

次世代エネルギーシステムに関する国際標準化

🔗 スマートグリッド、マイクログリッド、BEMS, CEMS, IEC 61850, 分散型電源

* 奥野義道 Yoshimichi Okuno ** 新井 裕 Yutaka Arai * 伊藤憲一 Ken'ichi Ito

概 要

当社は電力システムの国際標準化を目指し、IEC 61850をはじめとする制御用を中心とする通信規格の導入を進めてきた。近年、マイクログリッドやスマートグリッドなど次世代エネルギーシステムの必要性が高まりつつあるが、これらは分散型電源の多種性や規模の拡大、デマンドレスポンスの導入などから複数ベンダーによる多様な電力系統設備間を相互接続し運用することが求められており、国際標準規格は更に重要となっている。積極的な国際標準化を進めている米国・欧州と、それに追従する日本の動向から各国の事情と方向性を読み解くことができる。当社は取り組みの一つとして、横浜スマートシティプロジェクトの実証での計量や制御に用いる通信に、ドラフトも含んだ先進的な国際規格を適用し、その性能評価を開始した。

今後はこれらの結果を基に、日本の電力事情や慣習を活用した技術標準を関連規格団体や学会活動を通して世界に発信していく。

1. ま え が き

近年、太陽光発電・風力発電などの再生可能エネルギー増加に伴う電力供給信頼性の向上への対応の観点から、マイクログリッドやスマートグリッドなど次世代エネルギーシステムに対する関心が高まっている。次世代エネルギーシステムでは、複数ベンダーによる多様な電力系統設備間を相互接続し、運用することが求められている。しかし現状では、このような設備間の接続にはベンダー固有のプロトコルが使用されており、複数ベンダー設備間の相互接続性が課題となっている。

この相互接続性を向上させるため、IEC 61850⁽¹⁾⁻⁽⁶⁾などの国際標準規格を適用した監視制御システムによる運用が注目されている。本規格は元来、変電所内で使用される多数のベンダーが提供する電子装置間の情報交換を標準化し、相互運

用を達成するために制定されたものである⁽⁶⁾⁽⁷⁾。しかし、本規格の概念は総括的で、電力系統の他分野にも適用可能なため、マイクログリッドやスマートグリッドなど次世代のエネルギーシステムに関する標準の中核となりつつある。

当社は国際標準化への取り組みの一環として、1990年代から配電用変電所のデジタル保護制御装置へIEC 61850の導入⁽⁸⁾を開始し、標準化した関数とデータを部品として組み合わせることで、メカ互換やシステム更新が容易なシステムを実現した。当時は規格自身がドラフト段階であったが、その効果は確認できた。その後、再生可能エネルギーなど分散型電源の増加やマイクログリッドの実証研究が進むにつれ、IEC 61850の必要性が高まり、2011年にIEC 61850の通信ミドルウェアを開発した。また、広範囲に分散した太陽光発電システム・マイクログリッド・スマートグリッドに

*システム事業企画部 **電力技術部



適用するために、インターネット経由で通信が可能な機能を拡張した。システム開発では単にIEC 61850を適用するのではなく、SOAPプロトコル（Webサービス）を適用した通信の開発・検証⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾を行い、追加実装した。本通信方式については、IEC 61850をベースに策定された風力発電用規格 IEC 61400-25で規定されており、IEC 61850においても⁽¹¹⁾拡張を検討中である。

本稿では、これらの背景を踏まえ、次世代エネルギーシステムに関わる更なる国際標準化の動向と当社の取り組みを紹介する。

2. 次世代エネルギーシステムの動向

2.1 分散型電源

エネルギーの多様性を求める社会の要望や技術革新によって、分散型電源は多種多様性が高まり、規模の拡大が進んでいる。特に再生可能エネルギー分野では、地熱・太陽熱・波力・潮流など新しいエネルギー資源の登場が相次いでいる。次世代エネルギーシステムは、これらの様々なエネルギーの長所を100%発揮させるように制御し、逆に弱点となる特性を他の分散型電源やエネルギー貯蔵装置・負荷を使用して補完調整することが求められている。これら時間オーダの予測や最適計画を必要とする需給制御や分・秒オーダの監視制御機能を必要とする電圧・周波数の安定化制御などを含む次世代エネルギーシステムの技術の活用によって、制御が容易なエネルギー資源と制御が困難なエネルギー資源を適切に組み合わせ全体を管理することが実現可能となる。次世代エネルギーシステムの機器間通信には、それら複数の要求が実現できるデータモデルとサービスプロトコルが必要である。

2.2 蓄電システム

同様のことが、技術革新などで新たに開発されそれぞれ異なった性質を持つ蓄電システムにおいても表面化しつつある。これらの異なった性質を持つ蓄電池を高効率で運転するには、それぞれの特性に合致した制御が必要であり、同様にシステムで使用する通信も、それぞれの制御に応じた機能と性能が求められている。

2.3 動向

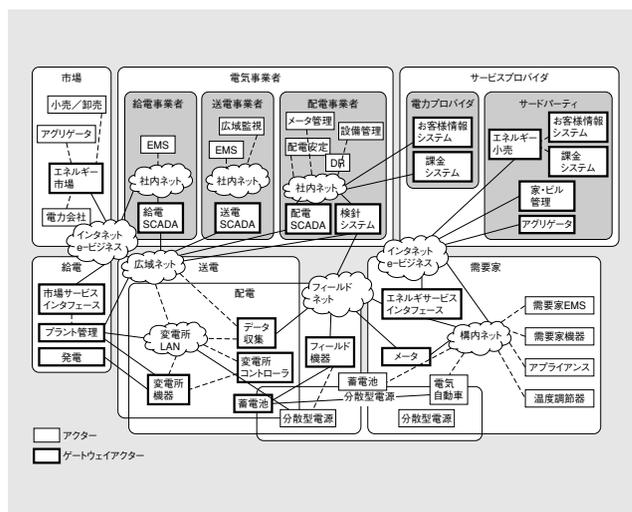
種類の拡張による複雑さに加え、電力システムに接

続する分散型電源・蓄電システムの数も同様に増加しており、次世代エネルギーシステムでは、これらにも対応が求められる。例えば、複数の分散型電源を集約して一つの電源とみなす仮想発電機概念モデルや、管轄外の発電機の間接的な監視制御を容易にする代理発電機概念モデルは、複数のシステムが多段に接続される地域エネルギーシステムなどで、複雑さや規模の拡大を緩和する対策として有効であることが知られている。次世代エネルギーシステムを支える通信システムでは、それらの論理的なデータモデルもシームレスに交信できることが重要である。

近年では、次世代エネルギーシステムにデマンドレスポンス（DR）などの新しい機能が求められてきており、これらトランザクションやネゴシエーションが必要なプロトコルに対しても対応していく必要がある。電力会社やサービスプロバイダを含めた社会的な広がりの中で、複数のシステム間で通信をする国際標準化が更に重要である。

3. 各国の動向

スマートグリッドの標準化の作業は、米国が世界をリードしている。米国では、標準技術研究機関であるNIST（National Institute of Standards and Technology）が2009年11月にSGIP（Smart Grid Interoperability Panel）を設立し、スマートグリッドに関連する相互運用性（第1図）を確保する取り組みを開始した。SGIPはPAP（Priority Action Plan）と呼ばれる作業分科会にスマートグ



第1図 NISTフレームワーク
米国NISTが構築したスマートグリッドフレームワーク図を示す。

リッドに関する重要項目を割り当て、各分科会でロードマップに従って標準化への審議を進めてきた。OASIS (Organization for the Advancement of Structured Information Standards) の OpenADR・EI (Energy Interoperation)・EMIX (Energy Market Information Exchange)・WS-Calendar (Web Service Calendar) や ZigBee の SEP2.0 (Smart Energy Profile), そして IEC 61850-90-7 (分散型電源インバータ機器との通信データモデル) など、国際規格として有望な多くの提案を提案している。

一方、欧州では20-20-20 Target (2020年までにCO₂を20%削減, 省エネ20%, 再生可能エネルギー20%を目指す) を目標に CEN (European Committee for Standardization)・CENELEC (European Committee for Electro technical Standardization)・ETSI (European Telecommunications Standards Institute) の3つの組織で標準化が推進されている。欧州で提唱されているスマートグリッドのアーキテクチャはSGAM (Smart Grid Architecture Model) フレームワークと呼ばれているが、3次元的に整理したアーキテクチャモデルの上で、欧州仕様の作成・NIST仕

様の見直し・規格作成団体への働きかけを合理的に推進しようとしている (第2図)。

4. 日本の取り組み

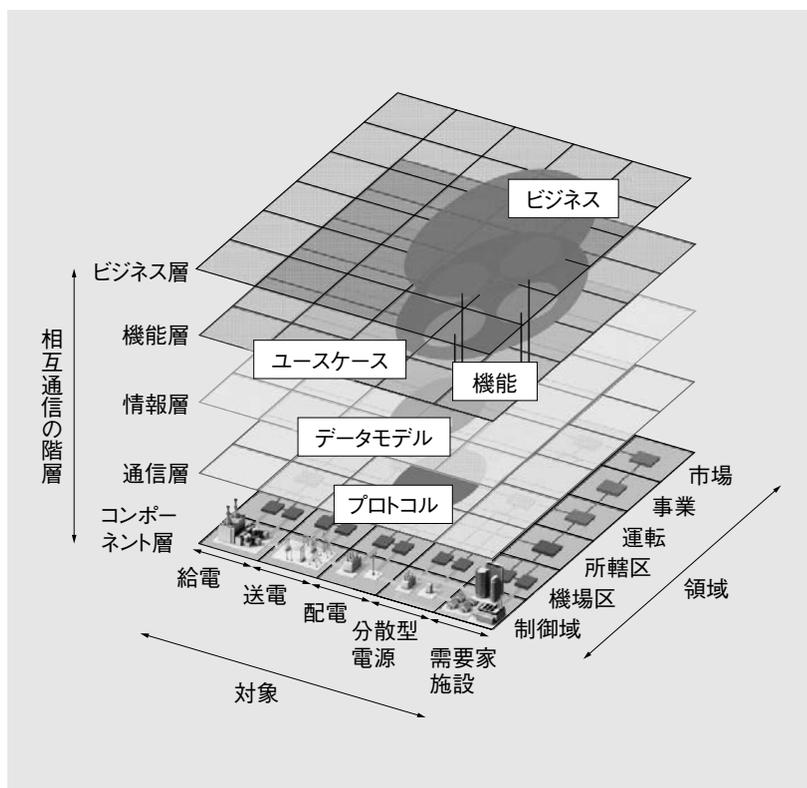
日本は「スマートグリッド=スマートコミュニティ」を特長としており、電力の有効利用に加え、熱や未利用エネルギーも含めたエネルギーの「面的利用」や地域の交通システム、市民のライフスタイルの変革などを複合的に組み合わせたエリア単位での次世代エネルギー・社会システムを目指している。経済産業省は、2010年1月に「日本の国際標準化ロードマップ」と「標準化すべき26の重要アイテム」を発表し、2010年4月にJSCA (Japan Smart Community Alliance) を設立した。この中で、国際標準化WGに含まれるEMS (Energy Management System)-SWGと蓄電池SWGが、それぞれ「スマートシティ実証4地域共通仕様」と「蓄電複合システムインタフェース」を策定し、現在その検証作業を実施中である。なお、国際標準化すべき重要アイテムについては、分野ごとの位置付けの見直しによって、2012年12月に20アイテムに見直しされている。

5. 当社の取り組み

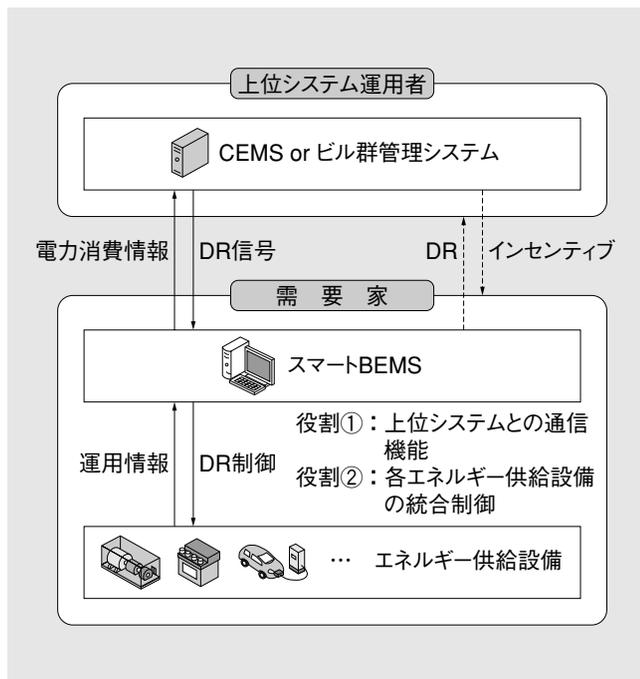
スマートシティやスマートコミュニティの実現に向けて、国内では既に、経済産業省「次世代エネルギー・社会システム実証事業」に代表される様々な実証が始まっている。横浜市と民間企業による共同プロジェクトである横浜スマートシティプロジェクト (YSCP) もその一つであり、スマートグリッドを軸とした大規模実証を実施している⁽¹²⁾。当社は本プロジェクトのBEMS/FEMS領域の幹事会社として、業務部門で新たな概念に基づく事業者向けエネルギーシステムの開発と実証を進めている⁽¹³⁾。本項では、その機能と国際規格に配慮した通信インタフェースを紹介する⁽¹⁴⁾。

5.1 スマートBEMSと上位システムとの通信機能

第3図に上位システムとの通信を示



第2図 SGAMフレームワーク
欧州で提案されたスマートグリッドアーキテクチャモデル図を示す。

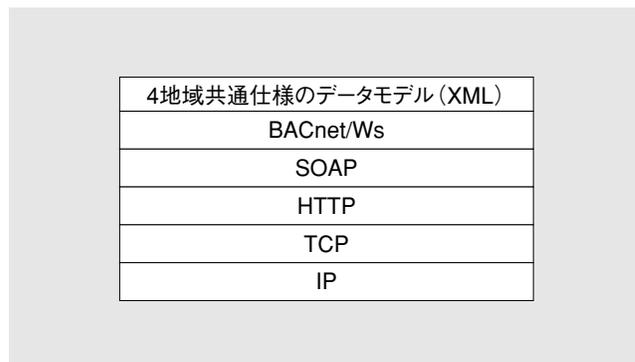


第3図 上位システムとの通信
CEMSとBEMS間の通信概要を示す。

す。スマートBEMS対象施設の電力消費情報を管理し、地域のエネルギーマネジメントを担うCEMS (Community Energy Management System) などの上位システムへ同情報を定期的に送信する。これらの情報は上位システムで集約され、地域の需給計画の立案に役立てられる。一方、上位システムからは、不定期に電力消費目標となるDR信号が配信される。そこにはインセンティブ情報も含まれ、需要家がDRを応諾した場合は、実績データを基にインセンティブが付与される。

データモデルは、経済産業省「平成22年度・23年度地域エネルギーマネジメントシステム開発事業 標準化等調査事業」で作成した共通仕様を採用する。地域エネルギーマネジメントでは、対象とする地域の需要家側の機器のエネルギー使用量や余剰量を調整することで、出力調整困難な再生可能エネルギーを最大限活用し、CO₂排出量の削減を実現するが、本仕様ではそれらの要件に必要なDRなどサブシステム間の通信項目を規定している。需要地側の余剰エネルギー（調整余力）情報をCEMSに集約し、再配分の指令を目標値やインセンティブ情報の形式で通達し、相互運用するのが特長である。

通信プロトコルは、日本版スマートグリッドの海外展開を考慮し、国際標準規格であるOpenADRの



第4図 上位システムとの通信プロトコル
CEMSとBEMS間の通信プロトコルと国際規格を示す。

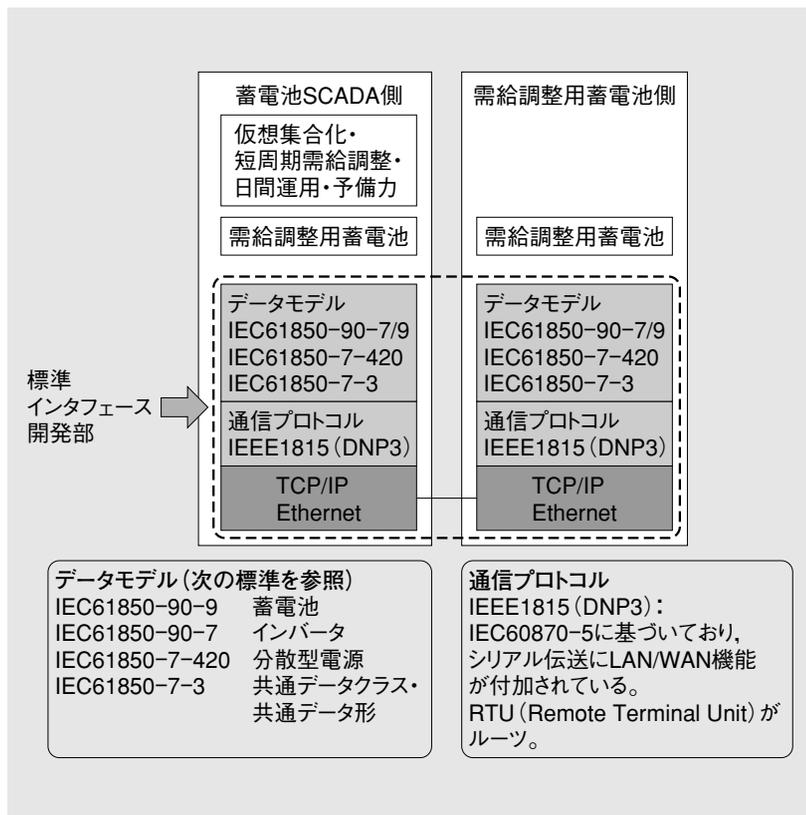
方針に沿った通信プロトコルBACnet/WSを選択し、オープン性を高めた。BACnet/WSは、OpenADRの仕様の中で完成度が高いLBNL版OpenADRのトランスポート層で利用している。第4図に上位システムとの通信プロトコルを示す。

5.2 エネルギー供給設備の統合制御

事務所ビル・営業施設・病院などの業務用施設では、エネルギーを供給・変換・貯蔵するコージェネレーションシステム (CGS)、太陽光発電、蓄電池、熱源、蓄熱槽などの各種エネルギー供給設備の組み合わせで、構内負荷へエネルギーが供給されている。スマートBEMSは、予測負荷パターンや機器特性、DR信号を含むエネルギー情報などを考慮することで、運用目的に応じたエネルギー供給設備制御・外部エネルギー購入計画を総合的に算出する。同計画に基づき、エネルギー供給設備に対する統合制御を行うことで、目的のエネルギー運用を実現する。

また既設対応として、スマートBEMSには既存のビル中央監視システムとの間で必要な管理情報の取り込みと、既存システム側で表示に必要な項目の通信 (BACnet) を追加した。

同様に、スマートBEMSと既存のCGSとの間で必要管理情報の取り込みと、スマートBEMSからCGSの制御を可能にするための機能及び通信 (FL-net) を追加した。CGSにPLC (Programmable Logic Controller) を追加し、FL-netを行う機能を構築したほか、スマートBEMSからの制御を受け付けるためのモードを新たに追加した。さらに通信異常などの場合に従来の個別制御方式へ自動で切り替える保護機能と非常時の自立運転を優先させる機能も併せて構築した。



第5図 蓄電システムの標準インタフェース
蓄電システムの通信仕様と国際規格を示す。

本システムの通信は、経済産業省「平成23年度 次世代エネルギー・社会システム実証事業費補助金（次世代エネルギー・社会システム実証事業）（Ⅱ-1 蓄電複合システムインタフェース国際標準化研究開発事業）」によって定められた標準インタフェースを用いている。第5図に蓄電システムの標準インタフェースを示す。

データモデルをIEC 61850互換書式で構築することで、将来のIEC 61850規格の拡張に容易に移行するために、先に紹介したIEC 61400-25でも採用しているDNP3を蓄電システムと蓄電池SCADA間の通信に用いた。第6図にIEC61850の適用を示す。

5.4 次世代エネルギーシステムの通信ミドルウェア

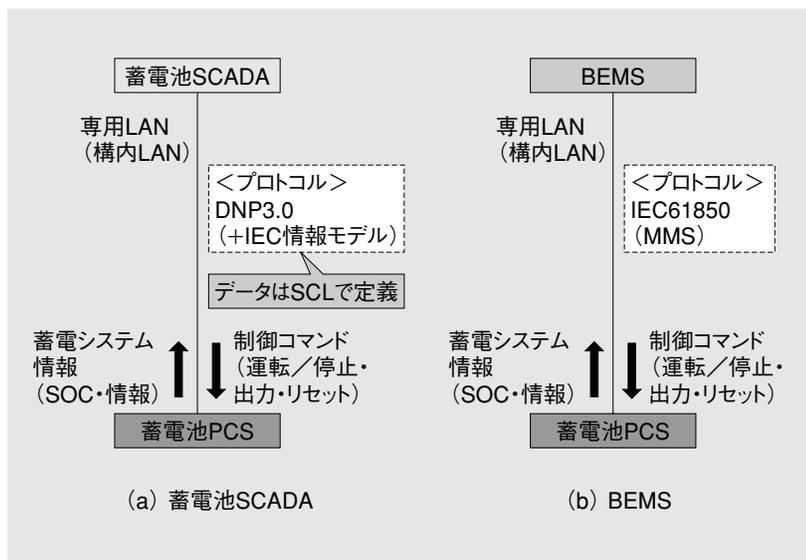
実証システム例で分かるように、次世代エネルギーシステムの通信は広範囲に多用途に用いられており、一意に定まるものではない。求められる用途と機能に応じて様々な規格が提案されつつある。当社では監視制御用にIEC 61850を定め、他の用途ではWebサービスを基盤とした通信ミドルウェアを構想し、それらに応える準備を進めている。

Webサービスはインターネットのブラウザ閲覧などで広く用いられているHTTP (HyperText Transfer Protocol) プロトコルを応用し、可読可能なテキスト形式のXML (Extensible Markup Language) で相互通信ができる。以下に示すように多くの利点がある。

- (1) シンプルで実装しやすい
- (2) 広く認知されており他社間結合が容易
- (3) ファイヤウォールを通過できる
- (4) 将来への拡張が期待できる

一方、現在次世代エネルギーシステムで進められている規格化案の中で、以下に示すWebサービスの実装を検討中である。

- (1) リアルタイム制御用途



第6図 IEC 61850の適用
横浜スマートシティプロジェクトの当社システムにおけるIEC 61850の適用箇所を示す。

5.3 定置用大形リチウムイオン蓄電システム

前項のスマートBEMSによるエネルギー制御に融通性を与えるためには、エネルギーを時間的・空間的にシフトさせる手段が必要である。そこで自動車用リチウムイオン電池技術を応用することで、低コスト・高安全性・長寿命を兼ね備えた定置用大形蓄電システムの実現を目指した。



- (a) IEC 61400-25-4 Appendix A 風力プラント制御
 - (b) IEC 61850-80-3 分散型電源制御
 - (2) 電力系統・電力市場情報通信用途
 - (a) IEC 61968-100 電力系統システム間通信
 - (b) IEC 62325-60x 電力市場システム間通信
 - (3) 米国NIST発信の需要家向け通信
 - (a) OASIS, OpenADR デマンドレスポンス通信
 - (b) Energy Interoperation
- EMIX, WS-Calendar エネルギー需給計画
SEP2.0 (REST full) エネルギー利用

(4) そのほか

BACnet/WSピルの監視制御

これらの規格候補を前述した欧州提案のSGAMにマッピングすると第7図のようになる。Webサービスをベースにすることで、次世代エネルギーシステムのほぼ全域をカバーすることができる。

ただし、現状ではWebサービスで次世代エネルギーシステムの各所で要求される複雑なプロトコルやトランザクション・ネゴシエーション処理に対応するためには、様々な課題が残されている。また、次世代エネルギーシステム全体を一貫したポリシーで保護するセキュリティ機構も求められている。その対策として複雑さを吸収するミドルウェアの開発や、ESB (Enterprise Service Bus),

XMPP (Extensible Messaging and Presence Protocol), ebXML (Electronic Business using eXtensible Markup Language) といったWebサービスを代替するプロトコルの採用を進めている。前述したIEC 61850とのデータマッピングやサービスマッピングによって、制御系通信との調和性を高めることで、次世代エネルギーシステム全体をシームレスに包括するミドルウェアとすることが可能である。

6. む す び

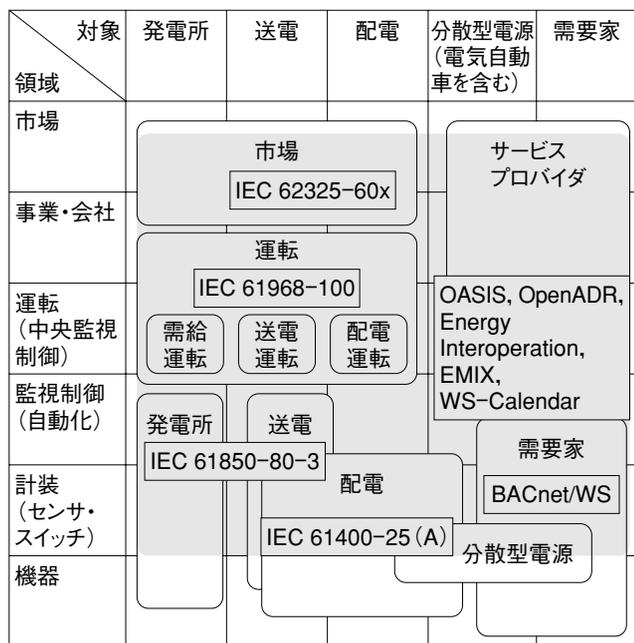
マイクログリッドやスマートグリッドをはじめとする次世代エネルギーシステムの構築技術は、再生可能エネルギーの増加や発電リソースの減少などから将来必須の技術である。その中で使われる国際通信規格は、システムの構築だけでなく、様々な次世代エネルギーシステム対応機器にとって重要である。

しかし、これらの国際規格は種類が多く、熟練の度合いも様々である。当社はこのような状況の中で、使用する適切な規格を選択し、推進していかなければならないと考えており、国内外の関係会議や国際規格委員会活動・学会活動を通し、情報の収集を図るとともに、日本の電力事情や習慣に合致した最適標準を日本と世界に発信していく所存である。

・本論文に記載されている会社名・製品名などは、それぞれの会社の商標又は登録商標である。

《参考文献》

- (1) IEC: "Communication networks and systems in substations - Part 7-2: Basic communication structure for substation and feeder equipment - Abstract communication service interface (ACSI)," IEC 61850-7-2 Ed.1, 2003
- (2) IEC: "Communication networks and systems in substations - Part 7-3: Basic communication structure for substation and feeder equipment - Common data classes," IEC 61850-7-3 Ed.1, 2003
- (3) IEC: "Communication networks and systems for power utility automation - Part 7-4: Basic communication structure - Compatible logical



第7図 WebサービスのSGAMへのマッピング

Webサービスを下位プロトコルに用いている、又は用いることを検討している規格の利用域をSGAMモデルに重ねたものを示す。ほぼ全域をカバーしている。

node classes and data object classes,” IEC 61850-7-4 Ed.2, 2010

(4) IEC : “Communication networks and systems for power utility automation – Part 7-420 : Basic communication structure – Distributed energy resources logical nodes,” IEC 61850-7-420 Ed.1, 2009

(5) IEC : “Communication networks and systems in substations – Part 10 : Conformance testing,” IEC 61850-10 Ed.1, 2005

(6) 出口雄規, 小山敬之, 萩山哲平, 北原英樹 : 「IEC61850適用変電所監視制御システムの開発」, 電気学会研究会PPR-10-41, pp.87~92, 2010

(7) 炭田義尚, 福嶋和人, 片山茂樹, 高橋玲 : 「IEC 61850規格の変電所自動化システムへの適用と課題」, 電気学会研究会PPR-10-43, pp.99~103, 2010

(8) 大河原健治ほか : 「新配変デジタル保護制御装置の開発」, 明電時報292号, 2003/No.5, pp.45~50

(9) 星靖之, 林孝則, 奥野義道, 新井裕, 大谷哲夫, 遊佐博幸, 千家雅之, 大場英二 : 「大規模太陽光発電運転用システムへのIEC通信規格の適用～Webサービス型システムの開発～」, 平23電気学会全国大会, 6-211, 2010

(10) 遊佐博幸, 大谷哲夫, 千家雅之, 大場英二, 新井裕, 奥野義道, 林孝則, 星靖之 : 「大規模太陽光発電運転用システムへのIEC通信規格の適用～IEC 61850コンFORMANCE試験ツールの試作～」, 平23電気学会全国大会, 6-210, 2010

(11) IEC : “Wind turbines – Part 25-4 : Communications for monitoring and control of wind power plants – Mapping to communication profile,” IEC 61400-25-4, 2008

(12) 横浜市温暖化対策統括本部 : 「横浜スマートシティプロジェクト (YSCP)」, 横浜市ホームページ ; <http://www.city.yokohama.lg.jp/ondan/yscp/> (参照 : 2012-06-10)

(13) 宇山孝士ほか : 「横浜スマートシティプロジェクト」, 明電時報336号, 2012/No.3, pp.24~28

(14) 大谷哲夫ほか : 「BEMSとの連携を含む配電自動化システムのユースケース」, 平成24年度 電気学会全国大会, 6-157, 2012

《執筆者紹介》



奥野義道 Yoshimichi Okuno
情報通信技術開発及びスマートグリッドシステム開発に従事



新井 裕 Yutaka Arai
情報通信技術開発及びスマートグリッドシステム開発に従事



伊藤憲一 Ken'ichi Ito
スマートグリッド関連製品のソリューション企画業務に従事