

[論文]

我が国におけるスマートグリッドの信頼性

—スマートメータの標準化に関して—

高 橋 律

- 〈目 次〉
- はじめに
 - スマートグリッドを取り巻く背景
 - 失われた20年
 - エネルギー問題との関連
 - 我が国のスマートグリッドの現状と課題
 - 21世紀環境立国戦略
 - 低炭素社会づくり行動計画
 - 技術開発動向
 - スマートグリッドのネットワーク
 - 全銀システム
 - スマートグリッドの標準化
 - スマートグリッドの信頼性
 - おわりに

1. はじめに

ドラッカーは、イノベーションについて、その最も重要な問いは「これは正しい機会か」、「この段階において、注ぎ込むことのできる最大限の優れた人材と資源はどれだけあるか」であると述べている¹⁾。バブル経済崩壊後の1990年代は、しばしば「失われた10年」と呼ばれる。2000年代に入ってから、日本の経済成長は1970年代、1980年代に比べて緩慢なものにとどまった。バブル崩壊で露呈した銀行の不良債権問題や企業のバランスシートの傷みといった問題は基本的に解決していたにもかかわらず、経済成長はバブル崩壊以前の水準には戻らなかった。これは「失われた20年」とも呼ばれる。そこにはいわゆる経済の構造問題があるものと考えられる。このような問題構造からの脱却について多くの議論がなされてきた点は周知のとおりであろう。

この経済問題からの脱却を図る上で近年、特に注目されるのがスマートグリッド（次世代送電網）である。「賢い送電網」、換言するならば送電設備のネットワーク化とも言えるスマートグリッドの進展がなされるタイミングは、果たしてこの2010年代後半なのか、あるいは他の社会的インフラの整備が先行して行われるべきなのか。米国に目を向けると、2009年アメリカ再生再投資法（ARRA：American Recover and Reinvestment 2009）によって、スマートグリッド設備関連に45億ドルもの投資が行われた。またスマートメータ整備や配電高度化システム等の投資補助事業、スマートグリッドの地域実証やエネルギー貯蔵実証などが採択されている²⁾。

我が国においても、ドラッカーのイノベーションに関わる問いかけが今日的課題となっている。すなわち、本論文では表題に示すようにスマートグリッドの積極的構築が有効な経済効果をもたらすのか否かについて、その信頼性について考察することから、スマートグリッドの有効性を検証する。

2. スマートグリッドを取り巻く背景

経済産業研究所の“Research Digest No.58”で深尾京司は、次のように指摘している。すなわち、失われた20年の間も、日本の資本労働比率は増加してきたことから、投資不足が成長停滞を招いたとは考えにくい。米国では1990年代半ば以降、流通、サービスなどの産業で、ICT投資を行った結果、生産性の上昇が加速した。ところが日米欧の比較をすると、日本は活発に非ICT投資をする一方、ICT投資は、米国との比較だけでなく、欧州との比較でも驚くほど少ない。これが日本の成長停滞の原因であると深尾は述べている³⁾。

ここでは、スマートグリッドを取り巻く背景について主に我が国の経済情勢に触れながら論じることとする。

2.1 失われた20年

失われた20年の間、我が国は常に公共事業による景気対策と、構造改革路線という二つの政策の間を揺れてきた。バブル崩壊後は公共事業で景気対策をとり当面の景気を維持させたが、それが財政を悪化させる要因となった。そこで、構造改革路線をとると、今度は格差や貧困を拡大させる結果を招いてしまう。その結果、個人や地域の格差が拡大し、雇用と賃金を悪化させるというデフレスパイラルに陥った。そのため、再び公共事業路線へ戻るという繰り返しを続けざるを得なかった。

今日、社会保障制度の抜本的改革は先送りにされたままであり、この政策には手を付けず日本銀行の金融緩和政策をひたすらエスカレートさせてきた。しかしながら、現実にはデフレ経済は2012年現在、依然続いたままである。とりわけ2000年代の半ばまでは、新自由主義経済派の小さな政府論を根拠とし、政府による公共サービスを民営化などにより削減し、市場にできることは市場に委ねる、いわゆる「官から民へ」、また国と地方の三位一体の改革、世にいう「中央から地方へ」を改革の柱としていた。換言すれば、これら市場任せの経済政策をとった

1) 「マネジメント」、P. F. ドラッカー(著)、上田 惇生(翻訳)、[エッセンシャル版]「Kindle 版」、ダイヤモンド社；49版(2012/9/14)、p. 270 引用編集。

2) 「NEDO 再生可能エネルギー技術白書」、「9 スマートグリッドの技術の現状とロードマップ」、<http://www.nedo.go.jp/content/100107277.pdf>、(2012年12月31日検索) 参照。

3) 深尾 京司(ファカルティフェロー)、“Research Digest No.58”、ポリシー・ディスカッション・ペーパー：10-P-004 (2012年12月31日検索) 参照。

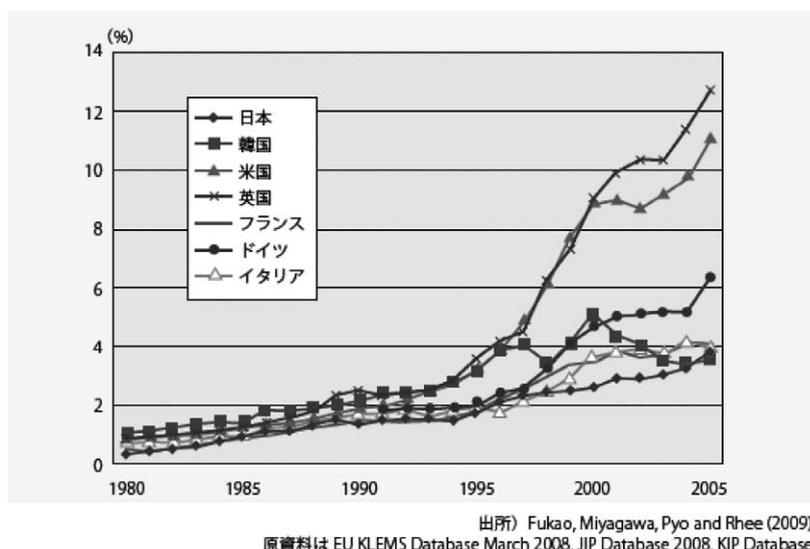
ために、思い切った成長戦略は取られなかった。金融緩和政策の結果、日本銀行の当座預金勘定の残高は膨張しているが、その信用は決して拡大していないとも言えよう。その結果、大企業を中心として、投資するよりも内部留保を増やす傾向にあり、同時に雇用を縮減した結果、所得が低下していき、ますますデフレスパイラルからの脱却が難しくなっている。

無制限に日銀の金融緩和を推し進め、大規模な公共事業を拡大し国債を膨張させるという政策は、例えて言えば劇薬の投与に等しい。しかしながら、これまでの経緯を辿った範囲では、デフレの克服につながる論理構造をそこに見出すことは難しい。むしろ物価が上昇する時というのは、国際食糧危機や石油ショックのように供給にボトルネックが生じて、急激な物価上昇となる危険性が高い。そのような状況下では、金融操作による物価の制御が不可能となり、より深刻な事態を予想せざるを得ない。

また、失われた20年の間に我が国の産業の国際競争力は著しく低下してきた。先述したように大企業が内部留保に専念し技術開発を後回しにし、リストラによって高度な技術者の海外流出をもたらした。それらを背景とし

て我が国の2012年の貿易赤字は6兆円を超え、過去最大という結果に至っている⁴⁾。これは、日本企業から海外に輸出する目玉商品が消失するという深刻な事態の象徴とも考えられる。グラフ2.1に示すように我が国がICT革命から取り残されつつあることと、この貿易赤字の拡大には、因果関係が存在するのではなかろうか。例えば電器産業の巨額の赤字がその象徴であろう⁵⁾。

21世紀型の少量多品種生産および利用者のニーズに合ったソフトウェアやコンテンツの提供に、産業構造の競争がシフトしてきた。このような状況下でスマートフォンや音楽プレーヤー、携帯情報端末の欧米製品の台頭が象徴するように、日本製品の競争力の低下は顕著である。我が国のように人口が減少して低成長期に入ると、一人一人のニーズをネットワーク上で把握し、ニーズに従った在庫調整や商品開発が主流となってきている。経済が小規模でも地域分散ネットワーク型で成り立つようになると、電気エネルギー産業においても同様のニーズが生じることは必定である。その点においても省エネルギー、蓄エネルギーといった領域でのグリーン成長の分野で成長軌道を作り出していく体制整備が急務であろう。



グラフ 2.1 主要先進国の ICT 投資

4) http://www.customs.go.jp/toukei/shinbun/trade-st/gaiyo2012_11.pdf (2012年12月31日検索) より引用編集。

5) 2012年10月31日、ロイター。パナソニックは31日、2013年3月期の連結最終損益(米国会計基準)を7650億円の赤字に下方修正した。従来予想は500億円の黒字だったが、デジタル製品の販売が低迷、不振事業の構造改革費用を積み増したほか、繰延税金資産を取り崩すことで一転して赤字に転落した。過去最大の損失を計上した前年同期の7721億円に次ぐ、過去2番目の巨額赤字となる。

2.2 エネルギー問題との連関

2011年は、エネルギー問題、地球環境問題について大きな転換点の年となった。2011年3月の地震・津波・原子力発電所事故は、従前のエネルギー政策の見直しを迫る契機となった。一方、シェールガスの急速な供給拡大は、新たに燃料バランスを変え、特にアメリカにとって、エネルギー環境問題を最重要の政策課題としていた中東依存脱却の新たな見通しをもたらした。すなわち、京都議定書に代表される従来の地球温暖化対策や、欧州と日本の国際社会における比重が縮小した。2011年12月のCOP17では、京都議定書がカバーする割合は世界の総排出量の17%となり、その枠組みは遅くとも20年から発効することとされた。この結果2020年までの第二約束期間は実質的に10年間無協定状態になったともいえる。

このような展開は、エネルギー・環境問題の重要性を否定するものではない。このような環境の激変に見舞われている時期が、エネルギー・地球環境問題に対する長期的な持続可能性という軸から考える機会となり得るとも考えられる。その際に技術開発の点で、電力会社が電力供給を完全に保証する従来体制の揺らぎはある意味でこの分野の革新の端緒であろう。たとえば、電力分野と自動車分野で大きな進展が期待できる。自動車分野では、電気自動車、プラグインハイブリッド、軽自動車、ディーゼルと、燃費の向上に向けて研究開発が急速に進みつつある。

また、電力分野で特に大きな進展が期待されるのがスマートグリッド分野である。電力消費の需要サイドでの調節の手段として発達してきたスマートメータは、スマートグリッドとしてエネルギー情報の見える化の社会制度の基盤となり、さらには、交通、上下水道、都市管理までも含んだ汎用インフラとしての広がりを持つことも期待されるようになってきている。

無論、技術と市場による隘路突破の可能性はこれらにとどまるものではない。住宅分野、社会システムなどほぼすべての分野において様々な課題が現れ、対策が取られていくこととなる。再生エネルギー分野についても同様である。エネルギー源の多様化、エネルギー利用の効率化は消費国の経済産業政策として経済発展にとっても極めて効果的である。特に、今後の急成長が見込まれ

るアジアにおいて日本の技術・ビジネスモデル・ライフスタイルの影響は大きい。このように、エネルギー環境問題は、日本のおかれた「課題先進国」としての状況、今までの経験、現場と技術開発の距離感など日本にとっての強みを生かせるところも多く、今後の日本の経済成長の源泉としても大きな期待がかけられる。

3. 我が国のスマートグリッドの現状と課題

地球サミットと呼ばれる環境と開発に関する国連会議が1992年、リオ・デ・ジャネイロで開催された。この会議はまさに欧州中心の環境意識の高まりを象徴しており、地球温暖化問題が国際的に取り上げられる端緒となった。以下、地球温暖化問題にまつわるスマートグリッドの現状と課題について述べる。

3.1 21世紀環境立国戦略

国際標準化機構が1996年に発行したISO 14000は、環境マネジメントシステムに関する国際規格（IS）の総称であり、組織の活動・製品及びサービスによって生じる環境への影響を持続的に改善するシステムである。一方、我が国では、組織の活動・製品及びサービスによって生じる環境への影響を持続的に改善するシステムとして、環境マネジメントを司るシステムを構築している。これは組織や事業者が、その運営や経営の中で自主的に環境保全に関する取り組みを進めるというものである。環境に関する方針や目標を自ら設定することによって、環境に関する方針や目標の達成に向けて取り組んでいくことを目指している。また、エコアクション21と呼ばれる、環境省が1996年より中小事業者等の幅広い事業者を対象とした取り組みでは、自主的に中小事業者が環境への関わりに気づき、目標を持ち、行動することができる簡易な方法を提供している⁶⁾。

2007年6月、日本政府は、「21世紀環境立国戦略」を閣議決定した。その内容は、地球環境問題は21世紀に人類が直面する最大の課題であり、低炭素社会、循環型社会、自然共生社会づくりの取り組みを統合的に進めていくことにより地球環境の危機を克服する持続可能な社会

6) <http://www.ea21.jp/ea21/index.html> (2012年12月31日検索)、一般財団法人 持続性推進機構 (IPSuS) 参照。

を目指すことを提示している⁷⁾。そして、地球環境問題に対応し、持続可能な発展をしていくためには、幅広い組織や事業者が、規制に従うだけでなく、その活動全体にわたって、自主的かつ積極的に環境保全の取り組みを進めていくことが求められ、環境マネジメントがその有効なツールであるとしている⁸⁾。

上述の閣議決定には、世界最先端の環境技術と、2025年に100兆円の市場規模が見込まれる環境ビジネスにより、経済成長の維持と競争力の強化を実現し、これを日本モデルとして世界に展開することにより、地球環境の保全に貢献しようとの内容が含まれている。また、海外における環境M&Aやグローバル資金のESG（環境：Environment、社会：Society、企業統治：Governance）シフトの動きも踏まえ、1500兆円の個人金融資産の「環境」への誘導を行うことも視野に入れられている⁹⁾。

3.2 低炭素社会づくり行動計画

低炭素社会づくり行動計画は、2008年7月に閣議決定された。この中で日本の長期目標として、2050年までに60～80%の削減を掲げている。また、具体的な内容として、環境技術や省エネルギー技術や多国間基金の設立などが目標として挙げられており、そのための手段として革新的技術の導入や、太陽光発電や省エネランプなど既存技術の普及、排出量取引やグリーン税制、低炭素型の都市づくりなどが述べられている¹⁰⁾。

スマートグリッドの技術によって、送電の拠点を分散し、需要家と供給側との双方から電力のやりとりができる、「賢い」送電網が構築される。このスマートグリッドによる、低炭素社会づくりの社会的必要性の高まりについては先述したとおりである。

スマートグリッド化を進めることによるメリットとしては、下記の4点が挙げられる。

- (1) ピークシフト（昼間電力消費の一部を夜間電力に移行させる方法）による電力設備の有効活用と需要家の省エネルギー
- (2) 再生可能エネルギーの導入
- (3) エコカーのインフラ整備
- (4) 停電対策

一方で、スマートグリッドには欠点もあるとの指摘がある。例えばセキュリティ上の問題が残されている。すなわち、スマートグリッドのインフラには、高度な通信システムや技術が結集することになる。それに対する不正操作やウイルス感染などの対策はまだ不十分と言われており¹¹⁾、今後セキュリティの脆弱性の克服が必要になるだろう。

3.3 技術開発動向

スマートグリッドにおいては、マイクログリッドという需要家と電力会社との間で双方向通信が可能な、電力の「見える化」のためのシステム構築が求められている。そのためには、需要家の消費電力や太陽光発電などによる発電量がリアルタイムに把握でき、そのデータが送配電網を通じて、電力会社に送信することも可能でなければならない¹²⁾。また、住宅やオフィス内の家電・設備機器と無線通信でつながっており、その状態や、送配電量の調整を、電力会社側から制御できる図3.3.1に示すようなスマートメータというセンサ端末が設置される必要がある。

富士通総研の高橋洋は、我が国のスマートグリッドに対する取り組みの遅れを次のように指摘している。第一の理由は、我が国の電力網に対する自負と過信である。すなわち、日本は既にスマートグリッドを実現しており、高い安定性を誇る電力網に対する強い自負があり、米国のスマートグリッドは老朽化した送電網の補修を指して

7) 21世紀環境立国戦略特別部会、http://www.env.go.jp/guide/info/21c_ens/index.html（2012年12月31日検索）環境省 HP より引用編集。

8) <http://www.env.go.jp/policy/j-hiroba/04-1.html>（2012年12月31日検索）環境省 HP、環境マネジメントシステムより引用編集。

9) 「21世紀環境立国戦略」（平成19年6月1日閣議決定）、21世紀環境立国戦略（別冊）これまでの審議における意見や提案等の概要、http://www.env.go.jp/guide/info/21c_ens/21c_strategy_add.pdf（2012年12月31日検索）環境省 HP より引用編集。

10) 「文部科学省低炭素社会づくり研究開発戦略について（概要）」、文部科学省、（2012年12月31日検索）http://www.mext.go.jp/b_menu/houdou/21/08/attach/1282921.htm 参照。

11) 日本ビジネス出版、「スマートグリッド・環境用語集・環境ビジネスオンライン」、<http://www.kankyo-business.jp/dictionary/000181.php>（2012年12月31日検索）より引用編集。

12) 同上、引用編集。

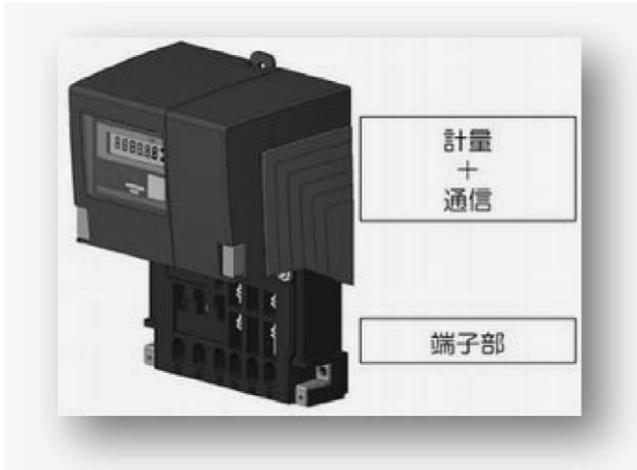


図 3.3.1 スマートメータ

(出所：アイティメディア <http://www.itmedia.co.jp/smartjapan/articles/1207/13/news018.html>)

いるとの主張である。これによれば、日本は既に何歩も先んじていることになる。第二の理由は、スマートグリッドは技術的に不可能で通信と電力の技術体系は全く別物であるとの電力会社側の次のような主張である。「そもそも電気サービスは、限られた中央管理者が制御に多大なる努力を払うことで成り立っており、分散型発電を無

秩序に増設し、そこからの電力が電力網に流れ込む（逆潮流）と、安定供給義務を果たせない。」とりわけ、電力網を開放的なインフラと位置づけて、多様な供給者やユーザーの間で電力の自由売買を行うことなどあり得ないという主張が2009年当時の主流をなしていた。しかし、米国との対比から高橋は、日本のスマートグリッドが旧態依然とした古いシステムに成り下がるものと危惧している¹³⁾。無論、2011年の福島原発事故発生以降、エネルギーの効率的な利用を目指すスマートグリッドに注目が集まり、これらの主張が陳腐化した経緯については周知のとおりである。

送電網の問題に取り組むために、広域の同期系送電網をセルとよばれる中小規模に分割し、接続して電力の融通を制御する。そして、電力は任意のセル間で、変換装置により指定されたアドレスに基づき直接的に送受信される。セル内には同期システムがあり、発電機や蓄電装置を制御する。これらの装置の CPU とメモリーとネットワーク通信機能が存在し、重複しない IP アドレスが与えられる。そしてインターネットと同様に IP プロトコルで通信を行う。通信は電力の送電線が使用可能で、図 3.3.2 のように電力と情報を同一のラインで利用できる。

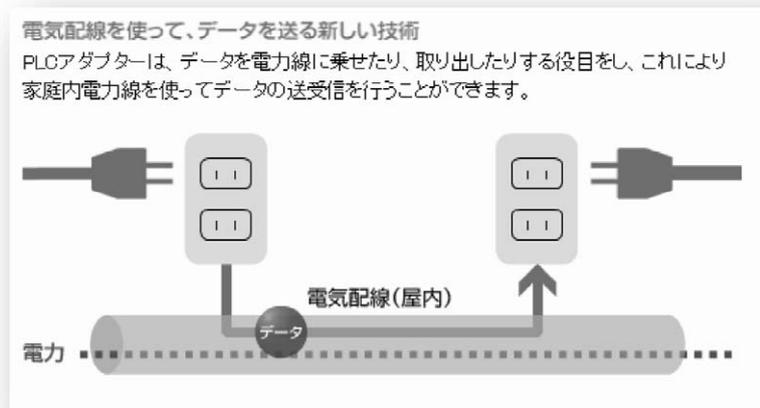


図 3.3.2 電力線搬送通信

(出所：ルネサスエレクトロニクス株式会社 HP http://japan.renesas.com/products/mpumcu/plc_mpumcu/index.jsps)

13) 「富士通総研ホーム>コラム>オピニオン>2009年11月>スマートグリッド=インターネット? : e-T 革命への取り組みを」、<http://jp.fujitsu.com/group/fri/column/opinion/200911/2009-11-3.html>、(2012年12月31日検索) より引用編集。

もちろん、広域なネットワークにおいても同様にスマートメータを使用できる。また、デジタルグリッドルーターは、ネットワークルーターのようにコンピュータ制御のルーターによって、グリッドのどの場所からもアドレスでき、既存の AC ラインを使ってサブグリッドのセル同士を接続する。各セルは内部的には同期で他のセルとは非同期で、セルとセルの間は周波数調整も可能である。デジタルグリッドコントローラ (DGC) は分散ネットワーク上で、アドレス指定可能な装置である。発電機や蓄電装置と連携し、セルの内部で能動的な各要素の自律的な動作を可能にする。デジタルグリッドではエネルギーの流れを発信地のセルや目的地のセルとは切り離して電送し、ルーティングされる。デジタルグリッドの重要な特徴は電力と情報が同時に電送されることである。電力とともにコード化された情報及びその他のキーとなる情報によって、発信地と目的地が認識される。これらの技術体系を要約するならば、スマートグリッドは電力送電網版のインターネットであることが理解されよう。

従って、スマートグリッドにおいても情報セキュリティが確保されることがその課題であることは同様である。この情報セキュリティについては、JIS Q 27002¹⁴⁾によって、情報の機密性、完全性、可用性を維持することと定義されている。それら三つの性質の意味は次のとおりである。

機密性 (confidentiality)：情報へのアクセスを認められた者だけが、その情報にアクセスできる状態を確保すること。

完全性 (integrity)：情報が破壊、改ざん又は消去されていない状態を確保すること。

可用性 (availability)：情報へのアクセスを認められた者が、必要時に中断することなく、情報及び関連資産にアクセスできる状態を確保すること¹⁵⁾。

これらの状態を「情報の CIA」とも言うが、これらを確保する上では、インターネットに関するこれまでの経緯と同様に、スマートグリッドに関する標準化の作業が

伴うこととなり、続いてこれらの点について述べることにする。

4. スマートグリッドのネットワーク

これまでに述べたように、スマートグリッドは電力送電網版のインターネットであることを本論文では検証した。しかし依然として、ネットワークの信頼性の問題が残されている。電力という経済的インフラを担うシステムとして足り得る信頼性の確立は、スマートグリッド構築の絶対条件である。そこで、基幹産業におけるネットワークシステムとして既に強固なセキュリティシステムを長期にわたって構築している銀行システムとの対比から、この点を論ずることとする。

4.1 全銀システム

ここでは、国内のほぼすべての金融機関が参加する巨大ネットワークシステムである通称「全銀システム」について述べる。「全国銀行データ通信システム (全銀システム)」は全国の3万強の金融機関店舗を結び、1日平均約10兆円の為替交換を取り扱う世界最大規模の決済システムである。1973年に稼働開始したこのシステムは、NTT データが一般社団法人全国銀行資金決済ネットワークからの委託を受け開発・運用した。2003年に第5次システムが稼働し、2011年11月に第6次システムのサービスを開始した。「全銀システム」は、まさに日本の金融の大動脈であり、高い信頼性と安全性が要求されるシステムである¹⁶⁾。東京と大阪の2センターで構成され、ネットワークの二重化、万全な運用体制等により、1973年の稼働開始以降、これまで一度もプログラム・通信回線などの故障でコンピュータのサービスが中断するという事態に陥ったことはない。

2001年、全国銀行協会は、(社)東京銀行協会が運営する3つの決済システムについて、国際決済銀行 (BIS) の「システミックな影響の大きな資金決済システムに関する

14) 「情報セキュリティマネジメントに関する標準化動向」中尾 康二 (KDDI株、<http://www.itscj.ipsj.or.jp/topics/sc27.html>、(2012年12月31日検索) 参照。

15) 「情報セキュリティマネジメントの 実践のための規範」、JIS Q 27002 : 2006 (ISO/IEC 17799 : 2005)、日本工業標準調査会審議、日本規格協会発行参照。

16) NTT データホーム・技術&レポート・NTT DATA の技術力、<http://www.nttdata.com/jp/ja/insights/strength/results.html>、(2012年12月31日検索) より引用編集。

コア・プリンシプル」(以下、「コア・プリンシプル」)への適合状況を自己評価している。以下、このコア・プリンシプルの概略を述べる¹⁷⁾。すなわち、コア・プリンシプル(10の基本原則)は、国内外の金融システムや金融市場に混乱が波及する主要な経路になりうるような最も重要な決済システム(systemically important payment system)について、その設計と運営がより安全で効率的なものとなることを促すための普遍的なガイドラインとして利用されることを目的に国際決済銀行によって策定され、1999年12月にその草案が提示された。表4.1はその内容である。

仮にインターネット上の Web サーバが入り口に過ぎなくても、その Web サーバ上でデータを操作できる以上、入り口となる Web サーバが完全にハッキングされればその情報も改ざんが可能である。銀行のような社会的インフラを担うシステムでは、そのような事態を避けるため徹底的な安全性チェックが行われている。一般に Web サーバがハッキングされるケースでは、次のどれかに該当することが多い。

- (1) Web サーバを構成するソフトウェアの脆弱性が利用される。
- (2) 外部から Web サーバのプログラムを入れ替えたりするための管理用の接続が乗っ取られる。
- (3) 物理的に Web サーバが操作される。

例えば、内容が改ざんされてしまうようなサイトは、これらのうちのいずれかに対する対策が徹底されていないということになる¹⁸⁾。

これに対して全銀システムでは、(1)については徹底したテストと何重にもわたる確認で脆弱性を徹底的に排除している。

(2)については、そもそも全銀システムは IP-VPN 網を使用している。この IP-VPN とは、通信事業者の閉域 IP ネットワーク網を通信経路として用い、自社専用ネットワークであるかのような WAN を構築できるサービスのことである。この通信事業者網は複数の企業で共有するため、自社独自のネットワークを持つ場合に比べて利用料が抑えられる。また、ルーティングはネットワーク側で行なうため、運用も容易である。網内では、拠点間でやり取りする IP パケットに自社の通信であることを示すラベルを付与することで、仮想的な自社専用ネットワークを作ることが可能になる。したがって、一般的なインターネットのように外部から接続できる形式のシステムとは異なっている。

(3)については、データセンターへの入室制限などで対処している。これらの体制で盤石なシステム運営が行われてはいるが、このシステムは参加制限のないオープンなネットワークシステムである。参加基準は内国為替運営規約に規定されているが、法令により内国為替業務を認められた金融機関は、内為制度の加盟金融機関となる資格を有している。

それらの加盟金融機関のうち、例えば2010年7月12日にゆうちょ銀行でシステムトラブルが発生している。その原因は、同行の勘定系システムを全銀システムと接続する「全銀接続用システム」の障害であった。各銀行は全銀システムと接続することで、自行の窓口や ATM(現金自動預け払い機)から他行の口座に送金したり、他行の窓口や ATM から自行の口座に送金したりできる。トラブルがあったのは、この全銀システムとゆうちょ銀行の勘定系をつなぐ、全銀接続用システムであった²⁰⁾。このように、いかに全銀システムがノーダウンで運用さ

17) 2001年、全国銀行協会(旧東京銀行協会)、「国内の主要決済システムの『決済システムに関するコア・プリンシプル(基本原則)』(BIS 策定)への適合状況に関する自己評価について」、http://www.zengin-net.jp/announcement/pdf/announcement_20011218_01.pdf、(2012年12月31日検索)より引用編集。

18) マルチラテラル・ネットティング(multilateral netting)とは、3者以上の複数の当事者間で相殺を行う多角的ネットティングのことを指す。ネットティングとは、相互の債権債務関係を相殺し最終的に全体の差額分のみを決済するもので、取引にともなうリスクを低減し、決済資金や手数料、その他の事務コストなどを削減できるメリットがある。外国為替取引や金融デリバティブ取引などで利用されている決済方法である。なお、特定の2者間で相殺決済を行う相対ネットティングのことはバイラテラル・ネットティング(bilateral netting)という。

19) 2012年9月、警察庁は、総務省や最高裁判所、銀行など国内の計19のウェブサイトがサイバー攻撃を受けて閲覧が困難になったり改ざんされたりしたことを明らかにした。警察庁によると、中国のハッカー集団の掲示板に攻撃対象として日本の行政機関や企業などが掲載されたほか、中国の大手チャットサイトなどに攻撃予告などが書き込まれていた。

20) 日経 BP 社>ITpro>経営>BCP/危機管理、<http://itpro.nikkeibp.co.jp/article/NEWS/20100713/350216/>(2012年12月31日検索)より引用編集。

表 4.1 コア・プリンシプル

BIS コア・プリンシプル (10の基本原則)	
基本原則 I	システムは全ての関係法の下で確固とした法的根拠を持つべきである
基本原則 II	システムの規則と手続は、参加者が当該システムへの参加による金融リスクを明確に認識できるものとなっているべきである。
基本原則 III	システムは、信用リスク、流動性リスクを管理するための明確な手続を持つべきである。こうした手続は、当該システムの運営者や参加者それぞれの責任を特定し、リスクを管理・抑制するための適切なインセンティブを与えるものでなければならない。
基本原則 IV	システムは、決済日にファイナルな決済を迅速に提供すべきである。ファイナルな決済は、日中に提供されることが望ましく、少なくとも決済日の終了時までには提供されるべきである。
基本原則 V	マルチラテラル・ネットィング ¹⁸⁾ が行われるシステムでは、少なくとも最大のネット負債額を有する参加者が決済不能となった場合でも、日々の決済をタイムリーに完了できるようにするべきである。
基本原則 VI	決済に利用される資産は、中央銀行に対する資産であることが望ましい。他の資産が利用される場合、その資産は信用リスクと流動性リスクがほとんどないか、または全くないものであるべきである。
基本原則 VII	システムは、高度のセキュリティと運行上の信頼性を備え、かつ日々の事務処理をタイムリーに完了させるための緊急時の対応策を用意すべきである。
基本原則 VIII	システムは、利用者にとって実用的であり、経済全体にとって効率的な決済手段を提供すべきである。
基本原則 IX	システムは、公正かつ開かれた形での参加が可能となる様、客観的で公表された参加基準を設けるべきである。
基本原則 X	システムの組織運営の取極めは、効果的かつ対外的に説明可能であり、透明なものとなっているべきである。

(出所：http://www.zengin-net.jp/announcement/pdf/announcement_20011218_01.pdf)

れていても、接続用システムが不具合を生じたならば、トラブルを100パーセント回避することは困難である。この点を踏まえた上でも、敢えて全銀システム自体について再度確認するならば、そのコア部分のセキュリティ確保において世界標準レベルが達成されていることは否定できない。そして、この基幹システム上で基本的な国内経済が営まれていると言っても過言ではない。全銀シス

テムは、銀行のほか、信金など中小金融機関などが加盟し、金融機関間で行われる資金決済データのオンライン処理を担っている。

例えば、2011年3月11日に発生した東日本大震災では、振り込みデータを送信する金融機関が通常営業できても、上述したゆうちょ銀行のトラブル以上の不可避の状況下でデータ受信側の金融機関の機能が失われた。全銀シス

テムでは、受信能力が危ぶまれる地域への通信規制を実施して混乱を回避した。地域ごとの被害状況は、各業界の上部団体が調査し、全銀システムの事務局に報告され、全銀システム事務局がそのつど通信規制の実施・解消を判断した。その間、決済上の問題は発生せず、震災発生から3週間も経過しないうちにすべての通信規制が解除された²¹⁾。このことから、我が国の資金決済インフラの堅牢さ、換言するならば資金決済の信頼性が全銀システムの稼働状況から立証されたものと言えよう。

4.2 スマートグリッドの標準化

これまでに概観した全銀システムのように、標準化が国際レベルにまで到達した基幹システムの先行事例は、今後のスマートグリッドの標準化に対して多大な示唆に富んでいる。なぜならば、スマートグリッドがICT技術や新しい発電方法を組み合わせ、新しい電力網と再生可能なエネルギーを推進するという取り組みだけに、国家の経済活動の根幹に関わる点で、銀行システム同様に国内の基幹システムとして位置づけられるからに他ならない。

今日、スマートグリッドには様々な事業領域が関係しており、その導入に向けた今後の展開を読むには、IEC（国際電気標準会議）や、IEEE（米国電気電子技術者協会）、ITU-T（国際電気通信連合標準化部門）といった標準化団体の動向を把握する必要がある。その中で、IEEEで標準化活動を監督するのはIEEE Standards Associationである。IEEEは、2008年からスマートグリッドに焦点を当てた作業に取り組んできた。スマートグリッドの相互運用性を確保するためのガイドラインとな

るのはIEEE P2030である。IEEE P2030では、電力網、通信網、ICTシステムという各階層で相互接続が確保できるよう、その構造を規定しており、電気自動車、蓄電システムと電力フロー制御、試験仕様を規定した基準の策定が進められている。

IEEEはスマートグリッドの概念モデルとして、NIST²²⁾が規定したモデルを採用している。この概念モデルは、スマートグリッドを「マーケット」、「オペレーション」、「サービスプロバイダー」、「発電」、「送電」、「配電」、「顧客」という7つの事業領域に分け、それぞれの領域で想定されるアプリケーションをリスト化したものである。この概念モデルは、スマートグリッドを電力インフラとしてではなく、さらに広く捉えており、マーケットやサービスプロバイダーが上位概念に入っている。スマートグリッドはプラットフォームであり、将来的にはこのプラットフォームの上にさまざまな領域の事業が展開されていくことを示している²³⁾。

米国と比較すると、スマートグリッド関連で必要な標準化領域が、日本では電力会社10社に限られる。2012年現在、HEMS²⁴⁾、スマートメータ²⁵⁾の2領域で標準化が進められている。HEMSの標準化は日本の家電メーカーが設立した「エコネットコンソーシアム²⁶⁾」が進めており、2011年に「ECHONET Lite²⁷⁾」規定が一般公開された。このECHONET Liteでは無線LAN技術関連の規定が簡素化され、コントロールできる機器に太陽光発電、蓄電池、燃料電池、ヒートポンプ、スマートメータなどが加わっている。

スマートメータの働きは、通信技術を使って電力会社へ家庭の電力消費状況を伝送する機能とHEMSにおけ

21) 東洋経済オンライントップ・経済・政治・トレンド・「銀行振り込みなどの資金決済処理行う全銀システムの通信規制は、4月以降解消【震災関連速報】」2011年04月12日<http://toyokeizai.net/articles/-/6763>、(2012年12月31日検索)より引用編集。

22) NIST (National Institute of Standards and Technology: 米国標準技術局)は、アメリカ連邦政府の機関で、工業技術の標準化を支援している機関である。

23) アイティメディア株式会社、EE Times Japan>エネルギー技術 スマートグリッド:「2011年末には相互運用ガイドライン「P2030」が発行へ、スマートグリッドの国際標準策定が進む」、<http://eetimes.jp/ee/articles/1109/05/news009.html>、(2012年12月31日検索)より引用編集。

24) Home Energy Management System: 家庭内エネルギー管理システム

25) 電子式の電力/ガス量計で、通信機能を組み込んで検針値を遠隔監視する装置。

26) 同団体は97年から活動を開始しており、当初はヘルスケアやホームセキュリティのための家電機器相互接続を目的としていた。1999年にECHONET Ver.1.0をリリース。外出先から携帯電話でエアコンや給湯器をコントロールし、宅内のセキュリティカメラの映像をチェックすることができるようになった。同コンソーシアムは継続的な改良を続けて2007年にVer.3.6を出し、2009年には国際標準化が完了して活動は一段落した。

27) エコネットコンソーシアムトップページ>エコネット規格(一般公開版)>ECHONET Lite規格書 Ver1.01(日本語版)、<http://www.echonet.gr.jp/spec/index.htm>、(2012年12月31日検索)参照。

る情報交換機能に分かれる。前者は「Aルート」、後者は「Bルート」と呼ばれ、経産省スマートハウス標準化検討会では、Bルートについて以下の4分野を標準化の対象として挙げている。

- (1) 電力会社等から提供されるデータフォーマットの統一
- (2) 情報連携のための通信ミドルウェア（公知な標準インタフェース）の整理
- (3) HEMS との通信用に実装する通信機器（伝送メディア）の整理
- (4) セキュリティ、認証等に関する課題と対応

このうち(2)の「公知な標準インタフェース」が上述の ECHONET Lite で、スマートメータは家電製品や発電・蓄電システムと同じ位置づけとなり、様々な機器との連携がスムーズにできる。(1)と(4)のデータフォーマット、セキュリティや認証についてのプロトコルを決める上での技術的な難しさはない。(3)は、HEMS 関連各機器とスマートメータとの間の通信方式で、赤外線、無線 LAN、Bluetooth、PLC などが挙げられるが、「3.3 技術開発動向」で述べたように PLC が有力であり、家庭内の電気配線を使う通信方式である。スマートメータの設置に向けて、2012年東京電力が通信機能の開発会社の公募を開始し、2013年4月までに開発会社と仕様を決める²⁸⁾。

東京電力は2014年度からスマートメータの設置を開始し、2023年度までに2700万台を設置して全利用者の電力

使用量をネットワークで収集する計画である。このうち最初の3年間はそれを開発会社に委託し、4年目以降は東京電力が複数のメーカーから調達してコストダウンを図るため、実装する通信プロトコルは国際標準の IP（インターネット・プロトコル）に準拠することが条件になる。

図4.2に示したように、政府はエネルギー政策の一環として全国の企業や家庭にスマートメータを急速に普及させ、2016年度末までに電力需要の8割をスマートメータで管理できるようにする目標を打ち出している。これにより全国レベルで電力使用量を効率的に抑制するとともに、電力が不足する事態にも迅速かつ柔軟に対応できるようになる。東京電力のスマートメータは、震災以降の電力不足を補う上で、政府の意向が強く働いており、デファクトスタンダードとなる可能性が高い。

4.3 スマートグリッドの信頼性

上述したように、スマートメータの標準化の道程が定まり、2010年代から2020年代にかけての我が国におけるスマートグリッド化のロードマップが策定された。ここで、我が国で導入が計画されているスマートグリッドの概観を再確認する。すると図4.3.1に示すように、住宅やオフィス、工場などが、個別に発電設備を設けて電力を発電し、再生可能エネルギーの活用によって従来の原子力発電や火力発電に加える。そして、それらの発電システムが分散型電源として社会の電力供給を支えるシス

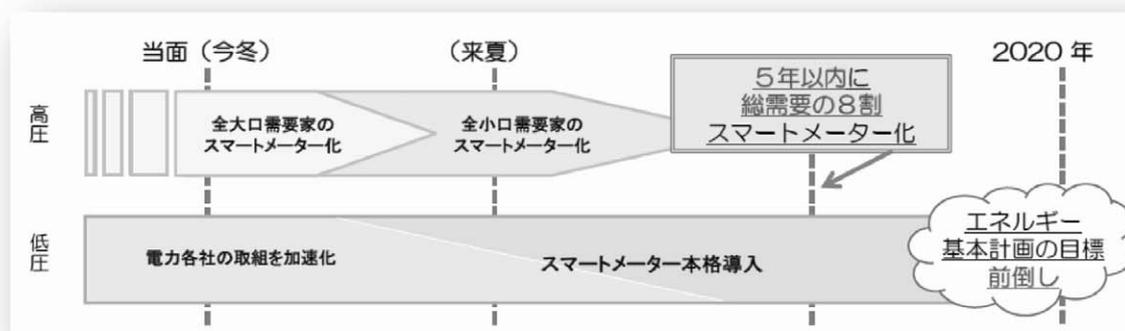


図4.2 2012年経済産業省スマートメータ導入計画

(出所：経済産業省http://www.meti.go.jp/committee/summary/0004668/011_03_00.pdf)

28) これは本論文執筆の2012年12月現在での確認事項である。

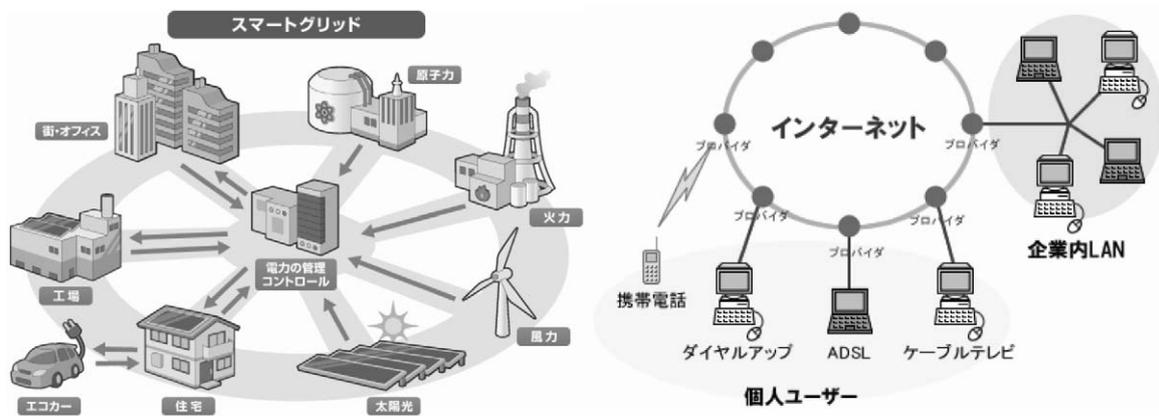


図 4.3.1 スマートグリッドとインターネット

(出所：価格.com ホーム>太陽光発電>太陽光発電 コラム>スマートグリッドで日本の電力はどう変わる、<http://kakaku.com/taiyoukou/column/014.html>)

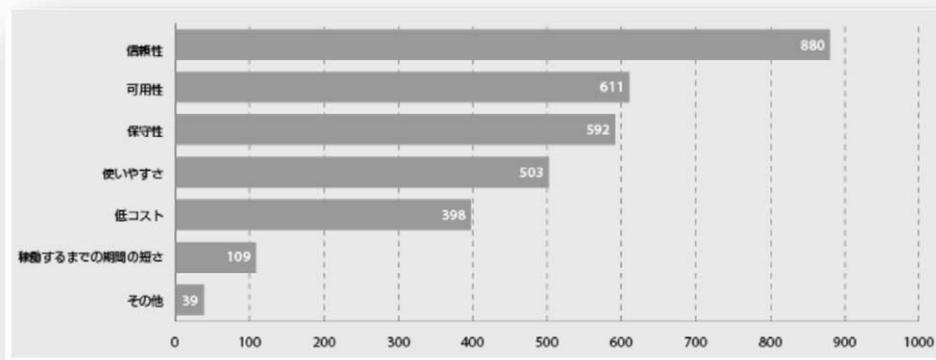
テムを指しており、米国型スマートグリッドが複雑老朽化した電力システムの ICT による刷新を目指している事とは若干、趣を異にしている。

スマートグリッドでは、この分散型電源に加えて、家庭内の電気機器も電力網に取り組み、個々の発電システムや電気機器が双方向にオープンな電力供給や電力情報がネットワーク上でやりとりされる。先に述べたように、これを例えて言うならば、「電力のインターネット」である。インターネットが採用しているネットワーク接続方式は弱結合方式である。これは送受信可能で、アクセス時間が短くアクセス速度が速い経路を探索してデー

タを送受信する。この方式の利点は、ネットワークの核となる部分に攻撃が加わったり、障害が発生したりした場合にもネットワーク全体の稼働が妨げられ難い点である。

(株)インプレスビジネスメディアは2012年3月、社会インフラを支えるシステムの障害に関連し、システムが備えるべき要件について1044人を対象にアンケート調査を実施している²⁹⁾。

グラフ 4.3 に示すように基幹システムに最も多く求められている要件は、システムの信頼性である。一般に、システムの信頼性とは、「与えられた条件で規定の期間



グラフ 4.3 自社の基幹システムに求める要件として優先すべき事項³⁰⁾

29) インプレスビジネスメディアホーム/連載/Data Speaks、<http://it.impressbm.co.jp/e/2012/03/26/4262>、(2012年12月31日検索) 引用編集。

30) 出所：同上より

中、要求された機能を果たすことができる性質、また、信頼度は、「与えられた条件で規定の期間中、要求された機能を果たす確率」と定義される。一定期間において、そのうちシステムがどの程度の割合で正常稼働しているかを示す数値は、可用性と呼ばれることもある。

システムの信頼性をより正確に表す指標はシステムの稼働率である。これは、システムの平均故障時間 (MTTF: Mean Time To Failure) と平均修復時間 (MTTR: Mean Time To Repair) を用いて算出する。MTTF は、システムが故障などによって停止するまでの平均時間を示すもので、システムの平均連続稼働時間と考えることもできる。一方の MTTR は、停止状態になったシステムを稼働状態に復旧するまでにかかる時間である。これら MTTF と MTTR の値を使用して、稼働率は以下の式から算出する。

$$\text{稼働率} = \text{MTTF} / (\text{MTTF} + \text{MTTR})$$

このように稼働率は、平均故障時間（平均連続稼働時間）を、平均故障時間と平均復旧時間を加えたもので割って求める。これは、システムが正常な稼働状態にある確率に等しい。言うまでもなく、この値が大きいほど優れたシステムということになる。システムの信頼性と言った場合はシステムが障害を発生する頻度にのみ注目しており、MTTR は考慮されていない。

そこでシステムの信頼性に関して、同じ装置が複数接続されているシステム構成のうち、システムが停止する可能性の最も低いものはどれかを図 4.3.2 の例で考察してみる。この図で、四角形は装置を表し、並列に接続されている場合はいずれか一つの装置が動作していればよ

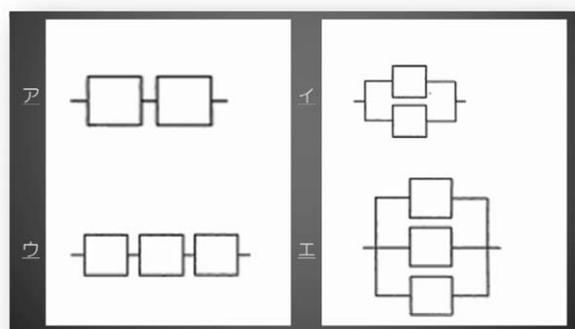


図 4.3.2 並列・直列の合成稼働率

く、直列に接続されている場合はすべての装置が動作していなければならない。

すべて同じ装置なので、稼働率として仮の値である 0.9 を当てはめて考える。また、装置単体での稼働率を R とすると、直列に接続されている部分の稼働率は R^2 、並列に接続されている部分の稼働率は $1 - (1 - R)^2$ で求めることができる。その結果、それぞれの稼働率は次の通りとなる。

$$\text{ア } 0.9 \times 0.9 = 0.81$$

$$\text{イ } 1 - (1 - 0.9)^2 = 1 - 0.12 = 0.99$$

$$\text{ウ } 0.9 \times 0.9 \times 0.9 = 0.729$$

$$\text{エ } 1 - (1 - 0.9)^3 = 1 - 0.13 = 0.999$$

結果を見比べると、アやウのように直列の場合は 1 回線の稼働率よりも全体の稼働率が低くなっており、イやエのように並列の場合は 1 回線の稼働率よりも高めに値が出ている。どれか 1 回線が切れると繋がらなくなる直列接続のケースと、1 回線が切れても残りでもサービスが継続できる並列接続の特徴が現れている。さらに、イとエの場合、装置数の多いエのケースの稼働率がより高くなり、装置数の多い並列接続の方式がより信頼性が高いことが分かる。従って、従来の集中型電源では大きな発電設備が災害や事故で停止した場合、大規模停電など電力供給に大きな影響があったが、インターネットと同様の弱結合接続のスマートグリッドは、基本的に並列接続であり、上流からの電力供給が遮断されても分散された複数の電源から電力を効率的に融通しあうことで稼働が維持される。

このようにマクロ的にはスマートグリッドは、分散コンピューティングと耐障害性を持つ通信機能の利点を有している。これによって、リアルタイム情報を提供するとともに、電力網全体およびデバイスレベルでの需給のバランスを確保することができる。一方、ミクロ的にはスマートメータに世界標準の IP を採用したため、セキュリティリスクの問題が残された。汎用性という点で、コスト面では標準化の流れは有利に作用する。また過去に第二世代移動体通信の分野で、NTT ドコモが独自に開発した標準が国際的に採用されず、国際市場で苦戦したような失敗例の繰り返しからは辛うじて免れた。しかし、電力系統と家庭間での相互接続部分での不正アクセスや

情報漏えいのリスクについては、一般のインターネット情報システムと同レベルである。従って、前述した全銀システムのような仮想専用通信システムと比べてセキュリティ面で課題を残している。

5. おわりに

本論文では、閉塞感の漂う日本経済の活性化の糸口として、スマートグリッドというイノベーションが注目されている点をはじめに述べた。公共事業による景気刺激政策は巨額の公共投資を伴い、国債の発行による財政悪化をもたらすという失敗を過去に繰り返してきた。結果的には「失われた10年」の「実感なき好景気」は内需拡大によるものではなく、アメリカや中国、新興国等への輸出によるところが大きく、アメリカがサブプライムで失速し、新興国の景気が低迷しだすと、日本も大きなダメージを受けることになった。

その間、ICT投資は停滞し国際競争力の低下をもたらした。日本のお家芸であり「ものづくり」の象徴である自動車産業までもが内外需の落ち込みの影響を受けている³¹⁾。

しかし、2011年の東日本大震災は我が国エネルギー政策の大幅な見直しを迫るとともに、国際的なスマートグリッド化の進展とも同期し、我が国のエネルギー政策自体が経済産業省を中心として急展開を遂げている。ハイブリッド自動車、電気自動車分野の我が国の高い技術力が、スマートグリッドにおける「動く蓄電装置³²⁾」として再認識されるという点も視野に入っている。

次に、我が国のスマートグリッドの現状と課題について考察し、低炭素社会づくり行動計画の中でスマートグリッドの進展に大きな期待が寄せられる点を述べた。経済産業省では、2011～2020年までの10年間の輸出分も含めた日本の経済波及効果の総額を34.8兆円と試算している³⁴⁾。ここで本論文では、長期間に渡って安定運用がな

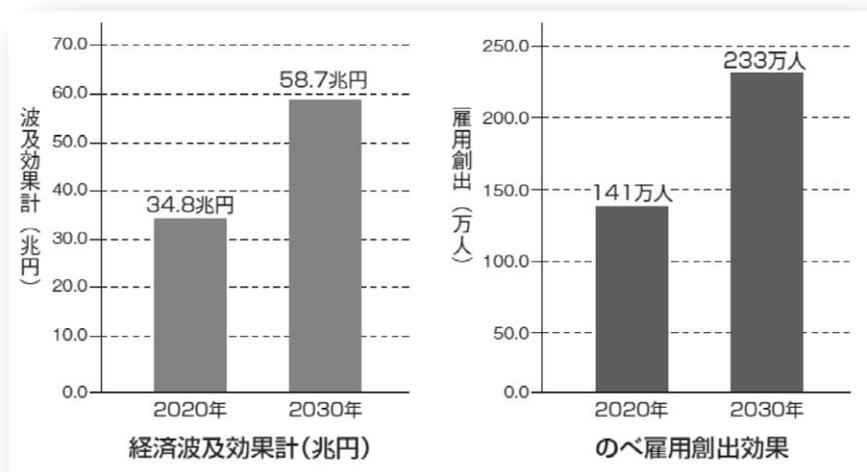


図5 次世代配送電ネットワークの構築による経済波及効果³²⁾

31) 日本経済新聞電子版、変わる日本の自動車産業～その現状と課題について知る！：nikkei4946（全図解ニュース解説）、<http://www.nikkei4946.com/zenzukai/detail.aspx?zenzukai=DUIrJZPF0alehIAIGW5%2baA%3d%3d>、(2012年12月31日検索) 参照。

32) 出所：経済産業省、<http://www.meti.go.jp/report/data/g100426aj.html>、(2012年12月31日検索) 引用。

33) 産業イノベーションHOME | 技術&事業インキュベーション・フォーラム HOME | 「電気自動車=動く電池」が変える住宅・都市インフラ2020年の電気自動車のある暮らしを展望する、<http://venturewatch.jp/20090731.html>、(2012年12月31日検索) 参照。

34) 経済産業省 HP | 政策について白書・報告書 | 報告書一覧 | 「低炭素社会実現のための次世代送配電ネットワークの構築に向けて～次世代送配電ネットワーク研究会報告書」、<http://www.meti.go.jp/report/data/g100426aj.html>、(2012年12月31日検索) 引用編集。経済産業省では、2011～2020年までの10年間の輸出分も含めた日本の経済波及効果の総額が34.8兆円、雇用創出効果は141万人に上ると試算（太陽光発電の導入効果を除いた場合）。また、2021年～2030年までの輸出分も含めた経済波及効果の総額に関しては58.7兆円、雇用創出効果を233万人と試算している。

された実績を有する「全銀システム」との比較から、スマートグリッドの有効性、とりわけその信頼性について検証した。すると、全銀システムにおいては国際決済銀行が作成したコア・プリンシプルと呼ばれる国際標準原則に則った自己評価を行っている点が明らかとなった。その結果、スマートグリッドの我が国における信頼性の確立にとっても、国際標準の導入が不可欠であるとの立場での検証を行った。

この点については、スマートメータの仕様が最も重要な検討事項であるが、その仕様が閉鎖的であるとの指摘を受け、東京電力は2012年に改めて標準規格に準拠したオープンな仕様に変更し、通信プロトコルには TCP/IP を実装することを表明した。その結果、発電システムや電気機器が、双方向にオープンな電力供給や電力情報をネットワーク上で送受信可能である点が明示された。そ

こで、スマートグリッドが「電力のインターネット」であるとの前提から、システムの信頼性について合成稼働率の比較によって並列接続のメリットを明らかにした。換言するならば、スマートグリッドの信頼性についてマクロ的なメリットをここでは確認することができた。

しかしながら、汎用的なスマートメータの仕様採用は、裏を返せばインターネットに内在する脆弱性をスマートグリッドも共有することにつながる。従って、セキュリティの確保という問題が残されており、この点についても盛んな議論が行われている。また、現在有力視されている通信手段としての PLC 方式には、電磁波漏えいによる無線通信や放送などへの影響³⁵⁾が指摘されている。これらの点についての検討は、今後の課題として依然残されている。

35) ITmedia エンタープライズ、「エンタープライズ PLC」のススメ：PLC 電磁波漏えい問題で聞こえる「慎重派」の声、<http://www.itmedia.co.jp/enterprise/articles/0702/28/news005.html>、(2012年12月31日検索) 参照。