

低炭素化社会に対応した 工場・地域省エネルギーシステムソリューション

Factory and Community Energy Saving System Solutions for Low-carbon Society

谷口 敬樹
Taniguchi Takaki

町田 泰斗
Machida Yasuto

低炭素化社会構築に向けて製造工場における省エネルギー化が進む中、再生可能エネルギーの導入、未利用エネルギーの開拓がクローズアップされている。また、東日本大震災を機に、周辺地域と連携する視点が新たに必要となってきた。一方、海外での工場建設においても、建設国における法令対応、工場建設地域との連携が重要なファクターとなっている。日立グループは、低炭素化社会に対応した工場・地域省エネルギーシステムソリューションを提供している。

1. はじめに

世界的なCO₂排出量の増加に伴い、CO₂削減対策の中核として低炭素化社会構築が加速される中、わが国は、これまでも省エネルギー先進国としてその存在が広く認識されてきた。

大量にエネルギーを消費する製造工場では、再生可能エネルギーの導入、未利用エネルギー(工場排熱、温度差エネルギーなど)の活用、分散電源(ガスコージェネレーショ

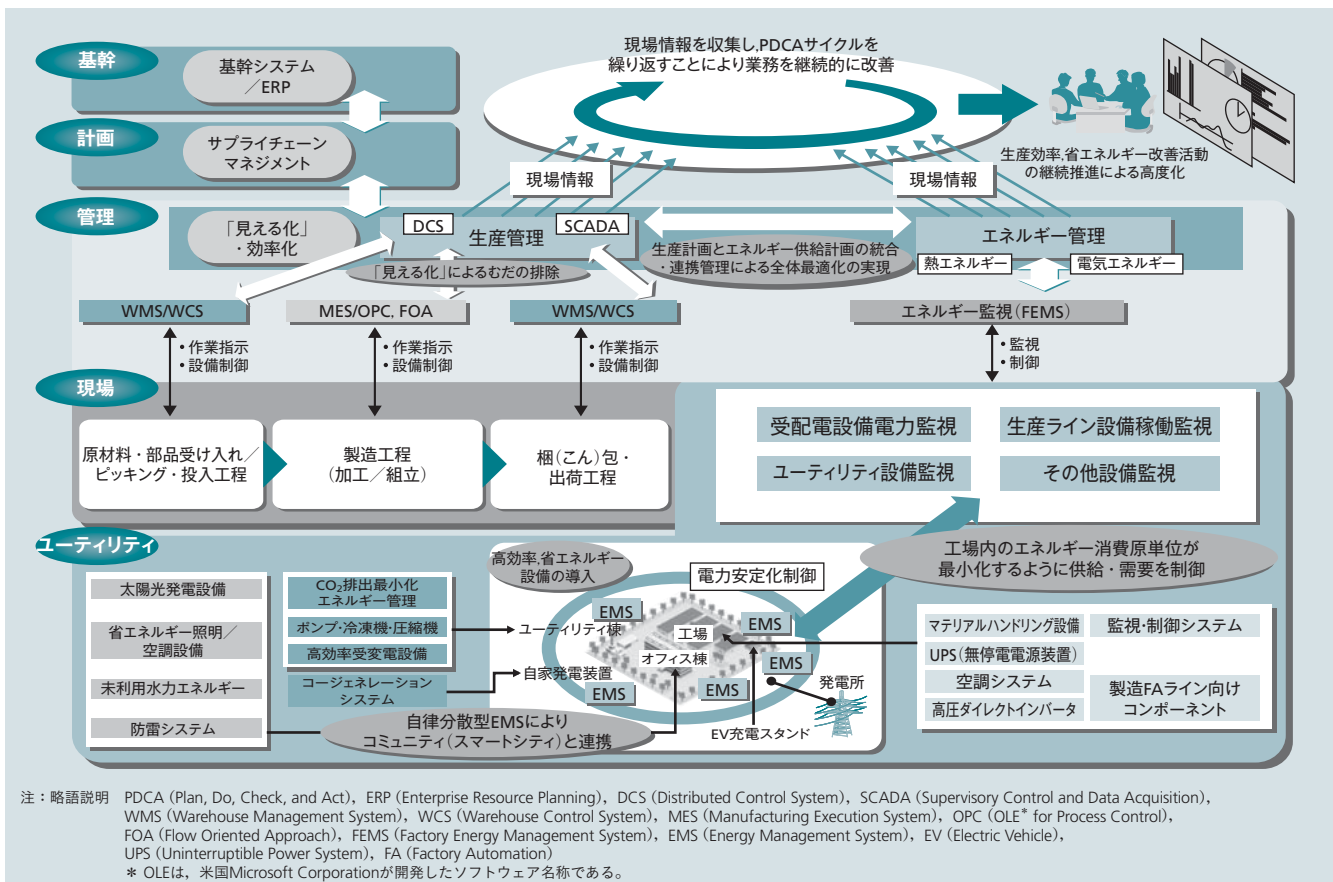


図1 | スマート化ファクトリーコンセプト

製造・エネルギー全体最適による省エネルギー・工場安定稼働・生産性向上をめざす。

ン、燃料電池など)の導入が進んできている。省エネルギー推進にあたっては、産業部門や業務部門の省エネルギー化の推進役としてESCO (Energy Service Company) 事業が大きく寄与している。また、東日本大震災を機に、製造工場を取り巻く状況として、BCP (Business Continuity Plan：事業継続計画) や周辺地域との連携を考慮する視点が新たに必要になっている。

一方、生産拠点の海外シフトに伴い、海外での工場建設においても、低炭素化社会構築や工場建設国におけるエネルギー法令への対応、そして工場建設地域との連携などが重要なファクターとなっている。

ここでは、国内の省エネルギー対応事例、地域(コミュニティ)連携事例、および低炭素化社会に対応した工場・地域省エネルギーシステムソリューションについて述べる。

2. スマート化ファクトリーコンセプト

製造工場において高度なエネルギーマネジメントを実現するには、製造設備・現場の製造系システムと電力・熱といった用役系システムを融合したFEMS (Factory Energy Management System：工場エネルギー管理システム)が必要となる。

製造系では、MES (Manufacturing Execution System)、WMS (Warehouse Management System)などで「見える化」された製造情報によってむだの排除を図り、高効率製造をめざしている。

FEMSは、製造系の生産計画、需要予測情報を基に工場

内エネルギー消費原単位が最小化するように使用される各エネルギーの需要・供給を制御する。具体的には、エネルギーベストミックスによる省エネルギー化と、不安定な再生可能エネルギー利用下での製造設備安定稼働を実現する。

これら生産計画とエネルギー供給計画の統合・連携管理によって、製造・エネルギーの全体最適化をめざすのがスマート化ファクトリーコンセプトである(図1参照)。

2.1 エネルギーベストミックス

「化石燃料を消費しない」、「CO₂を排出しない」、という観点から、太陽光発電や風力発電などの再生可能エネルギー設備は必須アイテムとなるが、再生可能エネルギーの発電量は天候や気候に大きく影響を受ける。

これに対応し、ガスエンジン発電など燃料系発電設備でベースロードを支え、再生可能エネルギーの発電変動、需要側変動を蓄電池充放電で吸収する構成をとる。また、災害時には、再生可能エネルギー、蓄電池、燃料系発電設備によって電力を確保するが、ガス・石油の備蓄や災害時の供給確保について考慮した計画が必要となる。

2.2 電気・熱を併せたハイブリッド総合エネルギー管理

製造工場用役系には熱源の供給があるが、熱は必ずしも蓄熱槽を設けなくても配管・設備に蓄熱される。次世代FEMSでは、電力だけでなく、これらの潜在蓄熱と廃熱発電などの熱も含めた需給シミュレーションによるハイブリッド総合エネルギー管理をめざす(図2参照)。

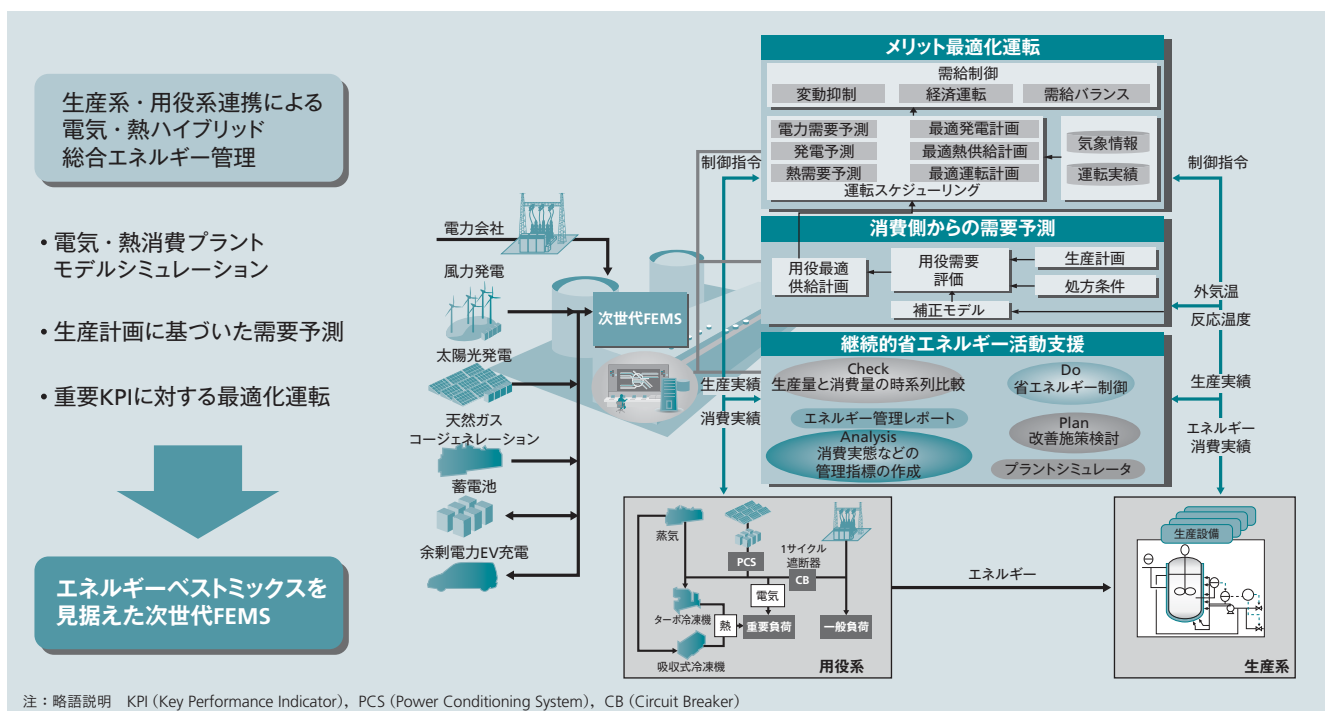


図2 | ハイブリッド総合エネルギー管理

電力だけでなく熱も含めたエネルギー需給シミュレーションによる総合エネルギー管理を行う。

- ・BCP対応を強化する分散型EMSの実証
- ・内外スマートシティ、スマートグリッド実証成果、新ソリューションの総合的検証

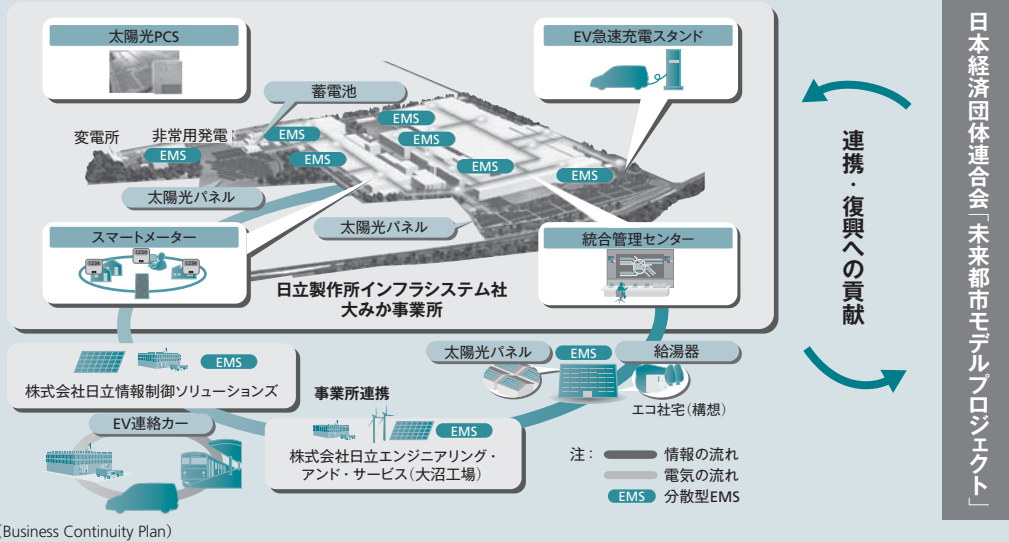


図3 | スマート化ファクトリーの例

日立製作所インフラシステム社大みか事業所において、BCPへの対応として、太陽光発電、蓄電池、分散型EMSの導入を開始した。

2.3 日立製作所における実証事例

社会インフラにおける情報・制御融合ソリューション事業を展開する日立製作所インフラシステム社では、スマート化ファクトリー構想の第一歩として、940 kW太陽光発電、4.2 MWh蓄電池、FEMSの導入を2011年から開始した(図3参照)。

太陽光発電、蓄電設備導入に伴う「見える化」や、ピークカット制御を第一段階とし、東日本大震災での被災経験を生かしながら、EV (Electric Vehicle) 運行の連携、共生自律分散型EMS (Energy Management System) 実証などに発展させていく計画である。

「共生自律分散型EMS」では、あるシステムがほかのシステムへ融通可能な資源情報を開示し、ほかのシステムが資源の融通を自律的に決定することで、複数のシステムが目的を共有して動作する。具体的には、災害時に製造工場として供給可能な資源情報をコミュニティ群に開示し、コミュニティ群は需要状況から調整をしたうえで製造工場からの資源融通を受けるといったことになる。

将来的には、一般社団法人日本経済団体連合会「未来都市モデルプロジェクト」への参画により、コミュニティ連携を強化していく。

3. 群栄化学工業株式会社におけるESCO事業

群栄化学工業株式会社は、澱粉(でんぷん)糖を中心とする食品事業と、フェノール樹脂を中心とする化学品事業の二つを柱とする化学品メーカーとして、1946年創業以来、半世紀以上の歴史を積み重ねてきた企業である。

群馬工場は1989年1月に群馬県高崎市に設立された工

場であり、2011年度の原油換算エネルギー使用量は1万6,940 kLで第一種エネルギー管理指定工場に該当する。CO₂削減、省エネルギー化が毎年度の課題であったことから、群馬工場内の省エネルギー推進委員会と日立製作所が共同で、省エネルギー調査・分析を行った。その結果、廃熱が有効利用できるシステムを実現できた。

3.1 省エネルギーシステム

ESCO事業で群栄化学工業に導入された省エネルギーシステムについて以下に述べる(図4参照)。

(1) 廃蒸気回収システム

樹脂第一工場では、製品の製造過程において3.0 MPaの高圧蒸気を濃縮缶に使用する。濃縮缶で仕事をした蒸気は廃蒸気として大気開放されていた。これまでも廃蒸気の熱回収を検討したことがあるが、濃縮缶における反応特性上、ドレン側に背圧をかけられない点が憂慮され、廃蒸気の熱回収は実現できなかった。そこで、日立製作所で背圧をかけずに熱回収をする方策を検討した結果、シェルアンドチューブ式熱交換器を基幹とした廃蒸気回収システムを組むことにより、背圧をかけることなく廃蒸気の潜熱回収が可能となった。

(2) 廃ガス蒸気ボイラ

製品を製造する過程で、排出される汚泥を乾燥・脱臭する汚泥乾燥設備がある。そのうち、脱臭炉では約400°Cの廃ガスが発生しており、未利用エネルギーとして大気放出されていた。廃ガスを回収する方法として蒸気、温水の二とおりが考えられるが、群馬工場は蒸気を多量に必要とする事業所であることから蒸気回収を決定し、廃ガス蒸気が

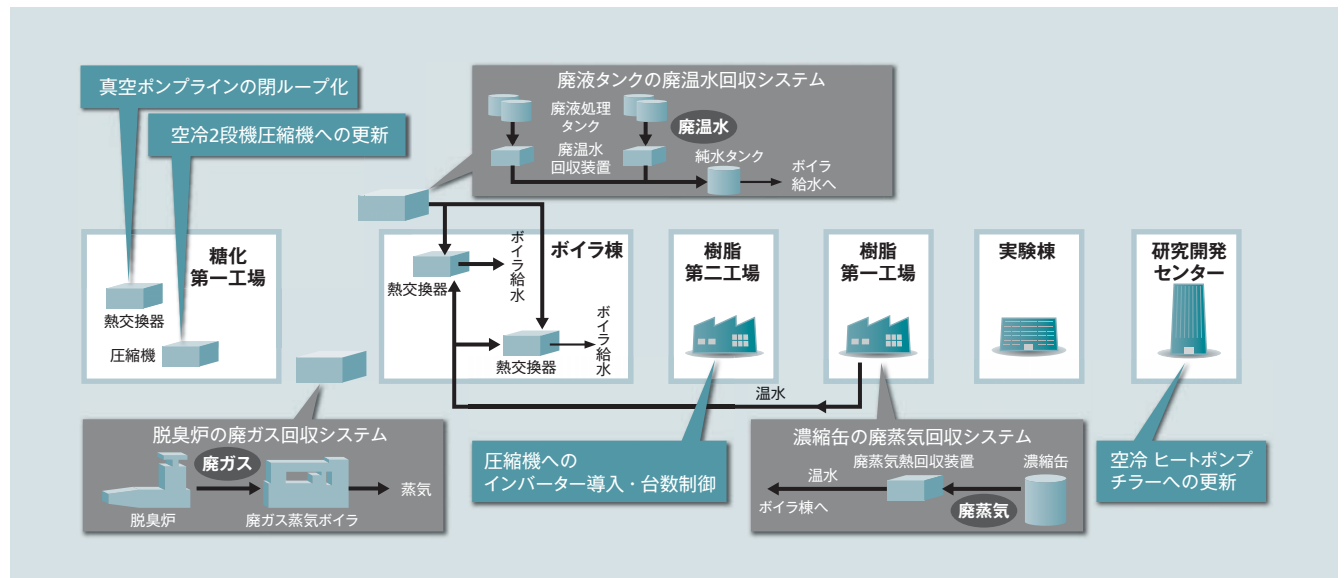


図4 | 群栄化学工業株式会社の省エネルギーシステム
群栄化学工業群馬工場に導入された省エネルギーシステムの概要を示す。

イラを汚泥乾燥設備の終端に設置した。

(3) 廃温水回収システム

製品を製造する過程で排出される廃水は、蒸気加熱など適切な排水処理を行ったうえで放流している。蒸気加熱後は約90℃の温水となり、未利用エネルギーとして排出されていた。今回、この廃温水を純水加温に活用するために廃温水回収システムを導入した。

(4) 空冷ヒートポンプチラー

本社・研究棟の空調は冷房を蒸気吸収冷凍機、暖房を蒸気/温水熱交換器による集中熱源方式で実施されていた。蒸気吸収冷凍機の老朽化更新の必要性から、蒸気吸収式の単純リプレースに限らず、考えられる選択肢を日立製作所で比較検討した。最終的には、冷房/暖房いずれでも現行方式よりランニングコストが低減でき、かつ、設置スペースも問題ない空冷ヒートポンプチラーが最も適していると判断された。

(5) 空気圧縮機

糖化第一工場の老朽化している3台は、頻繁にロード/アンロードを繰り返している号機、長時間にわたってアンロード運転しかしていない号機が見受けられた。一方、比較的設備が新しい樹脂第二工場においても同様に頻繁にロード/アンロードを繰り返している状況が見受けられた。各工場の設備状況に合わせた検討を行い、糖化第一工場は台数制御機能付きの37 kW×3台へ更新(うち1台はインバータ対応)とし、樹脂第二工場は既設空気圧縮機に台数制御機能追加し、さらに1台をインバータ対応へ改造した。

(6) 真空ポンプラインの閉ループ化

糖化第一工場内にある真空ポンプのシール水には井戸水

を処理した工水を使用している。シール水の温度が上昇すると、真空ポンプの真空度に影響が出ることから、これまで、一度使用した工水は排水される開ループ方式で運用されていた。実情を把握したうえで検討した結果、シール水を既設冷却塔の冷却水で間接的に冷やすことでシール水を繰り返し使用できる閉ループ方式を採用することにした。

3.2 ESCO事業導入による成果

前述した省エネルギーシステムの導入により、低炭素化社会に対応した工場として一歩前進することができた。

事例として紹介した有機的な省エネルギーシステムを構築するためには、ESCO事業者の力だけでなく、需要家の全面協力が欠かせないことを強調しておく。つまり、一方だけが努力しても成功は難しく、需要家・ESCO事業者の両者が一体化してこそ達成可能と言える。今回は、特に群栄化学工業群馬工場の工務課の方々にCO₂削減手法発掘に対し、長期間にわたり惜しみない協力をいただいた。

今後は、さらなるCO₂削減に向けてコージェネレーション導入にも取り組んでいく予定である。

4. スマートエネルギーネットワーク

省エネルギー・環境負荷軽減という側面に加え、震災以後は個々の企業や施設の枠組みを越えた地域(コミュニティ)全体におけるエネルギーベストミックス(電気・熱)最適運用のニーズが急速に高まっている。こうした中、地域再開発による新たな街づくりを視野に入れ、複数施設間でエネルギー(電気・熱)融通を行うスマートエネルギーネットワークという新たな試みが始まっている。

スマートエネルギーネットワークは、再生可能エネル

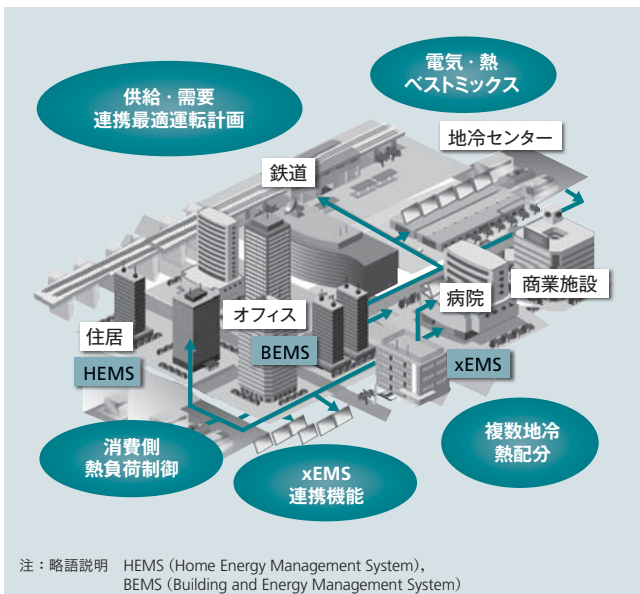


図5 | スマートエネルギーネットワークの接続範囲と機能イメージ
電力に熱、再生可能エネルギー、未利用エネルギーを組み合わせ、複数の需要家間で融通することでエネルギー利用の最適化を図る。

ギーと高効率CGS (Co-generation System) の融合によって地域レベルでエネルギーを最適供給するシステムであり、対象地域でエネルギー(電気・熱源)を消費するデマンドサイドと、それを一括供給するサプライサイドの最適運転制御が求められる(図5参照)。

現在、日立グループはエネルギー供給会社などとの協業により、地域スマートエネルギーネットワークの実証・実用化の取り組みを推進している。

4.1 東京ガス株式会社における実証事業

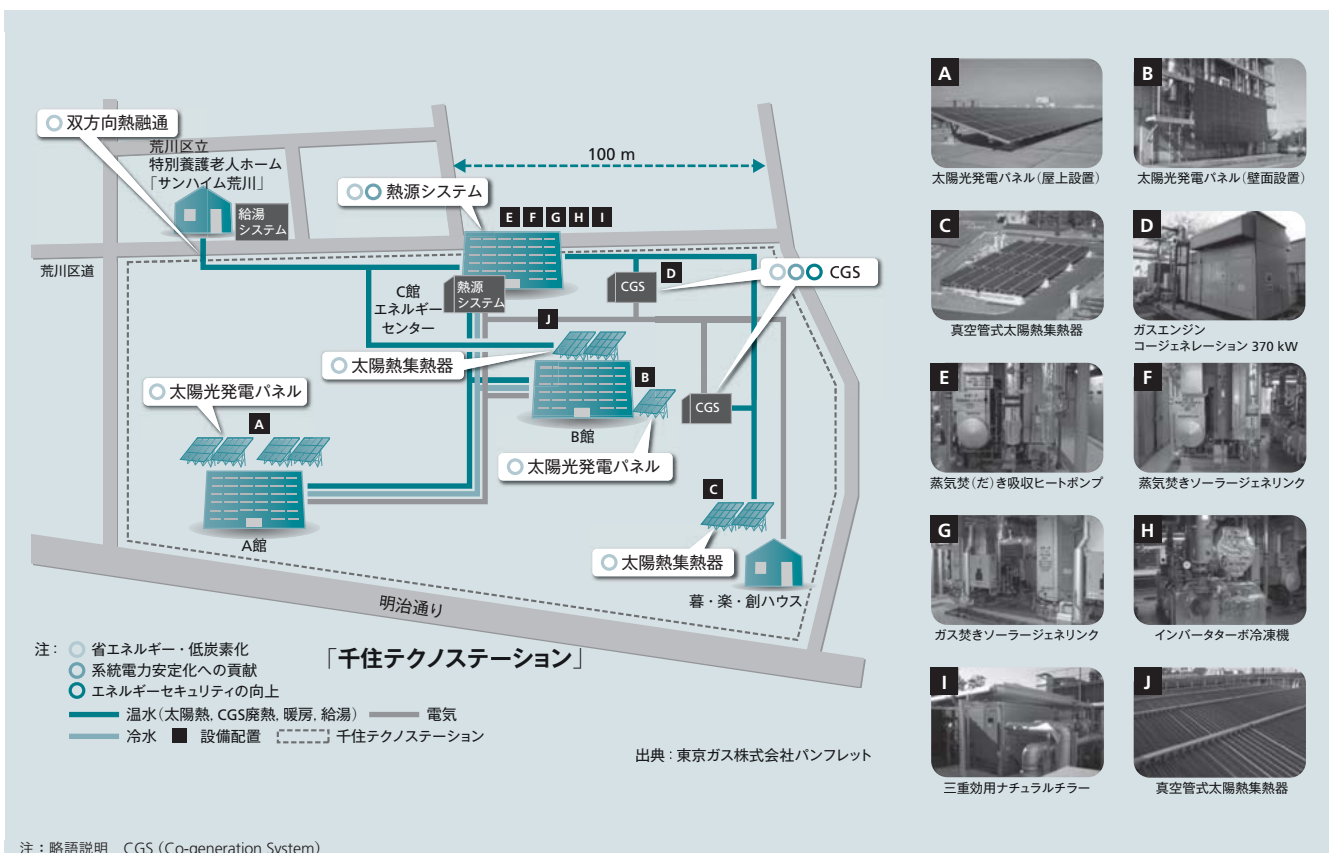
東京ガス株式会社が千住テクノステーション(東京都荒川区)で行っている「千住スマートエネルギーネットワーク」の実証事業事例を紹介する。

このシステムは、熱需要密度が高いエリアで周辺の熱需要を統合する熱融通ネットワークを構成し、コージェネレーション、太陽熱集熱装置、太陽光発電装置を組み合わせ、複数の建物で熱と電力の融通を行うシステムである(図6参照)。

この事業では、次の項目などについて実証を行った。

- (1) 近隣建物との熱の双方向融通
- (2) 太陽熱とコージェネレーション廃熱を優先活用する熱源設備の統合制御
- (3) 天候により出力が変動する太陽光発電出力に対するコージェネレーションやターボ冷凍機による変動補完制御

なお、この事業は、経済産業省の「分散型エネルギー複合最適化実証事業」に採択されている。実証事業に導入された主要機器を表1に示す。



注：略語説明 CGS (Co-generation System)

図6 | 東京ガス株式会社「千住スマートエネルギーネットワーク」実証事業の概要

熱需要密度が高いエリアで周辺の熱需要を統合する熱融通ネットワークの実証事業を千住テクノステーション(東京都荒川区)で進めている。機器の外観をA~Jに示す。

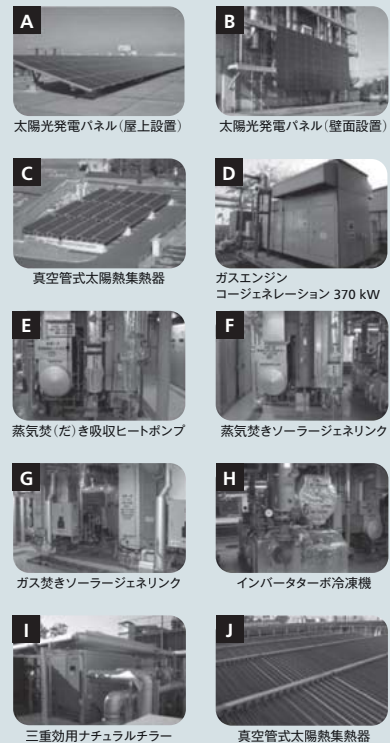


表1 「千住スマートエネルギーネットワーク」主要導入機器
CGS、熱源機など、実証事業に導入された主要導入機器を示す。

種類	機器名称	仕様	台数
CGS	D：ガスエンジンコージェネレーション	370 kW	1
	ガスエンジンコージェネレーション	700 kW	1
熱源機	E：蒸気焚き吸収ヒートポンプ*	・冷房のみ使用 冷房422 kW ・冷・暖房同時使用 冷房165 kW 暖房304 kW	1
	F：蒸気焚きソーラージェネリック*	冷房422 kW	1
	G：ガス焚きソーラージェネリック*	冷房949 kW 暖房813 kW	2
	I：三重効用ナチュラルチラー	冷房1,125 kW 暖房658 kW	1
	H：インバーターボ冷凍機*	冷房703 kW	1
	空冷チラー(スクリュー式)	冷房132 kW	1
	真空式温水器	給湯349 kW 暖房175 kW	1
	多缶式貫流ボイラー	2.0 t/h	1
太陽光発電 パネル	CIS化合物半導体型	10 kW	1
	CIGS化合物半導体型	10 kW	1
	多結晶シリコン型	30 kW	1
	A：単結晶シリコン型	40 kW	1
	B：単結晶+薄膜アモルファスシリコン型	16.7 kW	1
太陽熱 集熱器	C：真空管式太陽熱集熱器	約130 kW	1
	J：真空管式太陽熱集熱器	約36 kW	1

*は日立グループ納入機器

4.2 太陽熱・CGS廃熱優先活用(熱源統合制御)

このシステムは、さまざまなエネルギー源を利用する「ハイブリッド熱源システム」を省エネルギー最適に台数制御するシステムである。具体的には、まず再生可能エネルギーの太陽熱と、未利用エネルギーの冷暖房廃熱をエネルギー源に利用する。次に(1)CGS廃熱、(2)CGS発電電力、(3)都市ガスの順で優先利用するように熱源機器を制御する。これにより、省エネルギーやCO₂削減効果の最大化を実現する。

4.3 実証検証と今後の展開

この実証設備全体の導入効果として、従来システムと比較して、CO₂の排出量が35.8%削減できた(2011年度の年間実績)。

また、熱源統合制御についても、良好な動作状況を確認できたことから、この実証成果は今後、ほかの再開発エリアにも活用される予定である。

5. おわりに

ここでは、工場において、エネルギーベストミックスと電気・熱の総合エネルギー管理に、生産計画を連携させて製造・エネルギーの全体最適化を図る「スマート化ファクトリーコンセプト」を、事例とともに提示した。

また、顧客工場とソリューションプロバイダーが協力して省エネルギー化を実現するESCO事業の事例を紹介した。システムの更新と合わせ、これまで見過ごされていた廃温水を熱源に活用することなどにより、省エネルギー効果を得ることができた。

さらに、省エネルギー化のコンセプトを一つの工場から地域まで広げる「スマートエネルギーネットワーク」の考え方を示した。

参考文献など

- 1) 稲田, 外: 災害時BCP・コミュニティ連携をめざしたスマートファクトリー構想, 日立評論, 94, 3, 258~262 (2012.3)
- 2) スマートエネルギー2012, Review2012, No.1, 19 (2012.1)
- 3) 東京ガスと大阪ガスによる「スマートエネルギーネットワーク」実証事業の開始について, プレスリリース, 2010年5月14日, <http://www.tokyo-gas.co.jp/Press/20100514-01.html>

執筆者紹介



谷口 敬樹

2007年日立製作所入社, インフラシステム社 システム統括事業部
スマートインフラシステム統括本部 スマートI&Eシステム本部 I&E
情報制御システム部 所属
現在, 一般産業界向け事業の取りまとめに従事



町田 泰斗

1998年株式会社日立システムテクノロジー(現 株式会社日立情報制
御ソリューションズ)入社, 日立製作所 都市開発システム社 ソリュー
ション事業部 ファシリティソリューション本部 エンジニアリング部
所属
現在, 省エネルギー事業全般に従事