
ECOソリューションの開発

～設計・施工・現調・保守の一貫したノウハウを ベースにした取り組み～

富士通ネットワークソリューションズ(株)

執筆者Profile



釜谷 英雄

1998年 富士通システムコンストラクション(株)入社
2010年 現在 富士通ネットワークソリューションズ(株)
企画開発統括部所属



兼本 大作

1999年 富士通システムコンストラクション(株)入社
2010年 現在 富士通ネットワークソリューションズ(株)
企画開発統括部所属



二野宮 雅子

1991年 富士通コミュニケーション・システムズ(株)入社
2010年 現在 富士通ネットワークソリューションズ(株)
企画開発統括部所属

論文要旨

2008 年秋から始まった世界同時不況の影響による設備投資抑制により、当社の売上も減少傾向にある。このような経済不況の中、FNETSではビジネスの上で重要になりつつある「環境」をキーワードにしたソリューションを立ち上げた。本ソリューションはFNETSの強みである設計・施工・現調・保守の一貫したスキル・ノウハウをベースに創設し、今後の売上・利益の拡大を目指す。

本論文では経済不況の中、FNETSの強みを生かして創設したECOソリューション（環境ソリューション）における「環境改善ソリューション」の1商品である

「ファシリティキューブ」の開発経緯、開発過程、検証結果及び今後の取り組みについて記述する。

論文目次

1 . はじめに	《 5》
1 . 1 当社の概要	
1 . 2 市場環境の変化	
1 . 3 環境ビジネスへの取り組み	
2 . ファシリティキューブについて	《 6》
2 . 1 既存ファシリティキューブについて	
2 . 2 新たなニーズへの取り組みと課題	
3 . ファシリティキューブ開発への取り組み	《 7》
3 . 1 開発フロー	
3 . 2 設計指針	
3 . 3 試作機の製造	
3 . 4 実機とダミーヒーターによる評価試験	
3 . 5 追加開発について	
4 . 評価試験項目をクリアしての商品化	《 13》
4 . 1 ファシリティキューブの商品化	
4 . 2 ファシリティキューブのシリーズ化	
5 . 今後に向けて	《 14》
5 . 1 屋外対応ファシリティキューブ	
5 . 2 次世代冷却システム	

図表一覧

図1	E C Oソリューション体系	《 6》
図2	既存ファシリティキューブ外観図	《 6》
図3	開発フロー	《 7》
図4	設計指針の策定	《 7》
図5	ラック内のエアフロー	《 8》
図6	熱流体シミュレーション搭載パターン	《 9》
図7	消火設備	《 10》
図8	ラック型分電盤	《 10》
図9	試作機	《 10》
図10	ダミーヒータ搭載写真	《 11》
図11	実機（通信装置）搭載写真	《 11》
図12	標準運転試験結果（I-1）	《 12》
図13	扉開放試験結果（I-2）	《 12》
図14	ファシリティキューブ外観図	《 13》
図15	ファシリティキューブエンハンス計画	《 14》
図16	外形イメージ図（屋外Sシリーズ）	《 14》
図17	外形イメージ図（屋外Mシリーズ）	《 14》
図18	発熱量の予測	《 15》
図19	次世代冷却イメージ	《 15》

1. はじめに

1.1 当社の概要

2001年10月に富士通システムコンストラクション(株)と富士通ネットワークエンジニアリング(株)、富士通情報通信システムズ(株)、富士通インターナショナルエンジニアリング(株)の4社統合により、富士通ネットワークソリューションズ(株)(以下「FNETS」という)が設立された。当社は富士通グループのネットワークソリューションプロバイダーとして、ネットワークの企画・コンサルティングから、システム設計・構築、施工・現地調整、運用・保守までをワンストップで提供している。2010年3月現在の従業員は1,494名、全国30拠点の事業所でお客様のネットワークを支えている。

1.2 市場環境の変化

2008年秋から始まった世界同時不況の影響による新規設備投資抑制により、当社の売上げが減少傾向にある。1件あたりの商談規模もITシステム機器小型化に伴い縮小している。従来のソリューションだけでは売上・利益の確保・拡大が難しい状況になりつつある。

このような経済不況の中でも、地球温暖化を止めるために日本は1990年度比で2020年度までにCO₂をはじめとする温室効果ガス排出量25%削減を目標に掲げ、官庁・自治体・企業・家庭など様々な分野でのCO₂排出量削減が求められている。経済産業省は、産業部門に加え、大幅にエネルギー消費量が増加している業務・家庭部門での対策を強化するため、省エネ法の改正法案を提出し、2010年4月から改正省エネ法が施行された。企業全体のエネルギー使用量(原油換算)が年間1500kl以上の場合、管理対象企業として役員クラスのエネルギー管理統括者の選任やエネルギー消費原単位の年平均1%以上の低減が義務化された。これまでの工場・本社など各事業所単位でのエネルギー使用量の管理がフランチャイズを含め事業者単位(企業単位)での管理に変わり規制対象企業が一気に増加することが見込まれている。

東京都では2010年4月から「温室効果ガス排出量削減義務と排出取引制度」が施行された。該当する大規模事業所では国より厳しい、年平均6%~8%以上の温室効果ガスの削減が求められている。

企業ではイメージ向上のために社会的責任(CSR)として温室効果ガス削減の取り組みを重要視しており、ビジネスの上でも「環境」「エコ」「省エネ」「グリーン」は重要なキーワードになっている。

1.3 環境ビジネスへの取り組み

FNETSには環境の分野で全社共通で取り扱える独自ソリューションサービスがなく、従来の設備構築商談において省エネを考慮した機器選定は個々の判断に任せられていた。そこで、2009年4月に、今後成長が見込まれる環境ビジネスへの取り組みとして、FNETS独自環境ソリューションサービスの開発商品化を目的とするECOソリューション推進室が新設された。

ECOソリューション推進室では、FNETSの「強み」である設計・施工・現調・保守の一貫したスキル・ノウハウをベースに、新たな領域であるCO₂排出量削減に貢献するECOソリューションの体系化を図り、環境分野へのビジネスに取り組んでいる。ECOソリューション体系を図1に示す。

次項以降では、環境改善ソリューションの1商品である「ファシリティキューブ」の開発経緯を記載する。

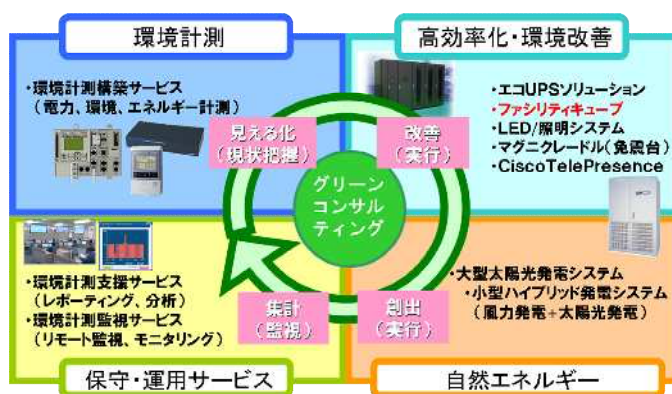


図1 ECOソリューション体系

2. ファシリティキューブについて

2.1 既存ファシリティキューブについて

「空調」「消火」「監視」の設備を一体化したサーバラック「ファシリティキューブ」は、省スペース化・省エネ化・低コスト化・工期の短縮をコンセプトに2002年に開発し販売を開始した。インターネット技術の進展により、終日安定稼動を必要としたサーバなどの情報機器が大幅に増加し、設備や収納スペースの拡大・空調費用の増大・維持管理等の観点でお客様への負担が大きくなると考えたからで



図2 既存ファシリティキューブ外観図

ある。

今回、省エネ改正法施行を機に、省エネ効果の高い製品に対するニーズの増加を考慮し、本製品を環境改善ソリューションのアイテムとして登録することにした。

2.2 新たなニーズへの取り組みと課題(開発要件の整理)

ECOソリューション推進室立ち上げ当初は、即提供可能な環境貢献ソリューションとして既存ファシリティキューブを中心に製品紹介していたが、商談に繋がらず、顧客や関連部署からは以下のニーズに対応できる製品提供の要望が挙げられた。

- コンパクトタイプで事務所や倉庫内でも簡単に設置可能なもの
- ブレードサーバ等の高発熱機器を搭載できるもの
- ラック当たりの冷却能力が高く且つ消費電力が少なくていいもの(高顕熱タイプ)
- 環境貢献が出来るもの
- 事業継続計画(以下、BCPという)を考慮しているもの

しかし、こうした新たなニーズに応えるために、以下の課題を解決する必要があるために、ファシリティキューブのエンハンス版を開発することにした。

- (1) 冷却能力が高い空調ユニットの選定
 - 小型でブレードサーバの冷却を十分に行える空調ユニットが必要となる。
- (2) ラック内部のエアフローにおいて、効率的な冷却システムの設計改良
 - ラック内部をムラなく、すべての搭載機器を均一に冷却する必要がある

- (3) 高い静音性および防塵性の設計指針
事務所内に設置する場合を考慮して、サーバ等の騒音を低減する必要がある。
倉庫内に設置する場合は、塵や埃からサーバを保護する必要がある。
 - (4) 運搬方法の簡易化
事務所に設置される場合は、出入口が狭いため、運搬の簡易化が必須となる。
 - (5) 停電及び空調機故障時のBCP対応
ラック内は密閉されるため、停電や空調機故障時のラック内の温度上昇を考慮し、搭載機器の安定稼動を継続させるための対策が必要となる。
 - (6) 空調冗長構成の考慮
小型化すると空調能力の不足により、冗長構成が取れないので別途対策が必要となる。
- 新たなニーズと取り組み課題を図4に示す。

3. ファシリティキューブ開発への取り組み

ファシリティキューブの開発フローにそって、具体的な取り組みについて述べる。

3.1 開発フロー

開発フロー（工程）はPDCAサイクルを進める。
まずは、「設計」における設計指針を決め、仕様決めを行う。次に、設計指針に則って、試作機の製造を行う。試作機の完成とともに、評価試験を行う。評価試験は擬似負荷を搭載し、設計指針によって策定した評価基準の範囲内であることを判定する。評価の判定基準に達しない場合は、改善を行い、再び設計指針の確認から、製造（改良）を加えて、評価を行う。開発フローを図3に示す。

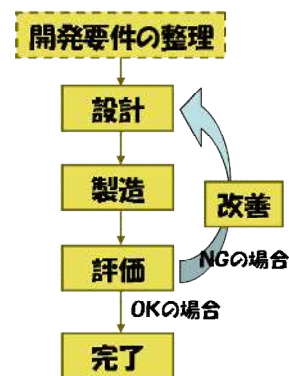


図3 開発フロー

3.2 設計指針

開発要件をもとに、設計指針を取り決める。各要件に対する設計指針を図4に示す。

従来のファシリティキューブに対する 新たなニーズ	取り組み課題	設計指針
①コンパクトタイプで事務所や倉庫内でも簡単に設置可能なもの ②ブレードサーバ等の高発熱機器を搭載できるもの ③ラックあたりの冷却能力が高く且つ消費電力が少なくいいもの(高顕熱タイプ)	冷却能力が高い空調ユニットの選定	・小型化 ・高顕熱タイプ ・ブレードサーバ対応の冷房能力
	効率的な冷却システムの設計改良	・ラック内を均一に冷却する
④環境貢献ができるもの	高い静音性および防塵性の設計指針	・騒音の低減 ・塵や埃から機器を保護
	運搬方法の簡易化	・製品のコンパクト化 ・運搬の簡易化
⑤BCPを考慮しているもの	停電及び空調機故障時のBCP対応	・機器の安定稼動の継続

図4 設計指針の策定

(1) 冷却能力が高い空調ユニットの選定

高発熱機器に対応するため、小型で省エネ効果の高い高顕熱型の空調ユニット（冷房能力5.2kW）を採用する。高顕熱型を採用する理由は以下の通りである。

無駄に除湿しない高顕熱型採用による省エネ化

大風量・高静圧FANによるショートサイクル、冷却不足の防止

頻繁な発進・停止の抑制

高吹出温度による結露抑制

新たなニーズに対する取り組み課題である冷却能力が高い空調ユニットの選定は上記条件を満たした空調ユニットを採用することで解決した。

(2) 効率的な冷却システムの設計改良

本システムではラック内のエアフローで熱だまりを発生させることなく、最短で循環させることが開発のポイントとなる。冷気と暖気の特長を生かして、ラックの上部に空調ユニットを搭載することとした。気流の流れは、空調ユニット前面からの冷気が下部に流れ（以下、エアカーテン効果という）、搭載機器の前面からその冷気が吸い込まれ、機器背面から排気される。排出された熱気を空調ユニット裏面から吸い込むことでラック内を循環する。ラック内のエアフローを図5に示す。

エアカーテン効果は、保守運用時に前扉を開けても空調ユニットの前面からの気流が下部に流れる風量が大きいため、外気の進入が抑制される。前扉を開放しても、機器が吸い込む気流風量が落ちないメリットがある。

さらに、設計及び試作機の妥当性を評価をするための判断材料として、事前に熱流体シミュレーションソフトを使いラック内のエアフロー（温度・湿度・風量）について、主要搭載機器別に5パターンのシミュレーションを実施し、以下の設計条件を満たすかどうか机上で確認する。パターン毎の搭載機器の詳細情報は図6に示す。

吸気温度が基準値以内であるか。

搭載機器の排熱に対して、冷気（風量）が十分であるか。

ラック内に熱だまりが生じないか。吸気と排気が混合（回り込み）していないか。

扉部などに結露が生じていないか。

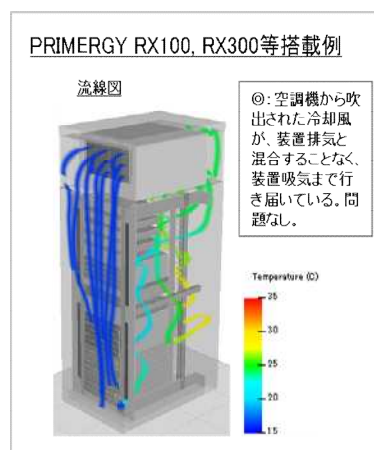


図5 ラック内のエアフロー

パターン	I-1	I-2	I-3	I-4	I-5
主な搭載装置	PRIMERGY BX600	かんたんブレード セット	FW7500S	PRIMERGY RX100, RX300	SPARC Enterprise
装置搭載図					

図6 熱流体シミュレーション搭載パターン

当初、熱流体シミュレーションソフトによる机上での事前確認を実施すべきか検討したが、ファシリティキューブの搭載可能IT機器の範囲を拡大するためには必須であると考えた。シミュレーション結果は、5パターンとも問題はなく、3-3 項の試作機の製造を開始した。

(3) 高い静音性および防塵性の設計指針

通常のラック構成を遵守しながら、設置環境におけるニーズに応じた最適なラック構造を検討し、設計指針を定めた。

機器搭載スペースで19インチラック(36U)の確保(EIA準拠)

冷気の流れを確保するため、機器搭載エリアの前後10センチにダクトスペースを確保

扉部にゴムパッキン加工を施し、防塵・防音性能を上げる

(4) 運搬方法の簡易化

当初ファシリティキューブの外形寸法を幅1000mm×奥行1200mm×高さ2200mmで設計した。事務所や倉庫に設置するニーズに基づき搬入条件を検討する段階で、この寸法では運搬や搬入が困難であることが判明した。

我々は寸法を小さくし、搬入を容易にするために、製品構造を再検討した。幅寸法は、ラック内に確保していた冷媒配管のスペースをラック外にすることで800mmに変更した。高さは、上部(空調部)と下部(ラック部)を分離できる構造に変更することで問題を解決した。

(5) 停電及び空調機故障時のBCP対応

既存ファシリティキューブと同様、停電時や温度上昇時には、アラーム情報を警報装置と連携させ、手動で扉を開ける運用ルールとする。ラック内は密閉された空間のため、空調機故障時のラック内の温度上昇について検討したが、空調機の故障時もファンは運転したままの動作になるので、急激な温度上昇はしないと考えた。

(6) オプション機能

必要最小機能を基本部として、その他の機能はオプションによる選択とする。

消火設備

火災からサーバを守る消火ガスシステム（窒素ガス）とラック内で発生した微量な煙を検知し、ガス消火システムと連動して初期段階で通知する超高感度煙センサを搭載。本機能は既存ファシリティキューブの機能をそのまま流用する。図7に消火設備の概要を示す。

環境監視

ラック内の温度・湿度・電力量をリアルタイムに測定し、異常時はアラート情報を通知する。

ラック型分電盤

ファシリティキューブ本体と同一サイズの19インチラック仕様とする。ブレーカは容易に増設できるようにプラグインタイプを採用。環境監視装置による回路毎の使用電力量の把握も可能とした。図8にラック型分電盤の概要を示す。

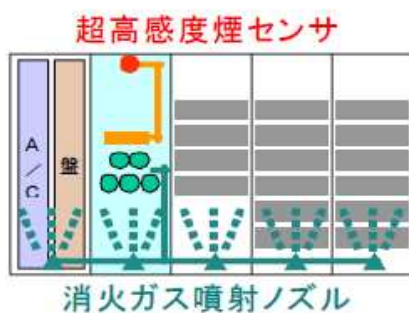


図7 消火設備



図8 ラック型分電盤

3.3 試作機の製造

3-3 項 設計指針の仕様によって試作機の製造を行う。評価試験において、試作機のレビュー（外観検査）も実施する。図9に評価試験での試作機を示す。



図9 試作機

3.4 実機とダミーヒータによる評価試験

評価試験項目は、使用状況を想定して策定し、試験結果から問題点の抽出及び対策を実施した。試験環境は、ファシリティキューブにダミーヒータ及び通信装置の実機を搭載し、設計段階で実施した熱流体シミュレーションで取得したデータも参考にした。試験内容は以下の通りである。

【検証条件】

- 空調機吸込湿球温度 = 24 以下であること（空調機の安定した運転に必要な）
- 前面吸込温度 = 35 以下であること（搭載装置の上限温度）

前面露点温度 = 20 以下であること（結露の防止）

【試験項目】

- A) ダミーヒータ 5.2 kW 試験（ ダミーヒータ搭載写真を図 10 に示す）
 - 1) 標準運転試験
 - 2) 扉開放試験
 - 3) 空調機故障試験
 - 4) 空調機故障 + 前後扉開放試験
- B) ダミーヒータ 3.5 kW 試験
 - 1) 標準運転試験
 - 2) 扉開放試験
 - 3) 空調機故障試験
 - 4) 空調機故障 + 前後扉開放試験
- C) ダミーヒータ 1.5 kW 以下試験
 - 1) 1.5 kW 標準運転試験
 - 2) 1.5 kW 未満標準運転試験
- D) ダミーヒータ 5.2 kW（配管長 60m）試験
 - 1) 標準運転試験
 - 2) 扉開放試験
 - 3) 空調機故障 + 扉開放試験
- E) 空調機起動停止試験
- F) 騒音試験
- G) 塵埃試験
- H) 実機搭載試験（ 実機（通信機器）搭載写真を図 11 に示す）
 - 1) 標準運転試験
- I) 実機 + ダミーヒータ 2 台試験
 - 1) 標準運転試験（ 標準運転試験結果を図 12 に示す）
 - 2) 扉開放試験（ 扉開放試験結果を図 13 に示す）
 - 3) 空調機故障試験
 - 4) 空調機故障 + 後扉開放試験



図 10 ダミーヒータ搭載写真



図 11 実機（通信装置）搭載写真

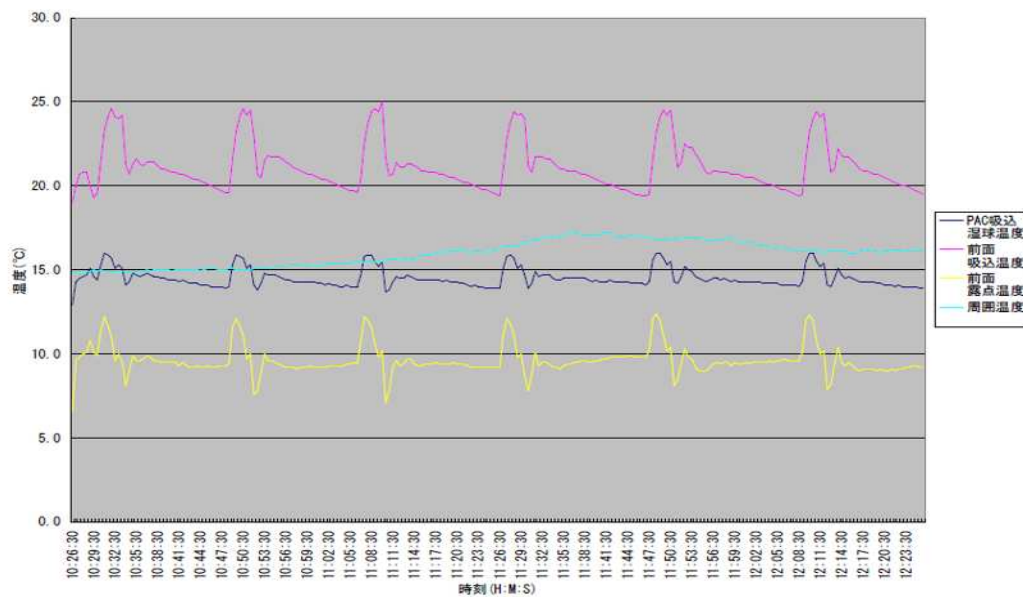


図 12 標準運転試験結果 (I - 1)

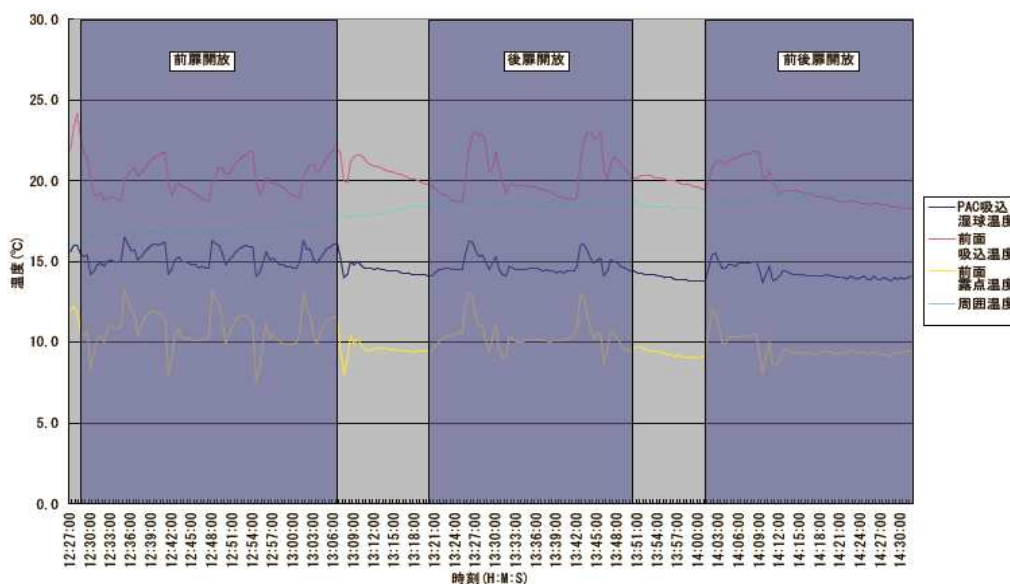


図 13 扉開放試験結果 (I - 2)

【検証結果】

すべての検証において条件内の良好なデータが得られ、支障となる不具合は発生しなかった。騒音試験結果は、扉閉鎖状態での騒音は暗騒音を含めてもおよそ 50dB 以下であり、これは日本建築学会“建築設計資料集成 1 環境”の室内の許容騒音レベル『特に気ならない』に該当する。塵埃試験では、 $5.0\mu\text{m}$ 以上の塵埃で目立った侵入は認められなかった。また、搭載機器に影響を与える $1.0\mu\text{m}$ 以上の塵埃においても確実な防塵効果を発揮した。

3.5 追加開発について

設計段階では、空調機の故障時もファンは運転したままの動作になるため、急激な上昇はしないと考えたが、評価試験において、空調機故障時(停止中)にラック内部の急激な

温度上昇が見られた。

急激な温度上昇による搭載機器への影響を考慮し、ラック内温度を下げるために、温度異常を検知して扉が自動的に開放する機能を追加開発することとした。室内の外気をラック内に取り込むことで、搭載機器の温度上昇を遅らせ、保守担当者が駆け付けるまでの時間を稼ぐことを実現する。当初想定していなかったが、無人の場所に設置した場合を想定すると必要な機能であるため、機能ラインアップに追加する。

また、ファシリティキューブは密閉ラックのため、現状の機密性を損なわせないために自動扉の形状の設計、及び製作・評価・検証を行った。保険的な保護機能であるため、評価試験項目に漏れがないか十分検討し、以下の項目を設計段階で定め、評価段階で誤作動しないことを確認した。

【追加評価試験項目】

- 空調故障時 前後扉が 90 度以上自動に開放する。
- 空調故障復旧時 再度運転ボタンを入れ直す。手動で前後扉を閉める。
- 停電発生時 1 分継続後、扉が自動開放する。(1 分以内の停電時は自動復旧)
- 停電復旧時 復旧時は手動で閉める。
- 瞬時停電 (0.2 秒以内) 前後扉の自動開放はしない。
- 温度異常上昇 (32 以上) 時 前後扉が自動開放する。
- 温度上昇 (32 以上) 後の降下 (32 以下) 時 復旧時は手動で閉める。

当初、扉開放角度は 90 度開いていたが、テストを繰り返した結果、機器装置の水平度によるラックの傾きと扉ヒンジ部のバネ圧の弱さにより、30 度しか開かない状態となった。3-1 項「開発フロー」に従い、改善として設計の見直しを行い、評価試験では、バネ圧強度のアップによる開放試験 100 回実施、及びバネ単体耐久試験 1000 回を追加実施した。

4 . 評価試験項目をクリアしての商品化

4 . 1 ファシリティキューブの商品化

評価試験の結果、ファシリティキューブの設計段階で策定した設計指針をクリアし、品質を確認することができた。

本製品は、小規模サーバ室を構築する場合と比較し、初期投資は 53% 削減、設置スペースは 72% 削減、環境負荷については毎年 31% の削減が可能となるため、低コスト・省スペース・省エネ化の効果が高い製品をファシリティキューブ (S シリーズ) として商品化することができた。

ファシリティキューブの外観については図 14 に示す。



図 14 ファシリティキューブ外観図

4.2 ファシリティキューブのシリーズ化

ファシリティキューブを更なる顧客ニーズに柔軟に対応するため、搭載機器の発熱量に見合う空調能力を選択できる製品シリーズとし、エンハンス強化を計画している。エンハンス計画の全体概要を図 15 に示す。

商品名	ファシリティキューブ(FacilityCUBE)				
シリーズ名	Sシリーズ	Mシリーズ			Lシリーズ
商品化時期	2010年5月	2010年下期	2002年～		未定
冷房能力 (負荷能力)	5.2kW (約2馬力)	10.7kW (約4馬力)	10.7kW (約4馬力)		28kW (約10馬力)
最大ラック構成例	ACラック(空調+機器)×1 Bラック(消火設備)×1	Aラック(空調機)×2 Bラック(消火設備)×1 Cラック(機器)×1～5	Aラック(空調機)×2 Bラック(消火設備)×1 Cラック(機器)×2	Aラック(空調機)×2 Bラック(消火設備)×1 Cラック(機器)×1～5	
空調機能	○	○ (冗長構成)	○ (冗長構成)		○ (冗長構成)
消火設備			○		
監視機能	オプション	オプション	○		オプション
電源 (ラック型分電盤)			-		
備考	19インチラックタイプ	19インチラックタイプ	19インチラックタイプ	ロッカータイプ	19インチラックタイプ

図 15 ファシリティキューブエンハンス計画

5. 今後に向けて

今後はお客様のニーズである、キャリアの基地局設備として屋外設置が可能となる屋外対応ファシリティキューブや次世代データセンタ向けの高能力冷却システムの開発が必要になるので検討していきたい。

5.1 屋外対応ファシリティキューブ

屋上や屋外にファシリティキューブを設置するメリットは以下の通りである。

ユニットタイプで設計が容易

軽量であるため基礎工事が簡単で基礎面積が小さい

現地での組込み作業が容易

密閉型筐体のため大気汚染による機器の安定稼働確保となる点がある。

ファシリティキューブの屋外設置に関する課題は2つある。1つは屋外設置となるため雨天時のメンテナンス時の容易性の検討。もう1つは停電対策など電源関連(U P Sやバッテリー)設備を考慮した、トータルでのシステム開発である。外形イメージを図 16/図 17 に示す。

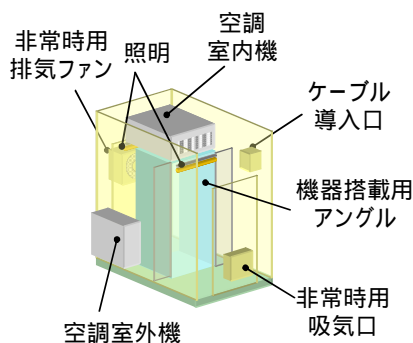


図 16 外形イメージ図
(屋外 S シリーズ)

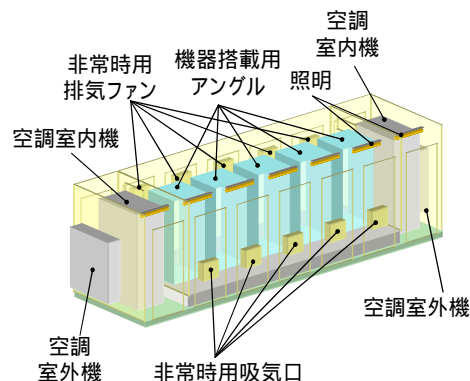


図 17 外形イメージ図
(屋外 M シリーズ)

5.2 次世代冷却システム

今後のIDCの動向として、以下のような課題があると推測される。

(1) データセンタの高密度化による空調冷却能力の拡大

従来はIDCの設計基準はラックあたりの発熱量は2~3kW/ラックが主流だったが、近年9kW/ラックが設計標準化がされており、将来は35kW/ラックまで上がると予測している。発熱量の予測値と問題点を図18に示す。

(2) 大都市の再開発エリアにおいて採用されている水冷設備の利活用

(3) 「水を使うが、室内に水を持ち込まない冷却システム」の要求

上記解決策として、ファシリティキューブ(Sシリーズ)に冷水システム(水冷コンデンサ)を装備し、冷却能力を向上させる。本製品の導入メリットは2つある。

データセンタ・サーバ室内に水配管を持ち込まない冷媒

直膨(空冷)システムの導入と、さらなる効率的なシステム運用として、モジュール単位での増設が可能となる。

本製品の開発の課題として、新規システム対応のファシリティキューブ(Sシリーズ)の冷却能力向上の開発が必要となる。次世代冷却イメージを図19に示す。

ラック1本あたりの発熱量	問題点
20~35kW/ラック ブレードサーバ 数台~	部屋全体の冷却容量不足
10kW/ラック ブレードサーバ 1~数台	冷却空気の気流配分 排気熱の回収 ラック内のエアフロー ホットスポット 冷却空気の不足
5kW/ラック サーバ数台以上	冷却空気の気流配分 排気熱の回収 ラック内のエアフロー ホットスポット
3kW/ラック サーバ数台	冷却空気の気流配分 排気熱の回収 ラック内のエアフロー

図18 発熱量の予測

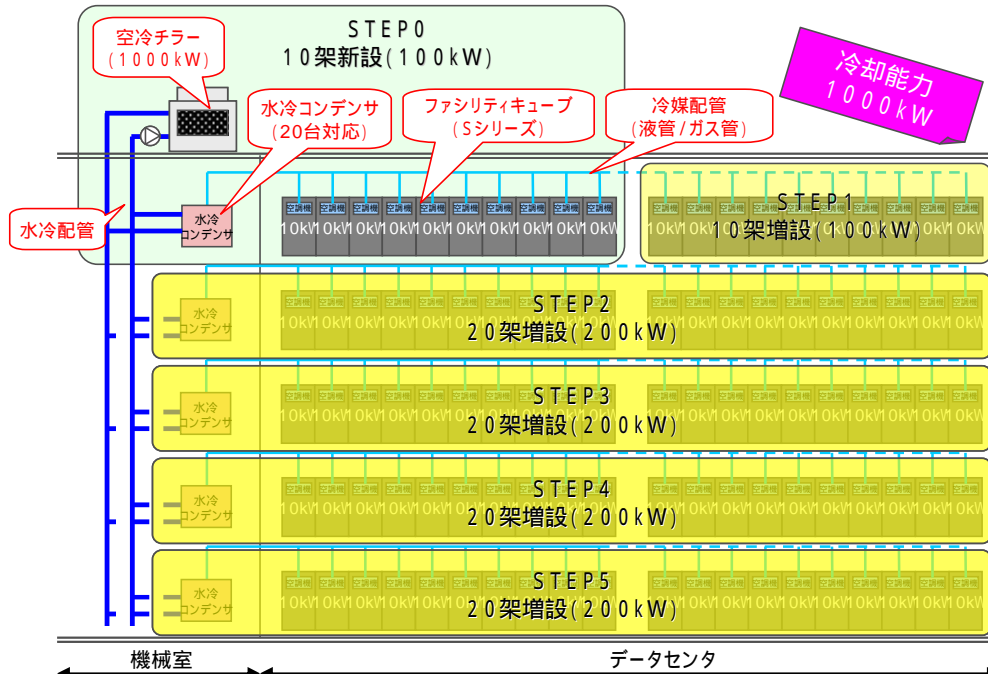


図19 次世代冷却イメージ

今後も顧客ニーズと市場動向を的確に捉え、環境ビジネスの拡大に貢献する商品作りをしていきたいと考える。

- 以上 -