMBルおよびインストール精度の向上のためには、メカニカル面での構築能力に対する、より以上の信頼性が必要。
- Drains required for direct evaporation/humidification will most likely need to be located below the roof and thus will require double containment and leak detection.
- ダイレクトな気化熱冷却と湿度調整に必要な配管は、天井裏に配置される必要があるため、二重の格納と、リークの検証が必要。
- Scaling is limited, as unit count must increase to match built-up system capacity and redundancy.
- Built-up システムの容量と冗長性に適合させるために、ユニット数の増大が必要な場合の、スケールに関する制限。

5.3.2 Airflow Overview

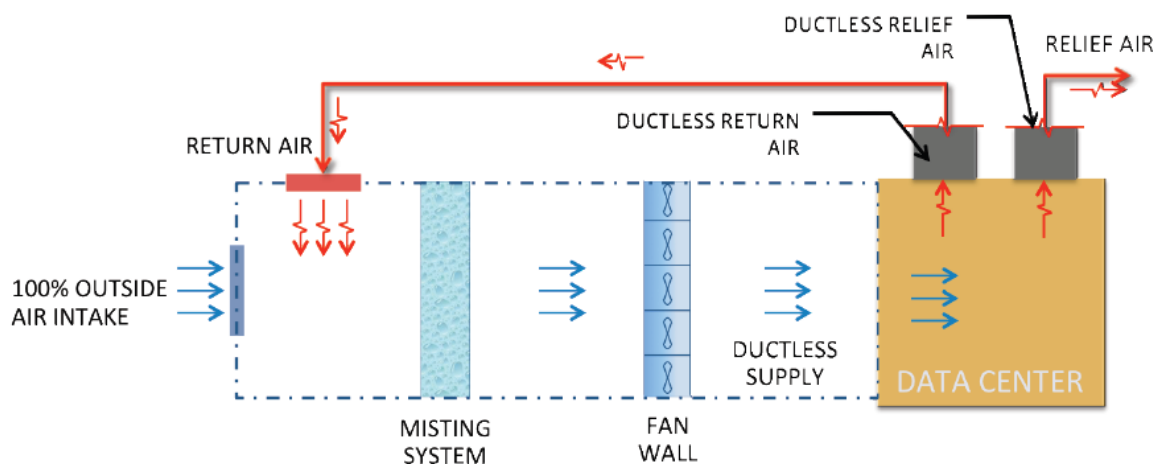


Figure 2 Airflow Overview

1. Outside air (OA) enters through vertical drainable louvers in the penthouse.
2. The air proceeds into the OA intake corridor.
3. OA mixes in with data center return air and passes through the filter bank in the filter room.
4. Air enters the evaporative cooling/humidification room and may get sprayed by the misting system.
5. The air passes through mist eliminators to prevent water carryover.
6. The air enters the supply fan room, and gets pushed down the supply air openings to the data center cold aisles.

7. The air enters the front of the server cabinets, passes through to the contained hot aisles, which then enters the return air plenum. The air then is returned back to the filter room or exhausted out of the building by natural pressure and/or relief fans.

1. Outside Air (OA) が、垂直排水ルーバーを通過し、ペントハウス内に流入。
2. 続いて、OA 吸気回廊へ移動。
3. OA はデータセンターから還流した空気と混合され、フィルタ室のフィルタ・バンクを通過。
4. 混合された空気は、気化熱冷却／湿度調整の部屋へ移動。そして、ミスト・システムによる噴霧。
5. 空気は、水分を取り除くために、ミスト除去装置を通過。
6. 空気は、ファン供給室へ移動。データセンターのコールド・アイルの空気供給口へ向けてプッシュ。
7. 空気は、サーバー・キャビネットの前面へ移動した後、ホット・アイルへ向けてサーバー内を通過。さらに、エアー・プレナム（外気よりも気圧が高い）へ移動。続いて、気圧差もしくは補助ファンにより、フィルタ室への還流と屋外への排気に分離。

5.3.3 System Functions and Features

The system is designed to provide the following functions and features:

このシステムは、以下の機能および特質を実現するためにデザインされる：

Full Airside Economizer System

- Can obtain free cooling whenever outside air conditions are favorable.
- 外気が好条件の場合には、フリー・クーリングを実現。
- Provides very significant operating cost savings, especially in the high desert climate.
- とりわけ、砂漠型の気象条件において、大幅な運用コストの削減を実現。
- Dampers are situated so that there is good mixing and to avoid moisture issues when the cold outside air mixes with the relatively moist return air in the winter condition.
- 冬季の気象条件において、相対的に高湿度となるサーバー室からの還流気と、屋外からの冷気が混合される際に、適切な混気を実現し、また、水蒸気の問題を排除するために、ダンパーが配置される。

Filters

- MERV 13 (ASHRAE 85%) cartridge filters with low initial pressure drop and high dust loading capability will be provided. The filter system has space for 2" pleated 30% prefilters. The filters can be upgraded to MERV 14 (95% ASHRAE). However, the pressure drop increases from 0.27"SP at 500 FPM to 0.36"SP.
- MERV 13 (ASHRAE 85%) カートリッジ・フィルターは、初期圧力損失は少なく、高度なホコリ濾過能力を提供する。このフィルター・システムは、2インチのプリーツ（ひだ）の空間を持ち、30% のプリ・フィルタリングを行う。なお、MERV 14 (ASHER 95%) にアップグレードが可能。しかし、その場合には、500 FPM 時の圧力損失が、0.27 SP から 0.36 SP まで増加。

High Pressure Atomization

- High pressure pumps and atomizing heads provide both evaporative cooling and humidification.
- 高圧ポンプと散布ノズル・ヘッドにより、気化熱冷却と加湿機能の双方を提供。
- System is fully modulating.

- ・完全にモジュール化されたシステム。
- ・ Redundant softener and reverse osmosis (RO) systems with distribution pumps and piping to each built-up AHU system.
- ・ 充分な柔軟剤 (?) および逆浸透 (RO) システムと、分配ポンプの組み合わせ。それぞれの AHU システムを、現地で配管。
- ・ The softener and RO systems require maintenance; the atomizing heads require replacement after approximately 10 years.
- ・ 柔軟剤 (?) と 逆浸透システムは、メンテナンスが必要。つまり、10年単位で、散布ノズル・ヘッドを交換。

Supply Fan Systems

- ・ Low operating cost, direct-drive plug (plenum) fans.
- ・ ダイレクト・ドライブの加圧ファンにより、運用コストを低減。
- ・ Fan array fed by three electrical busses at N+1 redundancy.
- ・ ファンの配列に対して、N+1 の冗長性を持った三極バスにより電力を供給。
- ・ Fans are controlled with VFDs to minimize the operating cost, as the load and fan pressure requirements vary.
- ・ ファン圧力と負荷に関する要件が多様なため、VDF を用いた制御により、運用コストを最小化。
- ・ Fan array minimizes penthouse area.
- ・ ファンの配列により、ペントハウスの面積を最小化。

Complete Hot Aisle Containment

- ・ Center and end aisles are considered to be cold aisles to keep as much of the area as comfortable as possible.
- ・ アイルの中央から両端までを、コールド・アイルにするように検討し、快適なエリアを可能な限り広く確保するようにする。

Relief Fans

- ・ Fan array fed by three electrical busses at N+1 redundancy.
- ・ ファンの配列に対して、N+1 の冗長性を持った三極バスにより電力を供給。
- ・ Fans are controlled with VFDs to minimize the operating cost as the load and fan pressure requirements vary.
- ・ ファン圧力と負荷に関する要件が多様なため、VDF を用いた制御により、運用コストを最小化。
- ・ The fans discharge through hooded automatic dampers to minimize the possibility of moisture penetrating into the space.
- ・ ファンからの排出は、このスペースに水蒸気が入り込んでくる可能性を最小にするために、フード付きの自動ダンパーを介して行われる。

Building Management System (BMS)

- ・ Distributed system provides redundancy in case of failure.
- ・ 分電システムにおける、障害に備えた冗長性の提供。
- ・ Direct Digital Control (DDC) based. Provides all control, data logging, monitoring, and alarming functions required for the mechanical systems.
- ・ Direct Digital Control (DDC)を基本とする。このメカニカル・システムで必要とされる、すべてのコントロールおよび、データログ、モニタリング、アラームなどの機能を提供。

- Interfaced to the electrical components and provides monitoring and alarming of critical points.
- 電氣的なコンポーネントへのインターフェイスが実現され、重要なポイントにおけるモニタリングとアラームを提供。
- Interfaced to the fuel systems, VESDA, and fire alarm to provide monitoring and alarming of critical points.
- 燃料システムおよび、VESDA、火災警報に対するインターフェイスが実現され、重要なポイントにおけるモニタリングとアラームを提供。
- Does not monitor data center power use at the server level.
- サーバー・レベルで使用される、データセンターの消費電力はモニタリングしない。

Other Items

- Major equipment is controlled with VFDs to minimize operating cost and to allow the systems to accurately match the load.
- 運用コストの最小化と、負荷に対する最適なシステムを実現するために、主要装置を VFD によりコントロール。
- Redundancy is provided for major equipment so that on loss of any single electrical bus or a mechanical failure, the full design capability is still available.
- 電気バスの喪失あるいはメカニカルな障害に備えて、主要な機器に冗長性が提供されることで、デザイン全体の継続的な運用を実現。
- The direct evaporative system is supplied primarily by an on-site well and secondarily by the normal city water distribution system. Both sources feed into a storage tank. The storage tank provides 48 hours of water in the event well water and city water sources are unavailable. The water storage tank is not insulated, and there is no bubbler to keep it from freezing.
- ダイレクト気化熱システムへの水供給は、第 1 に現地の地下水、第 2 に都市上水道となる。双方の水源から、貯蔵タンクに流入する。また、地下水と上水道が利用できない場合でも、この貯蔵タンクから 48 時間分の水が供給される。この貯蔵タンクは絶縁されていない。また、凍結防止のためのバブル装置も提供されない。
- Piping outdoors is insulated and heat traced to protect it from freezing. Systems that will be drained down during the winter would not require freeze protection.
- 屋外の配管は絶縁され、また、凍結防止のための外部加熱装置が提供される。なお、冬季においては、システムから水を抜いてしまうことで、凍結保護が不要になるだろう。

6 Appendix A: Psychrometric Sequence of Operations

The following is a detailed psychrometric chart describing outside air conditions at the Prineville, OR, site.

以下は、the Prineville, OR サイトの外気コンディションを示す、詳細な湿度図表である。

注記 : psychrometric chart = 湿度図表、psychrometric diagram = 空気線図

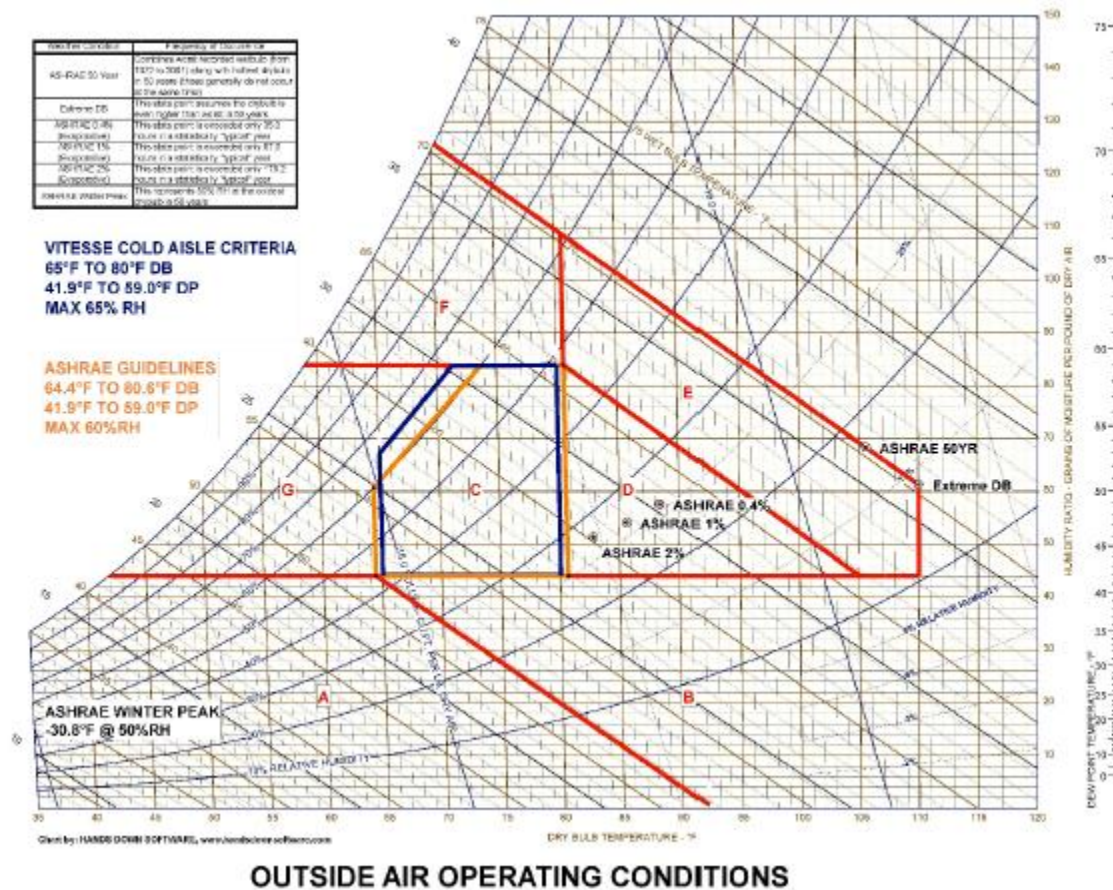


Figure 3 Psychrometric Chart, Outside Air Operating Conditions

Condition A: <52°FDB and <41.9°FDP

- Economizer mixes OA/RA (return air) to control to 65°F SA (supply air) to cold aisles.
- Direct evaporation system provides required humidification by staging/modulating the evaporative cooling/humidification system.
- The supply air and thus the cold aisle control to maintain 54°FDB and 42°FDP minimum.

- ・ コールド・アイルに65°F SA (supply air) を供給するために、Economizer による OA/RA (outside air / return air) の混気を実施。
- ・ 気化熱型の冷却/湿度・調整システムを、多段式あるいはモジュラー式にすることで、必要とされる湿度に適合。
- ・ 少なくとも、コールド・アイルの湿度を、54°FDB and 42°FDP minimum にコントロール。

Condition B: >52°FDB and <41.9°FDP

- ・ Economizer at 100% OA.
- ・ Direct evaporation system provides required humidification and/or cooling by staging/modulating the evaporative cooling/humidification system.
- ・ The supply air and thus the cold aisle control to maintain 80°FDB maximum, 65°FDB minimum and 43°FDP.
- ・ Economizer を OA 100% に設定。
- ・ 気化熱型の冷却/湿度・調整システムを、多段式あるいはモジュラー式にすることで、必要とされる湿度に適合。
- ・ 少なくとも、コールド・アイルの湿度を、65°FDB minimum and 43°FDPにコントロール。

Condition C: > 65°FDB (-fan heat) & > 41.9°FDP & < 80°FDB (-fan heat) & < 59.0°FDP & <65%RH

- ・ Economizer at 100% OA.
- ・ Direct evaporation system is off. No evaporative cooling or humidification is required.
- ・ The room supply air is within the envelope defined by the conditions above.
- ・ Economizer を OA 100% に設定。
- ・ 気化熱型の冷却システムを OFF。気化熱型の冷却/湿度・調整システムは不要。
- ・ 屋内に供給される空気を、上記の条件により定義。

Condition D: > 80°FDB (-fan heat) & > 41.9°FDP & < 65.76°FDB

- ・ Economizer at 100% OA.
- ・ Direct evaporation system provides required cooling by staging/modulating the evaporative cooling/humidification system.
- ・ The supply air temperature and thus the cold aisle are controlled at 80°FDB and the dewpoint is allowed to float between 42 and 59°FDP.
- ・ Economizer を OA 100% に設定。
- ・ 気化熱型の冷却/湿度・調整システムを、多段式あるいはモジュラー式にすることで、必要とされる湿度に適合。
- ・ 屋内に供給される、コールド・アイルへの空気を 80°FDB に設定。また、露点を、42°FDP ~ 59°FDP に調整。

Condition E: > 80°FDB (-fan heat) & > 41.9°FDP & > 65.76°FDB

- ・ Economizer at 100% OA.

- Direct evaporation system provides required additional cooling, if necessary, by staging/modulating the evaporative cooling/humidification system.
- The supply air temperature and thus the cold aisle are controlled at 80°FDB and the dewpoint is above 59°FDP.
- Economizer を OA 100% に設定。
- 必要に応じて、気化熱型の冷却/湿度・調整システムを、多段式あるいはモジュラー式にすることで、付加的な冷却を実施。
- 屋内に供給される、コールド・アイルへの空気を 80°FDB に設定。また、露点を、59°FDP 以上に調整。

Condition F: < 80°FDB (-fan heat) & > 59.0°FDP & > 70.3°FWB

- Economizer mixes OA/RA to increase cold aisle temperature as necessary to reduce cold aisle RH to 65%RH maximum. The RH overrides the temperature control to maintain 65%RH maximum. The supply air and thus the cold aisle temperature are controlled to 65°FDB minimum and 80°FDB maximum.
- In this condition, room dewpoint (DP) is >59.0°FDP.
- Direct evaporation system is bypassed. No evaporative cooling or humidification is required.
- コールド・アイルの RH を、65% RH maximum に低減するために、コールド・アイル気温を必要に応じて、Economizer により OA/RA ミックス。65%RH maximum を維持するために、この RH 値を温度調整に対して優先する。屋内に供給される、コールド・アイルへの空気を、65°FDB minimum and 80°FDB maximum に調整。
- この条件において、室内の露点を >59.0°FDP に調整。
- 気化熱型の冷却システムをバイパス。気化熱型の冷却/湿度・調整システムは不要。

Condition G: > 65°FDB (-fan heat) & < 59.0°FDP & > 65%RH or < 65°FDB & >

41.9°FDP & < 59°FDP

- Economizer mixes OA/RA as necessary to meet 65°FDB minimum or 65%RH maximum in the cold aisle.
- In this condition, room DP will be <59.0°FDP.
- Direct evaporation system is bypassed. No evaporative cooling or humidification is required.
- コールド・アイルの RH を、65°FDB minimum or 65%RH maximum に適合させるために、必要に応じて Economizer により OA/RA ミックス。
- この条件において、室内の露点を <59.0°FDP に調整。
- 気化熱型の冷却システムをバイパス。気化熱型の冷却/湿度・調整システムは不要。

Condition H: Unacceptable OA Conditions (Smoke or Dust)

- Economizer at minimum OA (recirculation mode). We acknowledge that this is a condition that can cause potential shutdown. We already have filtration installed and will run evaporative cooling at full capacity to reduce smoke and particulates in the event of a fire or contamination. Then, depending on intensity, we can utilize time for orderly shutdown, or

else run for a prolonged period of time at minimum OA. We have a provision for a closed-loop system that uses indirect cooling; see section 7.

- Direct evaporation system provides required additional cooling or humidification, if necessary, by modulating the atomizing system.
- Economizer の OA を最小に設定（再循環モード）。このコンディションにおいては、シャットダウンが生じる可能性を容認。既に濾過（フィルタとは違う？）を取り付け済み。さらに、火事や汚染の状況では、煙と微粒子を減らすために、気化熱冷却をフルパワーにして対応の予定。続いて、その煙や微粒子の量に応じて、手順に則ったシャットダウンもしくは、最小 OA による長時間の運用を選択。また、間接的な冷却を用いた、クローズド・ループ・システムのプロビジョニングも可能。詳細は、Section 7 を参照のこと。
- ダイレクトな気化熱冷却システムは、そのシステムを必要に応じて細分割することで、冷却および湿度の調整において、別の要件にも対応できる。

Note: The fan heat will vary depending on the position of the bypass dampers around the indirect coil and the direct evaporation systems as well as the conditions of the filters. With clean filters and direct systems in bypass, the fan heat should be about 0.62°F (AHU system with all units on). With no bypass and dirty filters, the fan heat should be about 1.46°F (with one bus failed and thus some AHUs off).

Note: ダイレクトな気化熱冷却システムは、そのシステムを必要に応じて細分割することで、冷却および湿度の調整において、別の要件にも対応できる。ファンからの発熱は、間接コイルのおよびダイレクト気化熱冷却システムの周辺に配置される、バイパス・ダンパーのポジションだけではなく、フィルターの状態によっても大きく変化するだろう。フィルターがクリーンであり、また、ダイレクト・システムがバイパスされるなら、ファンの熱は 0.62°F 前後になるはずだ（AHU システムと、すべてのユニットが ON の状態で）。フィルターが汚れ、バイパスが行われない場合には、ファンの熱は 1.46°F 前後になるはずだ（1つのバスが障害を起こし、AHU が OFF の状態で）。

7 Appendix B: Indirect Cooling

One option considered but not implemented at Facebook's Prineville site was to use indirect cooling, which uses cooling coils that are piped to open cooling towers with condenser water pumps.

Facebook の Prineville サイトにおいて、検討はしたが、実装しなかったの選択枝の 1つとして、コンデンサー・ウォーター・ポンプとクーリング・タワーにパイプ接続される、冷却コイルを用いた間接的な冷却システムがある。

An indirect system can provide sensible cooling to bring data center recirculated air from 100°F down to 78.5°F (80°F cold aisle -1.5°F fan heat) when the outside wet bulb temperature is 66.0°F or lower.

66.0°F 以下を示したときに検知し、データセンター内を循環する 100°F の空気を、78.5°F（80°F のコールドアイルからファンの熱量である 1.5°F を差し引く）に引き下げる冷却システムのことである。

Note: 66.0°F WB was chosen as this allows the system to control to 80°F cold aisle while supplying 72°F water to the coil, which makes the cooling tower selection a reasonable 6°F approach and keeps the coil air side pressure drop to approximately 0.65"SP; basically optimizing the cooling tower and coil. 66.0°F WB is 2.7°F above the ASHRAE 0.4% WB design of 63.3°F WB, indicating that there is a good safety factor to allow the overall system to maintain conditions within the ASHRAE guideline envelope of better than 99.6% or 8725 hours of an average year.

Note:そこで、66.0 WB が選択されると、72°F の水をコイルに供給している間に、このシステムによりコールド・アイルは 80°F にコントロールされる。つまり、クーリング・タワーにとって適切な 6°F のアプローチが選択され、コイル・エアー・サイドの気圧を、0.65"SP ほど引き下げる状態が維持される。言い換えれば、そのクーリング・タワーとコイルに対して、基本的な最適化が施されることになる。この 66.0°F WB は、ASHRAE の規定である 63.3°F WBよりも、0.4% ほど高い、2.7° 増という設定になっている。つまり、平均的な年間稼働時間の許容範囲を、99.6% あるいは 8725 時間まで広げている、ASHRAE のガイドラインよりも高いレベルで、全体的なシステムを持続することを可能な、安全のための基準を充たしていることになる。

This capability would therefore allow the system to operate in the non-economizer mode if there is an outside atmospheric problem such as smoke or dust.

したがって、このシステムは、屋外の空気に煙やホコリなどの問題が生じている場合に、non-economizer モードでのシステムの稼働を可能にするだろう。

The indirect system would allow the overall cooling system to stay within the ASHRAE data center guidelines of 60%RH and 59.0°F DP (dew point) maximum up to the ASHRAE extreme maximum of 70.3°F WB with a coincident of 110°F DB (this high a DB has never been coincident with the 70.3°F WB).

この間接的なシステムは、ASHRAE のデータセンター・ガイドラインにおける、60%RH and 59.0°F DP (露点) というレベルを維持し、110°F DB という条件においても、やはり ASHRAE の最大値である 70.3°F WB に対応できる (**this high a DB has never been coincident with the 70.3°F WB**)、全体的な冷却システムを実現する。

Bypass dampers could be installed at the cooling coils so that when the conditions are such that they are not required, they will open and the supply fans can then work at a lower pressure drop, thus saving significant energy during the year.

この冷却コイルには、バイパス・ダンパーが配置されており、それらが必要とされない条件においては開放され、また、ファンが供給され、より低い気圧での可動が実現される。したがって、年間の値を累計すると、きわめて大量のエネルギーが節約される。

The cooling towers could have VFDs on the fan motors, sweeper piping in the basin with filtering system, and a non-chemical water treatment system. Due to the freezing climate they would need to be drained in the winter.

このクーリング・タワーには、ファンモーター上の VFD および、フィルタリング・システムを用いる受け皿内での配管清掃、そして、化学に依存しない水処理システムが提供される。また、冬季には、水を抜くことで、凍結を免れるだろう。

The system can use an N+1 redundancy for the cooling towers and the condenser water pumps, but not for the water distribution piping systems. It seems very unlikely that the space conditions would be compromised if there were a leak with a possibility of a high RH condition for perhaps a few hours. The likelihood of a leak that could not be repaired within a reasonable time is very low and this system would only be used to avoid high humidity problems and to handle unusual dust or smoke conditions, which are infrequent. There would be one tower and pump for each electrical bus.

このシステムでは、クーリング・タワーとコンデンサー・ウォータ・ポンプについては N+1 の冗長性が適用されるが、水のための配管については、その限りではない。数時間における高 RH 条件下で漏水の可能性があっても、対象となる空間が脆弱になるとは思えない。おそらく、妥当と考えられる時間内に、修復が不能な漏水が生じる可能性は低く、また、このシステムが適用されるのは、高湿度の問題を回避するときや、異常な煙やホコリを処理する時であり、それらは稀である。それぞれの電気バスに対して、1つのタワーとポンプが割り当てられるだろう。

In order to minimize piping runs, the cooling towers can be located on a roof, particularly if a built-up outside air system is selected; however they could be located on the ground, if desired. For sites implementing rooftop air handling units, the towers would have to be located on the ground because of space limitations.

配管を最小限の規模に収めるためには、とりわけ、外気導入型のシステムを構築する際には、屋上にクーリングタワーを設置することになるが、状況に応じて、それらを地上に設置することも可能となる。また、屋上にエアー・ハンドリング・ユニットを設置するためには、スペースの関係から、それらのタワーを地上に設置する必要性が生じるだろう。

The indirect coil would be fully active in the following outside air conditions (as per section 6):

- Condition E: >80°FDB (-fan heat) and >41.9°FDP and >65.76°FWB
- Condition H: Unacceptable OA conditions (smoke or dust)

間接的な冷却コイルは、以下の外気ジョーンディションにおいて、完全にアクティブになるだろう (as per section 6):

- Condition E: >80°FDB (-fan heat) and >41.9°FDP and >65.76°FWB
- Condition H: Unacceptable OA conditions (smoke or dust)

In these situations, the cooling towers and pumps would be on. Condenser water temperature would be controlled (cycle on towers and control tower fan speed with VFD and stage pumps, and control pump speed with VFD) to maintain 80°F (-fan heat) cold aisle temperature.

コンデンサー水温は、コールドアイルの気温を 80°F (- ファン熱量) に維持するように、コントロール (タワーにおける循環サイクルとファン速度は、VFD とステージポンプによりコントロールされ、また、ポンプの速度は VFD によりコントロールされる) されるだろう。