スマート＆コンパクトコミュニティの核となる
商業施設向けエネルギーマネジメントシステム（EMS）実証事業への取り組みについて

日揮情報システム（株）

■ 執筆者Ｐｒｏｆｉｌｅ ■

三田村　知行

1996 年　日揮情報システム（株）入社
　　システム業務担当
2011 年　現在 社会インフラ事業推進室所属
　　システム業務担当

■ 論文要旨 ■

近今の世界的な都市化の流れとそれに伴うエネルギーや環境の問題の中で、持続的な低炭素社会を担う社会インフラシステムを構築するために、当社は日揮グループとして経産省「次世代エネルギー・社会システム実証事業」においてスマート＆コンパクトコミュニティの核となる商業施設向けエネルギーマネジメントシステムの開発を行っている。その中で、エネルギーデータの見える化、太陽光発電や蓄電池といった新しい技術をもった設備を最適に稼働させるための技術、エネルギー利用者の動きも対象とした地域エネルギーの有効活用手段、といった機能開発に取り組んでいる。本編では本実証事業を行うに至った背景、エネルギーマネジメントシステムの機能と開発時の工夫、これまでの成果、そして今後の展開を論じる。

■ 論文目次 ■

１．はじめに ……《 3》
１．１　当社の概要
１．２　実証事業の背景
１．３　中規模商業施設における実証の意義

２．システム構成 ……《 4》
２．１　実証設備の構成
２．２　エネルギーマネジメントシステム（EMS）開発の基本方針
２．３　EMSの構成

３．J+EM Sherpa の機能 ……《 6》
３．１　機能開発のポイント
３．２　J+EM Sherpaの活用シナリオ

４．実証事業のこれまでの成果……《 11》

５．今後の取り組み ……《 13》

６．おわりに ……《 13》

■ 図表一覧 ■

図１　実証設備の概要構成図……《 5》
図２　J+EM Sherpaの基本構成……《 6》
図３　J+EM Sherpaの見える化画面例……《 7》
図４　本実証における負荷設備の運転優先順位……《 8》
図５　J+EM Sherpaを活用した持続的省エネ対策シナリオ……《 10》

表１　本実証設備における代表的ファクター……《 8》

１．はじめに

１．１　当社の概要

当社はエンジニアリング会社である日揮株式会社のコンピュータ部門が 1983 年に独立し、日揮情報システム株式会社（略称：J-SYS）として設立された。当社の事業領域は、日揮株式会社（グループ会社を含む）向けの事業と日揮株式会社以外の顧客向けの事業とに大きく分けることができる。日揮株式会社向けの事業では、まず、システムマネジメントサービスがある。延べ 3,000 台を優に超えるコンピュータ群を駆使する日揮株式会社の情報システムを一括してマネジメント。さらに、各種のジョブシステムの高度化・合理化はもちろん、オープンシステムインテグレーションを実現させ、コンピュータ統合エンジニアリング（CAE：Computer Aided Education）システムを構築・運用している。

日揮株式会社以外のお客様を対象とする情報サービス事業は、全売上高の過半を占め、システムインテグレーションの分野に絞ればその比率は 70%を超えている。この領域では、プロジェクトマネジメントシステムや人口知能（AI：Artificial Intelligence）など日揮の保有する技術を商品化（パッケージ化）して提供する事業や、技術系・工業系・ビジネス系システムを設計・開発するソフトウェア受託開発事業、システムインテグレーション、システムマネジメント、アウトソーシングなど、また、ネットワークにからむ各種システムの構想立案から設計・開発・構築・運用までを一貫して行なっている。

40
行

１．２　実証事業の背景

本実証事業への取り組みへの背景には次の 2 点がある。まず 1 点目としては、事業背景的理由である。親会社である日揮株式会社のコアビジネスは、石油・ガスに代表される各種エネルギープラント・施設に関するコンサルテーション、事業計画、設計、機材調達、建設、運用保守である。我々はそれを EPC（Engineering, Procurement, Construction の頭文字）ビジネスと呼んでいる。EPC ビジネスの業界では、エネルギー需要の高まりや開発途上国の工業化等、マーケットとしては今後も旺盛である事が予測される半面、買い手の力も強くなり、又、新しい競合相手が台頭してきている等、今まで通りのハイドロカーボン分野の EPC ビジネスだけに留まっているだけでは将来性は担保されない。

2 点目としては、社会背景的理由である。2050 年には世界の約 70%の人口が都市に集約するという予測もあるように、世界的に都市化が急速に進む中で、エネルギーをはじめとした社会インフラの重要性はますます高まっている。既存の社会インフラ技術だけではそのニーズに対応する事はできず、スマートグリッド等の新しい仕組みや技術・設備を導入していく事が必要となる。

上記の 2 点の背景をベースに、日揮株式会社は都市・インフラ事業をビジネスの新たな柱とすべく現在色々な取り組みを行っており、経済産業省「次世代エネルギー・社会システム実証」の一環として取り組んでいる本実証事業もその一つである。本実証事業の目的は、地域エネルギーマネジメントと連動する商業施設向けのエネルギーマネジメントシステム（EMS）の開発および実証を行うことである。

新しい姿の都市・インフラには情報通信技術（ICT：Information and Communication Technology）技術が不可欠であり、当社も日揮グループ唯一の情報技術 ICT 事業会社として共に本実証事業に取り組んでいる。

１．３　中規模商業施設における実証の意義

本実証事業を行っている商業施設は、店舗面積 13,530m^2 と中規模商業施設に分類される（社団法人 日本ショッピングセンター協会によると、日本全国のショッピングセンターの平均の店舗面積は 14,122 m^2 であり、売場面積が 10,000m^2～20,000m^2 の規模のものが全国のおよそ 31%を占めている）。

世界の動向を見ると、20 世紀の石油大量消費-自動車社会の象徴である大型ショッピングセンターの規制は既に欧米で始まっている。また、近年高齢化社会が進み、郊外での大型ショッピングセンターでの買い物が不自由になる高齢層対策としても大型ショッピングセンターの見直しが言われている。米国サンフランシスコ市では、大型ショッピングセンターの立地はダウンタウン商業地区、ヘビーコマーシャル地域に限定されている。さらにゾーニング変更禁止として、新規出店に関してリテール・サイズ・キャップ制が敷かれている。ロスアンジェルス市では、大型ショッピングセンターの立地は商業地区に限定する規制、及び CIR(Community Impact Report)という事前アセスメントの実施、提出を義務付け、その結果に基づき個別審査が必要になってきている。

このように低炭素社会では、20 世紀の石油社会の産物である「車を使った郊外型大型ショッピングセンターを利用する生活スタイル」から「歩いて暮らせるエリアでの中型ショッピングセンターを利用する生活スタイル」へのシフトが言われている。この為、日揮株式会社が提唱する”スマート&コンパクトコミュニティ”を実証する場として、この中規模商業施設を選択した。

２．システム構成

２．１　実証設備の構成

太陽光発電（補助として燃料電池）、定置式蓄電池のほか、店舗でのエネルギー消費の割合の大きい負荷設備を備えた実証装置（照明、空調、冷凍・冷蔵庫）や電気自動車（EV：Electric Vehicle）用充電器を店舗に設置し、これらの設備を複合化させエネルギー管理システム（EMS：Energy Management System）でコントロールする実証を行っている（図 1）。店舗の既存設備はそのまま維持する形で実証装置を追加で設置する。また、実証初期段階では店舗の既存設備とは分離したマイクログリッドとする（ただし、空調に関しては初期段階から既存空調の一部として運用する）。その後、給電の安定性が担保された実証後期段階では商用系統とも連携し、また、各負荷設備を店舗設備の一部、あるいはその代替として運用する事を計画している。

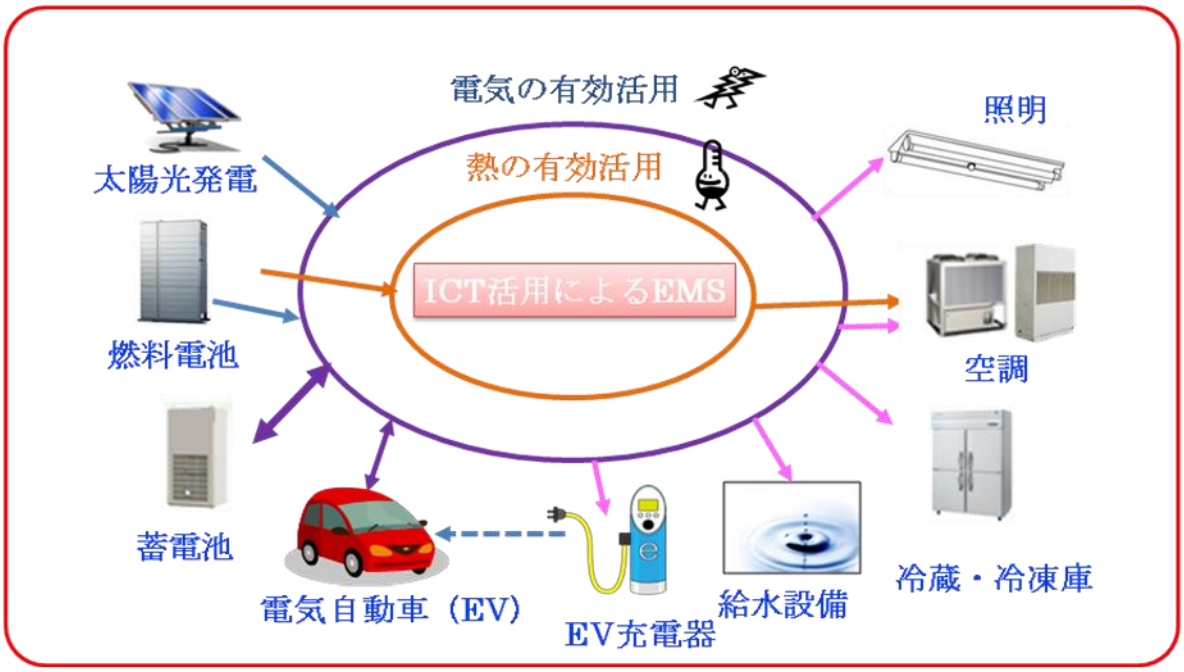

図１ 実証設備の概要構成図

２．２　エネルギーマネジメントシステム（EMS）開発の基本方針

低炭素社会のエネルギー需給の中核となると予想される蓄電複合システムでは、多くの関連設備が登場する。特に今回開発対象とする需要側に設置される蓄電システムでは、中小規模の再生可能エネルギー発生設備、熱や未利用エネルギーなどの供給設備に加え、さまざまな需要設備が存在する。これらの関連諸設備間でのエネルギーの蓄積、授受は双方向でかつ複雑であり、これらを統括する EMS は、低炭素環境配慮という大目標の下、個々の要素設備を最適に調和機能させ、快適でかつ持続する社会を適切に管理運営するために必須である。

社会は目的により、構成員により、国や地域により、運営形態により、また気候や環境によりさまざまな個性がある。従ってエネルギー関連諸設備の関係もさまざまであるが、それらを理解するためには合理的な範囲で切り取った社会生活部分(シーンと呼ぶ)に分解し、その中で最適解を求め、さらに並列あるいは上位のシーンを最適化し、その過程で個々のシーンを再調整するというアプローチが最も分かりやすい。また同時にそれらのシーンのいくつかを、モジュールとして保持し組み合わせることで、より上位のシーンを自由に組み立てることができる。すなわち社会システムの EMS の開発は以下の二点が重要だと思われる。

（１）　合理的な範囲の社会生活部分（シーン）に対応するシステムであること
（２）　それらをモジュールとしてとらえ、さらに上位のシステムを組み立てること

２．３　EMS の基本構成

当社が本実証事業を通じて開発している EMS の製品名を「J+EM Sherpa」（ジェイ プラス イーエム シェルパ）と名付けた。シェルパとは、ネパールの少数民族のひとつで、ヒマラヤ登山支援に携わっていることで世界的に知られている。登山技術を磨いた彼らはガイドとしても雇われるようになり、 今では彼ら無しではヒマラヤ登山は成立しないと言わ

れるほど重要な存在となっている。J+EM Sherpa が本製品を使用するユーザーのエネルギー最適化への道案内役となるようにとの思いを込めたものである。

J+EM Sherpa は、機能的に次の３階層で構成する（図 2）。これは前述の EMS 開発の基本方針で述べたように、J+EM Sherpa が社会の様々なシーンに適用するようにモジュール化するための工夫である。つまり、地域、施設、設備、利用者等が異なるシーンにおいても、階層をシーン毎に調整することで、システム全体として適用できることになる。

【１階層目】機器制御システム層
太陽光発電、蓄電池、燃料電池など個別機器の運転状況を監視、制御する。
【２階層目】ローカルサーバー層
個別機器あるいは機器グループ単位で運転データや状態変数をリアルタイムで収集し、また、上位システムからの指示に基づき個別機器へ動作を指示する。
【３階層目】戦略システム層
ローカルサーバー層からの情報を入力データとし、特定目的の予測モデルに基づき戦略を立て、ローカルサーバー層を経由し、機器制御システム層の個別機器に運転指示を出す。

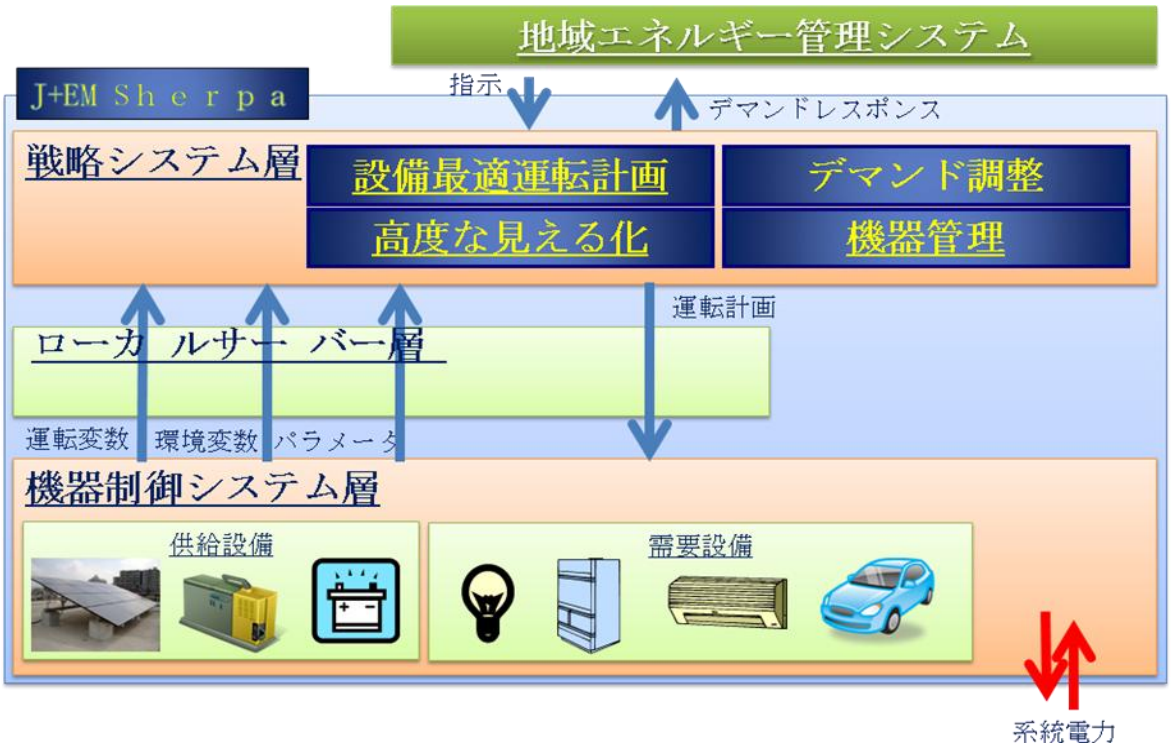

図 2 J+EM Sherpa の基本構成

３． J+EM Sherpa の機能

当社は EMS 事業分野については後発組である事から、他社製品と差別化する為の機能開発に取り組んでいる。J+EM Sherpa の上位層である「戦略サーバ層」の主な機能（一部開発中も有り）には（1）見える化　（2）設備最適運転計画　（3）デマンド調整　（4）（5）地域エネルギーマネジメントシステムとの連携　（5）機器管理　があり、各々次の

ポイントで機能開発を行っている。

３．１　機能開発のポイント

（1）見える化

見える化機能については他社製品でも標準機能として備わっている。よって、J+EM Sherpa では、①エネルギーデータを計測・保存する　②色々な視点（供給・需要別、エネルギー種類別、エリア別、時系列、等）でデータを表示する　③気象や施設情報などの周辺環境情報も管理する、という必要最低限の機能とした。その一方で、表現力・機能性・操作性での優位性を出す為に、ユーザー画面には、リッチ・インターネット・アプリケーションズ（RIA：Rich Internet Applications）の一つである Microsoft 社の SilverLight 言語を採択した（図 3）。RIA とは、ユーザインターフェースに Flash や Java アプレット、Ajax などを用いて、単純な HTML で記述されたページよりも操作性や表現力に優れた Web アプリケーションのことである。他言語候補との比較においては、開発生産性、機能、リスク、コストの基準から判断した。選択理由として、開発生産性については Microsoft 社 Visual Studio を筆頭に、開発環境・プラットフォーム、開発者層が成熟している事が挙げられる。他に、機能についてはクロスプラットフォームで Operation System に非依存で、導入環境を選ばず、デスクトップ・ブラウザ双方で動作可能である事、リスクについては無償で配布しているランタイムも含めてのメーカーの開発サポート体制が整っている、等がある。

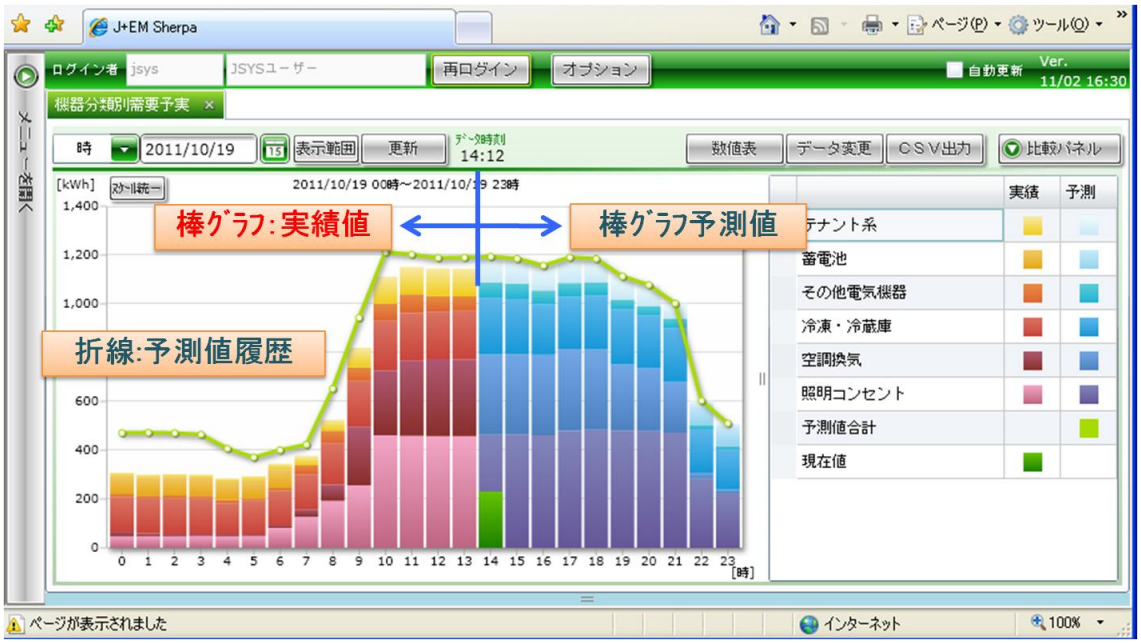

図 3 J+EM Sherpa の見える化画面例

（2）設備最適運転計画

設備最適運転計画については、エネルギーの供給量と需要量を予測し、施設の運用ルールと運転の目的関数（例：設備稼働 Max、環境負荷 Minimum、コスト Minimum、等）から設備の運転計画を自動的に立てる機能である。今回導入する自然エネルギーである太陽光発

電はパワーコンディショナシステム（PCS：Power Conditioner System、太陽電池、燃料電池、ガスエンジン等の発電電力を系統電力に変換する機能を備えた装置の事）の自立運転機能により、負荷設備側の消費電力見合いとなる。このため、発電量を最大活用するためには、負荷設備の消費電力量と蓄電池に充電可能な電力量の総和と発電可能量を把握し、そのバランス（式1）を見ながら、充放電や、設備運転を適切に行うことが必要となる。

式1．本実証事業における基礎的な電力需給バランスの関係式：

Σ系統電力量 + 太陽光発電量 + Σ蓄電池放電量 + Σ電気自動車放電量 － 再生可能エネルギー売電量 = Σ電力需要 + Σ蓄電池充電量 + Σ電気自動車充電量

この設備最適運転は、一足飛びに到達できるものではない為、運転制御のレベルを次のようなステップに分けて取り組んでいる。

①基本運転

各負荷設備の運転優先順位に基づき負荷設備に給電する運転を行う。本運転を行う為に、先ず、我々は負荷設備の運転優先順位を決定した（図 4）。商業施設の設備である為、常時稼働が必要となる設備（例：冷凍・冷蔵庫）、開店中のみ稼働する設備（例：照明）、環境に応じて稼働状況が変化する設備（例：空調）等に分類した。

次に、太陽光発電の予測発電量と蓄電池の蓄電残量を計算する事で、運転優先順位に従ってそれらの負荷設備に給電し、電力が不足する場合は蓄電池から放電するという基本運転を行う。

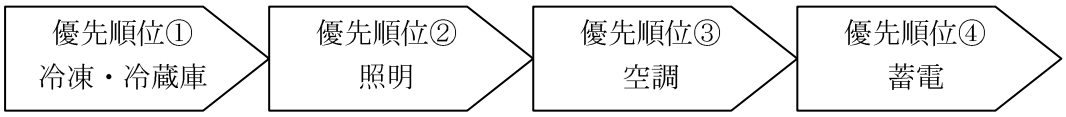

図 4 本実証における負荷設備の運転優先順位

②応用運転

消費エネルギーに影響を及ぼすファクター（表 1）を設定し、商業施設特有の需要動向を想定したシーン（季節別、時間別、イベント有無、等）の消費エネルギーパターンを解析して、その結果をエネルギー需要予測、負荷調整に動的に反映させる。

表 1 本実証設備における代表的ファクター

	設備	ファクター	状態
需要設備	冷凍・冷蔵	外気温	高～低
		収納状況	使用率%
		ドア開閉（回数）	開／閉
		ドア開放時間	分
	照明	天候（店内の明るさ）	晴、曇、雨（照度）
		来客数	人／フロア

		営業時間	10 時～22 時（＋前後 1 時間）
		余剰電力	発電量一定以上
		営業時間	10 時～23 時（＋前後 1 時間）
	空調	気温	高～低
		湿度（不快指数）	
		来客数	人／フロア
		他空調運転状況	稼働／非稼働
		営業時間	10 時～23 時（＋前後 1 時間）
供給設備	太陽光発電	日射量	多～少
		気温	高～低
		汚れ	有／無

③最適運転

動的制御に加え利用者にも省エネを促すよう、リアルタイム実績＋予測データを基に人の行動に合わせた運転制御を行う。

(3) デマンド調整

従来の EMS は主に機器を管理するものであったが、J+EM Sherpa では、機器以外にもエネルギー利用者（商業施設の場合は買い物客や周辺住民）の参加を促す事で需給バランスを取る事を目指す。例えば次のような実証メニューを考えている。

・短期ピークカット対策として、部分冷房低下、売り場以外の照明減

・中期ピークカット対策として、ネットスーパーへの誘導による来客減 など

人が動く為には、電力価格の弾力性や商品還元できるポイント等のインセンティブを付与する仕組みの検討が必要になるが、その原資としては、商用施設の広告収入や国・自治体の協力の元での CO2 抑制に対する優遇措置（排出権、減税など）等が考えられる。

(4) 地域エネルギーマネジメントシステムとの連携

施設内だけではなくその商圏も対象としてエネルギーマネジメントを実践する。また、単一施設の EMS ではなく、ビルや家庭群を連携する地域エネルギーマネジメントシステム（CEMS：Community Energy Management System）からの指示により、施設間でのエネルギー管理を行う。

エネルギー情報は、買い物、育児や福祉、防災情報などと同じレベルで地域にて共有するようになっていくはずである。CEMS とは異なる次元で、Web ポータルサイトやデジタルサイネージ（電子看板）、デジタル放送などの媒体を通じて地域にてワンストップで共有する事が必要となる。地域エネルギー情報によりコミュニティの人々が適切に行動することで、低炭素社会を作ることができる。

当社は鎌倉市を対象にして、地域ポータルサイト「まいぷれ鎌倉」を運営している。現在は生活圏の情報を地域の方にお届けするコミュニケーションポータルサイトであるが、地域エネルギー情報、エコ活動などの情報を加え、スマート&コンパクトコミュニティの中核ポータルにしようと考えている。

(5) 機器管理

本実証事業の目的の一つである商業施設以外での様々なシーン（オフィスビルや病院、公共施設、等）にも適用可能な EMS の開発及び実証を行うにあたっては、定置式蓄電池を含めた需要側の分散電源の機器管理手法を共通化する必要がある。様々な機器の属性、利用形態、保守履歴等の静的な管理データを統一的な形で提供する機能として、J+EM Sherpa では当社の設備管理パッケージ製品 PLANTIA とデータを連携する事を予定している。また、静的な機器データを動的な運転データと合わせる事で、機器が最適に稼働できる状態をシミュレーションする事にも役立てる。

PLANTIA は、日本の保全現場で使用されながら 20 年以上の歴史の中で当社が開発・販売してきた製品である。石油化学業界を中心に日本全国に導入企業 110 社、事業所数 230 以上の導入実績を持ち、2008 年には社団法人日本プラントメンテナンス協会の PM（Plant Management）優秀商品賞 実行賞を受賞している。機能（図 5）には台帳管理・定期保全・不定期保全・日常保全・突発保全・予実管理などを持っており、製品の特徴としては操作性、馴染み易い画面、パフォーマンス、ユーザーカスタマイズ機能等があり、技術情報は元より予算積算、実績金額の記録等、コストに関る情報まで管理できる。

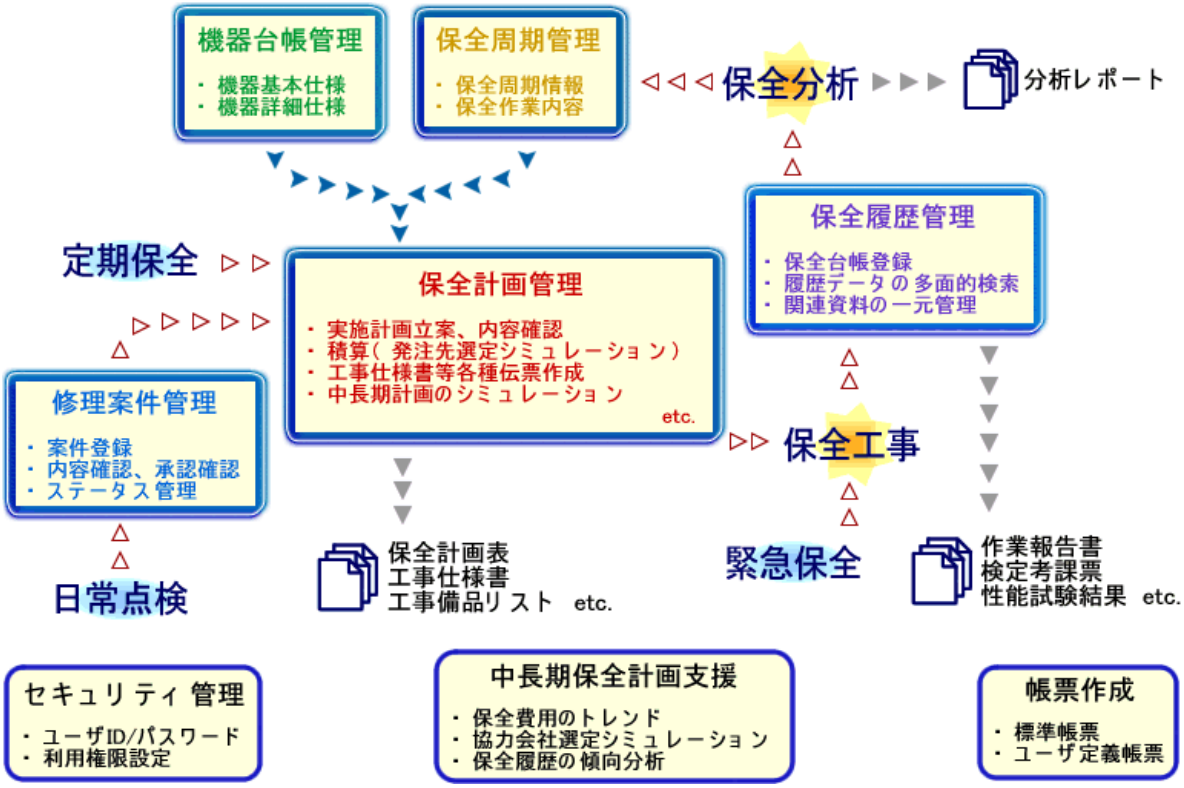

図 5 設備管理パッケージ製品 PLANTIA の標準機能関連図

3．2　J+EM Sherpa の活用シナリオ

東日本大震災以降、省エネの必要性について十分な認識が持たれ、企業や家庭でも省エネ対策が盛んに行われてきたが、次のような課題も見えてきた。

課題（1）：エネルギー消費状況を正確に把握・管理できない

課題（2）：人の管理による省エネには限界がある

課題（3）：強制的な省エネでは継続しない
課題（4）：省エネだけでは安心・安全は買えない
これらの課題解決のためにJ+EM Sherpaを活用した導入シナリオを考えている（図6）。
ステップ1：エネルギーデータを計測・表示する事で、省エネ対象データを分析する
ステップ2：システムが設備を最適に稼働させる事で、エネルギーを削減する
ステップ3：地域エネマネと連携する事で、域内エネルギーを有効活用する
この結果、コミュニティにおいてエネルギーの安心・安全を確保する事ができると考える。

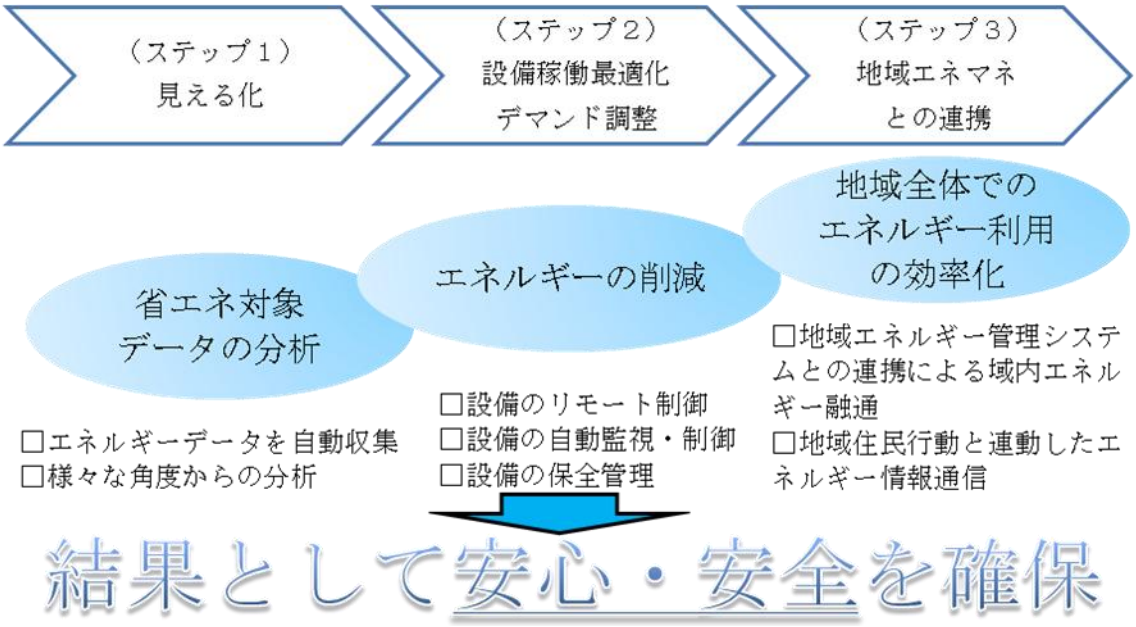

図6 J+EM Sherpaを活用した持続的省エネ対策シナリオ

４．実証事業のこれまでの成果

これまでの実証事業の成果は次の通りである。
（1）見える化
電力量・ガス流量計測器を用いて取得した店舗のエネルギーデータを元に見える化機能を導入した。見える化を行う前は、店舗運営者が設備管理会社から入手しているエネルギー消費データは目視読み取りであり、細かな時系列なデータは存在しない状況であった。省エネルギー化に関して定格電力で対策を考えていたものの、実際消費が大きい需要は他の設備であったりする事例もあった。既設エネルギー消費のおよそ 90%を対象とする本研究の見える化により、エネルギー消費に関する詳細な現状把握ができるようになった。

（2）設備最適運転計画
設備の基本運転を行う為の運転計画機能（図 7）を設計した。今回は、太陽電池により供給される電力により店舗の運営ルールをベースに負荷設備が最大限に稼働できる運転を目的関数とした。運転計画機能により、制約下においても目的に合致した設備の稼働計画を最適に立案する事ができ、結果的に自然エネルギーを最大限有効活用する事で系統電力

(CO2) を削減する設備稼働をシミュレーションできる基本ロジックを完成させた。

図 7 J+EM Sherpa の運転計画機能イメージ図

(3) デマンド調整

デマンド調整の為に人の行動を誘導するインセンティブ原資をどの様に賄うかの検討を行った。一般的ではあるが、時間帯別に異なる設定を行った電力料金単価（電力逼迫時には高く、余剰時は安い）を一つのインセンティブとしてデマンド調整を行うメニューを実証する事を予定している。

(4) 地域エネルギーマネジメントシステムとの連携

当社が運営している地域ポータルサイト「まいぷれ鎌倉」において、地域エネルギー情報として家庭の電力利用状況を発信し、家庭におけるエコ意識の向上と節電への取り組み事例の発信を開始した。これまで、まいぷれ鎌倉では、地域の文化やイベント、地域のちょっとした楽しみやビジネスの活性化を応援する情報を掲載していたが、これらに加えて環境という面にも目を向け、地域住民と一緒になり地域のエコやエネルギー利用の効率化、いわゆるスマート化を少しでも促進していく、「まいぷれ鎌倉エコ宣言」を行った。「まいぷれ鎌倉」のある利用者からは、この様な情報を見るだけで節電への意識が高まるとのコメントが寄せられた。この利用者は、使っていない電気はこまめに消す習慣がついたり、予備暖房や“カラ炊き”的な暖房の使い方は減らすようにしたという行動の変化があった。

(5) 機器管理

設備管理パッケージ製品 PLANTIA の機器台帳に設備情報を登録し、運用開始の準備を行った。特にエネルギー計測器は数が多い為、PLANTIA を利用し個体管理する事により、設備の故障時の早期発見につながった。また、今後は PLANTIA で管理された機器の静的データ（例えば、蓄電池の蓄電残量の上下限値）を J+EM Sherpa の運転計画機能へ反映する運用を目指す。

５．今後の取り組み

冒頭の通り、本実証事業には 2 つの背景が存在する。事業化に向けた今後の取り組みとして、本実証事業の技術をモジュール化し、現地の要求レベルに応じた適切なコストと付加価値の組み合わせで、すばやく提供できる素地を構築する。この素地をベースにコミュニティレベルへの普及、日本全国、及びアジアなど新興国への波及を視野に入れたスマートコミュニティシステムモデルの構築を目指す。展開するにあたっては技術面の貢献だけではなく、ユーザーに何らかのインセンティブを与え、低炭素化、省エネに関する意識・ライフスタイル改革をいわゆる“クール・ジャパン”として日本から世界へ発信し、高付加価値のシステムを海外展開できるように取り組みたい。

６．おわりに

経産省「次世代エネルギー・社会システム実証」の意義は「低炭素化社会の実現」と「その実現に向けた新しい技術の育成、実証」に大別される。地球温暖化防止の観点から、世界ではこれまでのハイドロカーボンエネルギー大量消費型社会から低炭素化社会の実現に向けて様々な取り組みが現在行われている。我が国は太陽光発電、蓄電池等の環境技術分野でのハード的モノ作りで先行しており、今後はモノ作りでの優位性を活かしながらそれらをソフト的に組み合わせ複合システム化することで、より競争力を高めることが望まれていると理解している。我々の実証事業の成果が、複合システムの面的活用による国際展開への一つのステップとなり、結果的に我が国の関連するモノ作りも活性化され、関連する国内生産、雇用、技術育成など様々な面での波及効果が見込まれる事を期待する。