スマートメータを用いた電力流通インフラの海外動向

上級会員 鈴木 浩*

Advanced Metering Infrastructure based on Smart Meters

Hiroshi Suzuki*, Senior Member

By specifically designating penetrations rates of advanced meters and communication technologies, devices and systems, this paper introduces that the penetration of advanced metering is important for the future development of electric power system infrastructure. It examines the state of the technology and the economical benefits of advanced metering. One result of the survey is that advanced metering currently has a penetration of about six percent of total installed electric meters in the United States. Applications to the infrastructure differ by type of organization. Being integrated with emerging communication technologies, smart meters enable several kinds of features such as, not only automatic meter reading but also distribution management control, outage management, remote switching, etc.

キーワード：スマートメータ，自動検針，配電自動化，停電復旧管理，先進的メータリングインフラ，ネットワーク型資産管理

Keywords: smart meter, automatic meter reading, distribution automation, outage management, advanced metering infrastructure, network asset management

1. はじめに

わが国の家庭用電力量計には、機械式のメータが使われている。これはアナログメータであり、そのため、検針なども人手で行なわれている。しかし、世界的に見ると、メータのデジタル化が進んでおり、欧米、豪州の動きが現在は東南アジア、東アジアにまで広がってきている。こうしたデジタル式メータを米国などでは、通称スマートメータと呼んでいる。

メータのデジタル化の利点として、従来自動検針のみが取り上げられてきているが、現在の適用範囲はそれを大きく超えている。海外では大きく分けて二つの規格が存在し、IEC型とANSI型がありそれぞれ特徴があるが、デジタル化による機能拡大はいずれにおいても進められている。

特に近年は、進歩している通信機能と連携し、停電復旧管理、時間帯別料金、配電自動化、負荷制御などの機能が利用され、こうした考え方は、スマートメータ、スマートグリッド、インテリグリッド (EPRI 提唱)、あるいは先進的メータリングインフラ (略称AMI) などの愛称で呼ばれるようになってきている。

本稿では、米国を中心に進められている多くのプロジェクトを概観し、豪州で行なわれているユニークな試みにつ

いても触れたい。

2. スマートメータ

電力量計は、エジソンが1881年にその原理を開発して以来、電力事業にとって欠かせない機器である。わが国では計量法において、18品目ある特定計量器のひとつと定められ、検定を義務付けられた計量器である。すなわち、精度、信頼性、データの保全性が厳しく要求されている。

従来のアナログ式、あるいは機械式 (誘導型) の電力量計に変わるデジタル式の電力量計は、1970年代から欧州を中心に開発が行なわれ、欧州のほとんどの国では電力量計は電子式に置き換えられつつある⁽¹⁾。同じような流れが米国でも見られるが、米国では初期の頃からスマートメータの愛称で呼ばれている⁽²⁾。2006年現在、スマートメータの適用率は、全米で6%、ペンシルバニア州では52%を越す。スマートメータは世界的には大きく分けると二種類あり、図1に示すように、ANSI規格のものと、IEC規格で作られたものがある。それぞれ、米国、欧州を中心に適用されている。

ANSI規格のメータ回路構成の一例を図2に示す。このメータではCPUを中心に、記憶素子や通信回路を内蔵している。このほかに、ラッチリレーによる遠隔スイッチを内蔵することも可能である。米国の例では、最高200アンペアまでのスイッチがメータ内に内蔵されている。スイッチの価格は5から20ドル程度である。メータ内にはコンデンサが置かれ、停電時にも、停電情報を電力会社へ送る

* GE エナジー

〒107-6111 東京都港区赤坂 5-2-20 赤坂パークビル

GE Energy

Akasaka Park Bldg. 5-2-20, Akasaka, Minato-ku, Tokyo 107-6111

図 1 スマートメータ
Fig. 1. Smart meters.

図 2 スマートメータの回路図例
Fig. 2. A circuit of typical smart meter.

表 1 スマートメータの機能一覧
Table 1. Features of smart meters.

データ収集 (自動検針など)	屋内配線状態確認
ダイナミックプライシング	負荷制御
各種警報 (停電情報の発信)	ソフトウェア変更
遠隔スイッチ開閉	ガス、水道メータ自動検針支援

ことが可能である。スマートメータが個々に持っている機能は表 1 に示される。メータは、電力システムの末端に存在し、そこから得られる情報は、電力システムの計画、制御、運用にとって貴重である。将来の電力流通インフラ（基盤）の構築にとって欠かせない機器となろう⁽³⁾。

3. スマートメータに適用される通信技術

スマートメータにつながる双方向通信としては、以下に述べる種々の方式が提案されている。最終的な選択は次のような観点から行われる。すなわち、

- 通信セキュリティ：暗号化など
- 敷設費用：コンセントレータやリピータなどの設置費用
- 運転費用：主に電話料金などの通信費用
- ソフトウェア費用：初期費用と保守費用

- オープンアーキテクチャ：他のベンダー機器との接続の容易性
- 拡張性：通信技術の革新や通信サービス提供者との協調などである。

〈3・1〉 PLC（電力線搬送通信） 中圧あるいは低圧回線用の比較的低周波帯域での PLC である。DLC(配電線搬送通信) と呼ばれることもある。

電圧や電流に微小なパルスに乗せて信号とする方式では、DCSI 社の TWACS（両方向自動通信方式）が古くから用いられている⁽⁴⁾。これは、下り情報（変電所から家庭）は電圧のゼロ点付近に信号に乗せ、上り情報（家庭から変電所）では、電流波形にいくつかのパルスを載せて情報を送るやり方である。米国で、広く採用されている方式である。

そのほか、電力線に種々の周波数のキャリアを立ててその上に信号をのせる方式がある。屋内での配電線を用いた通信に多く用いられている方式である。Cannon Technologies, Hunt Technologies などが主要メーカーである。

〈3・2〉 BPL（ブロードバンド電力線搬送） ブロードバンドによる低圧回線用の PLC 技術である。米国では、約 6 軒の家庭を一台の低圧変圧器がカバーしているが、こうした変圧器 20 から 25 台をまとめて中圧用の変電所から信号を送る仕組みが一般的である。一方欧州では、一台の低圧変圧器が 100 世帯をカバーすることもあり、適用の仕方が変わってくる。

現在実用化されているシステムの提供者としては、Ambient, Amperion, Current Technologies などがある。わが国では規制の関係で実用化が進んでいない。

〈3・3〉 固定 RF（無線） 固定した基地局による無線通信技術である。Cellnet, Elster, Hexagram, Itron, SSN (Silver Spring Networks) などが海外での主要メーカである。

〈3・4〉 デジタル携帯電話通信 携帯電話を用いた通信方式であるが、電話料金が加算されるために恒久的な設備としての利用は少ない。

4. 先進的メータリングインフラ (AMI)⁽⁵⁾

〈4・1〉 AMI の機能 AMI あるいはスマートグリッドなどと呼ばれるプラットフォームは、上記の多機能なスマートメータと双方向の通信機能をあわせ、バックオフィスシステムと結びついて表 2 のような機能を実現している(図 3)。

これらの機能のうち、次の五つは、米国で実施されているスマートメータプロジェクトのうち 30%以上の電力会社で適用されている機能である。

- 電力料金表示などの顧客サービス
- 盗電などの不正使用検知
- 電圧や周波数、高調波などの電力品質監視
- 停電世帯の同定や地理情報システム (GIS) と連携した復旧合理化のための停電復旧管理
- 電圧維持による送電損失低減など。

表 2 先進的メータリングインフラの機能一覧
Table 2. Features of advanced metering infrastructure.

パラメータ遠隔変更	送電損失低減
停電復旧管理	負荷管理
プリペイドメータリング	顧客サービス
遠隔スイッチ開閉	変圧器負荷管理
負荷予測	電力品質監視
電圧制御	不正使用検知
配電自動化	分散電源制御

図 3 先進的メータリングインフラの概念図
Fig. 3. Concept of advanced metering infrastructure.

〈4・2〉AMIの経済効果 現在、米国でのスマートメータの価格は、使われる機能により異なるが、平均してメータ1台当たり76ドルである。欧州の例としてENELでは、89ドルと報告されている。

据付を含めた投資額は、水道メータのデジタル化を同時に行ったJacksonville電力（フロリダ）の1台当たり214.29ドルを除き、高いところでも150ドル（BPLを用いたTXU）である。平均では140.8ドルである。

費用の内訳は、45%がメータ本体、20%が通信、15%が据付、11%がプロジェクトマネジメント、9%がデータマネジメントなどの情報システムである。

一方得られる利益として、

(1) 自動検針と顧客サービス 正しい検針が正確な時間に行える。これが顧客にとってのサービスとなる。

(2) 資産管理 資産管理に必要な正確なデータが得られる。その他、植生管理、電圧の細かい管理、メータの故障診断などのネットワーク型資産管理(NAM)が行える。

(3) 付加価値サービス 時間帯ごとの電力使用情報の顧客への提供、時間帯別電力料金の適用などが可能となる。

(4) 停電復旧管理 停電地域の正確な把握、復旧時間の短縮、停電復旧の正しい把握、個々の顧客単位での停電の確認が可能となる。現在の技術で、ひとつの端末から1分間に約8千世帯の停電情報が得られる。

(5) 財政面の改善 停電苦情の低減、復旧時間の短縮、

キャッシュフローの改善（検針から請求までの時間短縮、Billing）が実現できる。

米国での統計によると、自動検針だけを取り上げてみても、得られる利益はメータあたり1.35から3ドル/月であるが、それにかかわり発生するコストは、1.25から1.75ドル/月であるという。また、ペンシルバニア州のPPLでは、停電にかかわる情報の活用による費用低減が10%あったという。Ameren（ミズーリ州）では配電用変圧器の適正負荷配分により年間2百万ドルのコスト低減が実現できたという。PG&Eでは、停電にかかわる苦情電話処理において年間4千3百万ドルの費用が削減できたという。これらは、いずれも効果のごく一部である。

5. 海外でのAMIの実施例

〈5・1〉米国での概要 現在、米国で行われているスマートメータ適用のプロジェクトのうち大きな電力だけを見ても以下のとおりである。PG&E（カリフォルニア州）では電力用510万世帯、ガス用410万世帯、Exelon（ペンシルバニア州）の電力ガス用210万世帯、TXU（テキサス州）で240万世帯、Xcel Energy（ミネソタ州）で190万世帯などが中心である。通信方式では、固定無線が中心で、次にPLCが多く用いられている。

〈5・2〉PG&E PG&E（パシフィック・ガス・電力）では、電力料金の柔軟化や系統運用の合理化などを対象にスマートメータのプロジェクトを開始している。2006年の11月カリフォルニア州の南部サウスバレーから開始して、2011年10月にはすべての電力量計をスマートメータに置き換え先進的メータリングインフラを構築する計画で進んでいる。この5年間で、約13億ドルの投資を行う予定である。一方、この計画により、検針費用の低減、遠隔スイッチ開閉、メータの運用、停電復旧管理などによって、年間1億6千万ドルの費用が低減できるとしている。

PG&Eでの通信方式は、図4に示すように、電力用がPLC、ガス用が無線方式を採用している。

〈5・3〉TXU テキサスの配電会社であるTXUのプロジェクトは、通信方式にBPLを用いる数少ない適用例である。2005年に始まったが、既存の配電システムを用いて、高速インターネットなどのサービスを提供できる。

中圧の配電線にカプラーを介してインターネットを接続する。自動検針はもとより、配電システムの監視、変電所自動化などもこのAMIで実施している。

TXUでは、AMI機能実現上は、費用的にもPLCで十分であるが、高速のインターネットサービスをビジネスの一環としており、その観点からBPLの採用を決定したという。

〈5・4〉豪州における例 オーストラリアのビクトリア州では、最終的なAMIの構築をめざして、ユニークなプロジェクトが行われようとしている。この地域では、4つの配電会社に関係し、配電地域を10に分けてそれぞれ異なったスマートメータおよび通信方式を用いてAMIを試験している。それぞれのプロジェクトの中心は以下のとお

図 4 PG&E での先進的メータリングインフラの例

Fig. 4. Advanced metering infrastructure in PG&E.

りである⁽⁶⁾。

GE/DCSI/Echelon/L&G/Elster/HuntTechnology/EDMI/Intermoco (PRI meter)/AMPY (L&G)/Iskraemeco

このプロジェクトは2007年7月に認可を得てスタートする予定である。共通して行われる情報収集は、kW時、kVar時、電圧である。4年間に240万世帯のメータをスマートメータに置き換える計画で、政府の社会基盤省（DOI）が主導している。

6. おわりに

世界的に電力量計はデジタル化の方向に向かっている。その中で、電力システムの末端から情報が得られることを有効に活用したインフラを構築すれば、電力システムの信頼度を上げ、資産管理の合理化を図り、企業経営上で大きな利点となる。

既設のメータの置き換えには時間がかかる。わが国において、こうした海外での動きをどのように取り入れ、わが国独自の高度な電力システムの構築を考える時期にあるように思われる。

(平成19年6月11日受付)

文 献

- (1) 上田善信：「電子式計器の動向について」，中部電力技術開発ニュース，No.107，トピックス（2004-3）
- (2) 鈴木 浩：「DSM技術の最新動向」，省エネルギー，Vol.42，No.7，pp.32-42（1990）
- (3) F.C. Schweppe, R.D. Tabors, J.L. Kirtley, H.R. Outhred, F.H. Pickel, and A.J. Cox: "Homeostatic Utility Control", *IEEE Trans. Power Apparatus Systems*, Vol.PAS-99, No.3（1980-5/6）
- (4) <http://www.twacs.com/>
- (5) FERC Staff Report: "Assessment of Demand Response & Advanced Metering"（2006-8）
- (6) DOI report on "Advanced Metering Infrastructure"（2007-2）

鈴木 浩（上級会員） 1946年12月25日生。1974年3月東京大学大学院工学系研究科博士課程修了。工学博士。三菱電機（株）中央研究所，電力システムエンジニアリングセンター長，役員技監を経て，2003年GEエナジー技監。新規事業開拓に従事。専門は，電力システム技術，技術経営。監訳「プレイクスルー」オーム社。IEEEフェロー，日本工学会アカデミー，CIGRE会員。