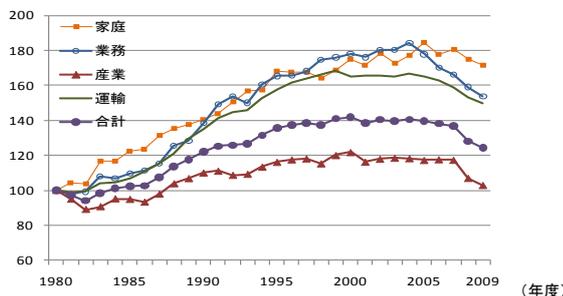


## 米国の電力需要側マネジメントの動向と日本への示唆

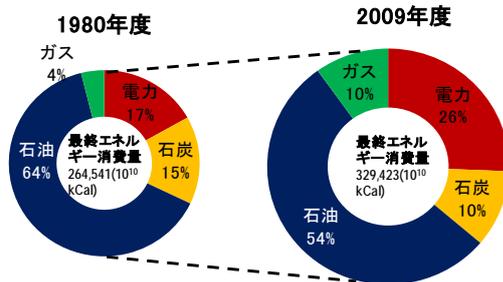
### 1. 国内電力需要の動向

- 国内最終エネルギー消費は1980年度から1990年代半ばまで約4割増加した後に横ばいで推移し、2008、2009年度は金融危機の影響を受けて減少した(図表1-1)。部門別の推移をみると、産業部門が工場等における省エネ努力により増加を抑制した一方、家庭、業務部門のエネルギー消費は2000年代半ばにかけて大幅に増加した。業務部門は2000年代後半にオフィスにおける省エネの進展や空調機器購入の一巡によりエネルギー消費削減が進んだが、家庭部門の消費量はそれほど減少していない。エネルギー源別にみると、電力、ガスの割合が上昇し、中でも電力は2009年度に最終エネルギー消費の1/4を占めるに至った(図表1-2)。
- 家庭における電力消費量に着目すると、世帯数と世帯当たり電力消費量いずれも増加してきた(図表1-3)。世帯当たり電力消費に関しては、エアコンとテレビが1世帯当たり2台以上まで普及し、温水洗浄便座やパソコン等の家電が登場したことに加え、家電の大型化・多機能化も増加の要因となったと考えられる(図表1-4)。
- これまで国内電力需要に対して十分な供給力があつたが、2011年3月に発生した東日本大震災以降、原子力発電所の停止による電力不足が問題となっている。今夏の国内電力会社のピーク需要は概ね各社が設定した削減目標を達成し、停電の発生は回避できた。産業用の大口需要家については、特に電力使用制限令が発動された東京、東北管内でピーク需要が大幅に削減されたが、家庭については一部の地域で削減目標を達成できなかった(図表1-5)。原子力発電所の停止が今後も継続した場合、今冬、来夏にも電力需給の逼迫が懸念されており、大幅な節電が必要となる(図表1-6)。電力需給逼迫への対策として、需要側の取組(電力需要側マネジメント)に注目が集まっている。本稿では米国における電力需要側マネジメントの事例から、我が国に対する示唆を抽出する。

図表1-1 国内最終エネルギー消費の推移  
(1980年度=100)

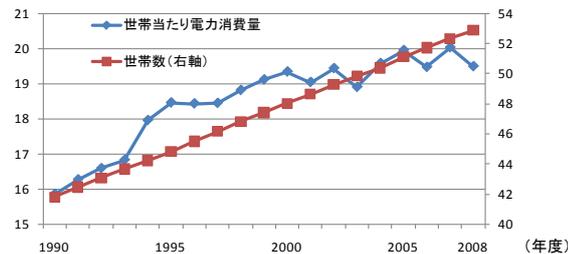


図表1-2 エネルギー源別国内最終エネルギー消費割合

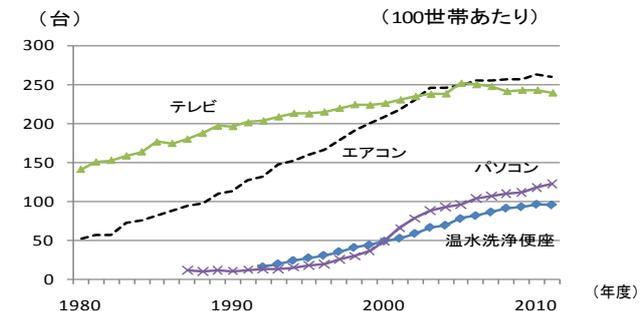


(図表1-1、1-2、1-3備考) 資源エネルギー庁「総合エネルギー統計」より日本政策投資銀行作成

図表1-3 世帯数と世帯当たり電力消費量の推移  
(10^3/世帯) (百万世帯)



図表1-4 世帯当たり家電保有台数の推移  
(台) (100世帯あたり)



図表1-5 今夏における東京、東北、関西電力管内の需要削減目標と達成度合い

最大ピーク需要		東京電力管内	東北電力管内	関西電力管内
大口需要家 (契約電力 500kW以上 の事業者)	数値目標	▲15%	▲15%	▲10%以上
	最大値の対昨年比	▲29%	▲18%	▲9%
	気温が同水準の 日同士と比較	▲27% (目標達成)	▲18% (目標達成)	▲9% (目標達成)
家庭	数値目標	▲15%	▲15%	▲10%以上
	最大値の対昨年比	▲6%	▲22%	▲14%
	気温が同水準の 日同士と比較	▲11% (目標未達成)	▲18% (目標達成)	▲4% (目標未達成)

(備考) 経済産業省「今夏の電力需給対策のフォローアップについて」より日本政策投資銀行作成

(備考) 内閣府「消費動向調査」より日本政策投資銀行作成

図表1-6 原子力発電所の停止が継続した場合の当面の電力需給(供給予備率)の見通し

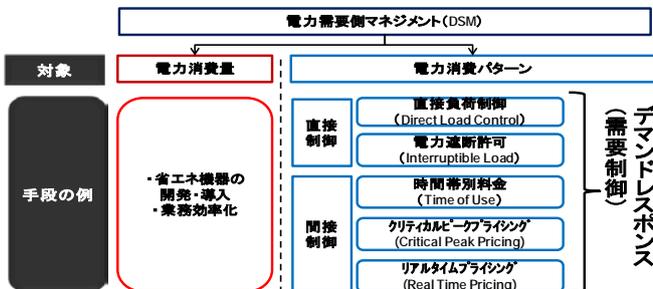
(万kW)		北海道	東北	東京	中部	関西	北陸	中国	四国	九州
供給-需要 (供給予備率)	今冬	79 (13.6%)	▲103 (▲7.3%)	▲56 (▲1.1%)	143 (6.1%)	▲225 (▲8.4%)	13 (2.4%)	90 (8.4%)	▲17 (▲3.3%)	▲37 (▲2.4%)
	来夏	▲32 (▲6.4%)	5 (0.3%)	▲807 (▲13.4%)	41 (1.5%)	▲605 (▲19.3%)	▲9 (▲1.5%)	33 (2.7%)	▲67 (▲11.3%)	▲216 (▲12.3%)

(備考) エネルギー・環境会議「当面のエネルギー需給安定策」より日本政策投資銀行作成

## 2. 需要側マネジメントの類型と効果

- 電力需要側マネジメント (Demand-Side Management: DSM) とは、電力会社や事業者が電力消費量の抑制や、電力消費パターンの調整を目的として行う計画・実行・モニタリング活動である (図表2-1)。電力消費量の抑制手段としてはこれまで日本で進展してきた省エネ機器の開発・導入や産業・民生部門での業務効率化による省エネ努力等がある。
- 電力消費パターンの調整については、デマンドレスポンス (需要制御、Demand Response: 以下DR) と呼ばれる様々なプログラムが考案されている。電力会社が直接制御する方法としては、需要家の電気機器を遠隔操作する直接負荷制御や、ピーク時に電力会社が電力供給を遮断できる電力遮断許可がある。いずれもプログラムに参加する需要家に対し料金割引が提供される。一方、料金体系を工夫することで需要家の行動に影響を与え、間接的に電力需要のパターンを調整する手法も考案されている。代表的なプログラムが時間帯によって電気料金に差を設ける時間帯別料金 (TOU) である。その他、ピークタイムのみ料金を高くすることで需要家のピーク電力需要の削減を図るクリティカルピークプライシング (CPP) や、一日毎又は一時間毎の需給の変化に応じて電気料金を変動させるリアルタイムプライシングもある。
- DRは需要家と電力会社の双方に経済的便益をもたらす。需要家にとっては電力料金の軽減、停電の回避、料金メニューの拡充等が期待される。電力会社にとっては短期的な需給逼迫時の対策となるだけでなく、長期的には追加の発電所・送電網の建設等にかかる投資コスト削減が可能となる (図表2-2)。
- 海外ではDRの効果を知る多くの実証実験が行われている (図表2-3)。米国等で行われた10の実証実験では、TOUにより4%~6%、CPPにより12%~26%のピーク需要削減効果がみられた。TOUやCPPと、電力使用の自動制御機器等を組み合わせた場合、21%~43%とより高いピーク需要削減効果が示されている。カリフォルニア州における実証実験 (California Statewide Pricing Program) では、CPPの需要削減効果は冬期よりも夏期の方が高いことや、猛暑の期間中も需要削減効果は数日間維持され続けたことが明らかになっている。また、日中は外出しているが待機電力が高い需要家に自動制御機器等を導入すれば、負担を感じることなくピーク需要を削減できると指摘されている。

図表2-1 電力需要側マネジメントの類型



(備考) 日本政策投資銀行作成

図表2-3 米国等のDR実証実験の概要

実証実験名	実施地点	参加電力会社	実施年	参加需要家数	対象部門	プログラム	DRによるピーク電力削減割合 (ピーク当たり)
Anaheim Critical Peak Pricing Experiment	カリフォルニア	Anaheim Public Utilities	2005	71 (対照52)	家庭	CPP	12%
California Automated DR System Pilot	カリフォルニア	PG&E, SCE, SDG&E	2004-2005	98 (対照101)	家庭	CPP+自動制御機器等	43%
California Statewide Pricing Pilot (SPP)	カリフォルニア	PG&E, SCE, SDG&E	2004-2005	2,491	家庭、商業、産業	TOU	12.5%
						CPP+自動制御機器等	4.1%
						TOU+自動制御機器等	34.5%
The Gulf Power Select Program	フロリダ	Gulf Power	2000-2001	2,300	家庭	TOU+自動制御機器等	22%
						CPP+自動制御機器等	41%
AmerenUE Residential TOU Pilot Study	ミズーリ	AmerenUE	2004-2005	約80 (対照約100)	家庭	CPP	13%
						CPP+自動制御機器等	24%
GPU Pilot	ニュージャージー	GPU	1997	不明	家庭	CPP	26%
						TOU	6%
PSE&G Residential Pilot Program	ニュージャージー	PSE&G	2006-2007	836 (対照450)	家庭	TOU+自動制御機器等	21%
						CPP	14%
						CPP+自動制御機器等	26%
Energy Australia's Network Tariff Reform	ニューサウスウェールズ (豪)	Energy Australia	2005	50,000	家庭、商業	CPP	24%
Ontario Energy Board Smart Price Pilot	オンタリオ (カナダ)	Hydro Ottawa	2006-2007	373 (対照125)	家庭	TOU	5.7%
						CPP	25.4%
Olympic Peninsula Project	ワシントン/オレゴン	BPA, Clallam郡 PUD, Port Angeles市, PacificCorp	2005	84 (対照28)	家庭	CPP	21%

(備考) 各実証実験の結果報告より日本政策投資銀行作成

図表2-2 DRプログラムの便益

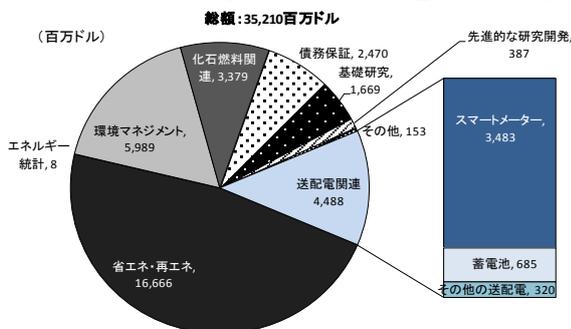
受益者	便益の種類	便益の例
需要家	経済的利益	・電気料金の軽減 ・インセンティブによる収入
	信頼性の向上	・強制的な停電の回避
	選択肢の拡充	・ニーズに合わせた料金サービスの利用が可能
電力会社	安定化コストの削減	(短期) ・市場メカニズムによって、需給逼迫時の対策コストを削減 ・送電の効率性の向上 ・他社からの電力融通に頼らないための独立性の向上
		(長期) ・供給力増強、送電網整備コストの回避 ・化石燃料使用の発電設備からのCO2排出の回避

(備考) 米国連邦エネルギー省「Benefit of Demand Response in Electricity Markets and Recommendations for Achieving Them」より日本政策投資銀行作成

### 3. 米国の電力会社等による需要側マネジメントの先進事例

- ・米国では電力会社によるDSMを促進するため、米国再生・再投資法（ARRA法、2009年施行）の中にスマートメーター（※）導入を助成するプログラムが盛り込まれた。同法のエネルギー関連予算352億ドルの内、45億ドル（12.7%）が送配電関連に充てられ、中でもスマートメーターの導入助成金は全体の約1割と全プロジェクト中最大である（図表3-1）。2010年時点でスマートメーターの普及率は全米で8.7%に達した。アリゾナやオレゴン州では普及率が25%を超えており、各地の電力会社が助成金を活用して電力需要の「見える化」を促進している（図表3-2）。
  - ・（事例1）カリフォルニア州南部の電力会社である南カリフォルニアエジソン社（SCE）は、2008年から5年間で530万台のスマートメーターを家庭に配備する計画を州の公共事業委員会(PUC)に提出した。同計画では、電力会社の便益（業務費用・資本支出抑制）と需要家の便益（DRによるピークタイム料金支払削減等）を合わせると、スマートメーター導入・維持にかかる費用を上回るとしている（図表3-3）。スマートメーターの導入費用を電力会社が需要家から回収できるかは、各州のPUCの判断に委ねられており、電力会社に対して費用に見合う便益の明確化が求められている。
  - ・（事例2）需要家からスマートメーター導入に対する反発も出ている。カリフォルニア州北部で電力・ガス供給事業を営むパシフィックガス&エレクトリック（PG&E）社は、2012年までに約560万台のスマートメーターを配備する計画を実行中であるが、2009年に一部の需要家からスマートメーターの導入により電力料金が上昇したとして提訴された。PG&E社とPUCによる検証の結果、電力料金の上昇は猛暑による空調使用増加が直接的な原因であることが明らかになったが、スマートメーター導入の際には、需要家との十分なコミュニケーションが必要と考えられる。
  - ・（事例3）米国では自治体が地域（コミュニティ）の需要家を代表して電力会社や電気の種類を選択するCommunity Choice Aggregation (CCA) という制度も一部で始まっている。地域の家庭、事業所、工場等での電力需要を束ね、電力会社に対する交渉力を増し電気料金を削減するだけでなく、電力会社によるDRプログラムの提供を促すことも想定されている。コミュニティ構成員の希望に応じて再生可能エネルギー発電による電力を選択するといった動きもみられる（図表3-4）。
- （※）スマートメーターとは遠隔開閉、遠隔制御等といった機能を有する電子メーターであり、需要家毎の詳細な電力使用データが把握できる。

図表3-1 ARRAによるエネルギー関連予算の内訳

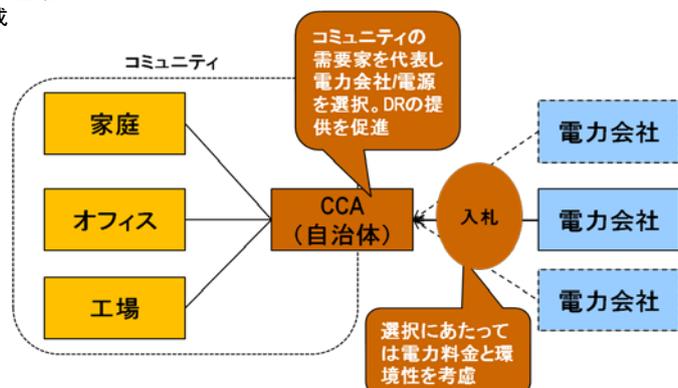


図表3-2 米国におけるスマートメーターの普及割合

	2006	2008	2010
スマートメーター数(万台)	74	59	128
全メーター数(万台)	14,046	14,386	14,770
全米での普及率	0.5%	4.1%	8.7%
(2010年普及率上位3州)			
アリゾナ	0.2%	3.4%	29.1%
オレゴン	0.2%	2.1%	25.2%
アイダホ	3.9%	13.8%	24.7%

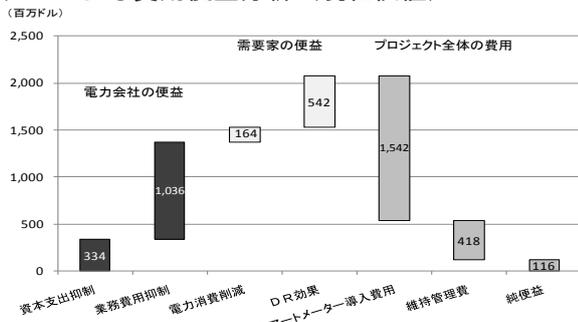
（備考）米国連邦エネルギー規制委員会「2010 Assessment of Demand Response and Advanced Metering」より日本政策投資銀行作成

図表3-4 CCAのイメージ



（備考）日本政策投資銀行作成

（備考）米国連邦エネルギー省資料より日本政策投資銀行作成  
図表3-3 SCE社のスマートメーター導入プロジェクトによる費用便益分析（現在価値）

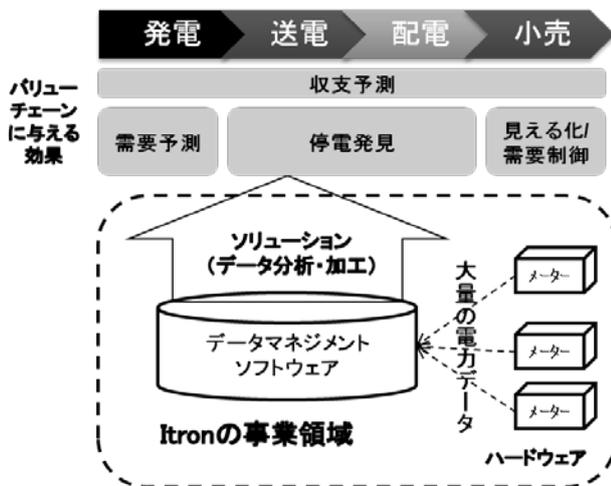


- （備考）1. Southern California Edison 「EDISON SMARTCONNECT DEPLOYMENT FUNDING AND COST RECOVERY」(2007年)より日本政策投資銀行作成  
2. プロジェクト期間26年間、金利10%で現在価値を計算

#### 4. 米国のIT企業による需要側マネジメントビジネスの先進事例

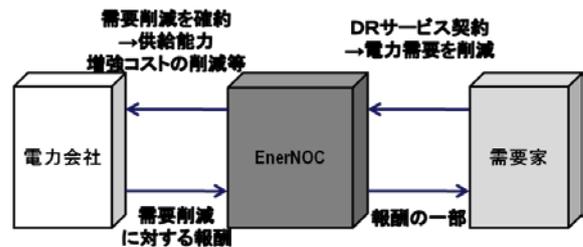
- ・米国ではIT企業が大量の電力データを活用したソリューションや、DRによる需要削減サービスの提供を始めている。
- ・(事例1) 電力・ガス・水道メーターの大手メーカーであるItron社はスマートメーターの製造だけでなく、メーターによって収集される大量の電力データを分析・加工するソフトウェアの開発も行っている。電力会社に対して、高い精度での需要予測・制御を可能にするデータ分析だけでなく、収支予測や系統中の停電箇所の発見といったバリューチェーンの全てに対応したソリューションを提供している(図表4-1)。ベンチャー企業では、Google社から出資を受けているSilver Spring Networks社が家庭やビル、工場等から電力会社までの様々な機器をつなぐ通信技術とデータ分析のためのソフトウェアを提供している。同社の通信技術は既存のIPネットワークを活用していることから、システムの構築が低コストで済み、遠隔地までカバーできるという特徴を持つ。米国のスマートメーターが普及した地域では、扱うデータ量が飛躍的に増大し、電力会社の既存の経営資源での対応が難しくなっている。そのため、上記のようなIT企業による電力データマネジメントに関するビジネスが拡大すると考えられる。
- ・(事例2) DRの専門事業者であるEnerNOC社は需給逼迫解消を望む電力会社や独立系統運用機関(ISO)から需要削減を請け負い、需要家に対してDRサービスを提供することで需要削減量を確保している。センサーを活用したリアルタイムのデータモニタリングサービスを需要家に提供し、合わせて需要制御に関するアドバイスを行う(図表4-2)。電力会社からの報酬の一部は需要制御に応じた需要家に還元する。米国では電力需給が逼迫している地域が多いことから、同社は2003年の設立当初より急成長し、2006年から2010年の5年間で需要制御契約を結んだ需要家の数、需要制御容量、売上いずれも10倍以上に増加した(図表4-3)。同社は需要家当たりの電力需要の規模が大きい産業・商業部門の需要家を主要な顧客としている。産業・商業部門の需要家は業種毎に電力需要のパターンに共通点が多く、一つのサービスを複数の顧客に展開できる特徴があり、収益性の高い顧客だと考えられている。
- ・米国におけるDR市場では技術標準化の動きも出てきている。連邦エネルギー省傘下のローレンスバークレー国立研究所は2002年からIP通信を活用したDRに関するデータ通信規格を開発し、2007年にOpen ADRという技術規格として商用化した。同規格の活用により、データ通信の技術蓄積のない企業でもDR市場へ参入することが可能となる。EnerNOC社も同規格の推進団体であるOpen ADR Allianceに加盟しており、同社の事業経験を団体加入企業・研究所と共有することで、新技術の研究開発や標準化に貢献している。

図表4-1 Itron社のビジネスのイメージ



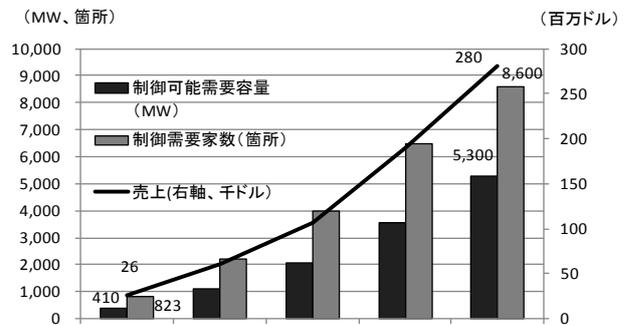
(備考) 日本政策投資銀行作成

図表4-2 EnerNOC社のビジネスモデル



(備考) 日本政策投資銀行作成

図表4-3 EnerNOC社の業績推移



(備考) EnerNOC社決算資料より日本政策投資銀行作成

### 5. 日本における取組と、米国における取組からの示唆

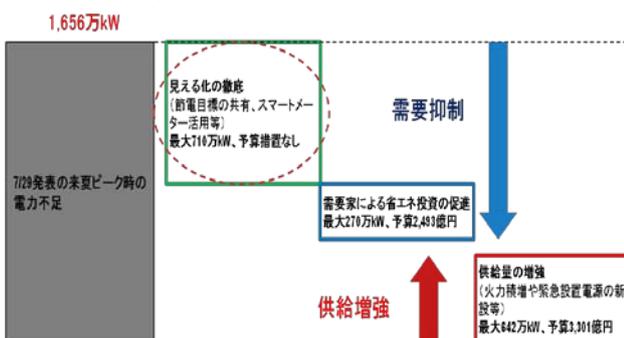
- ・今夏は東京電力、東北電力管内の工場等の大口需要家に対して、政府から電力使用制限令(前年比15%のピーク電力削減義務)が課され、操業・営業時間の調整・シフト等の節電が行われた(図表5-1)。自家発電の導入や焚き増し等の対策には追加コストが億円単位で発生した例もあり、節電が企業の経済活動を圧迫した。2011年11月、政府のエネルギー・環境会議は来夏に1,656万kWのピーク電力が不足するという試算の下、「エネルギー需給安定行動計画」を策定した。同計画では供給力の短期的な増強が困難な中でDSMの重要性が認識されており、「見える化の徹底」により、同計画内で提案された3つの施策中最大の710万kWのピーク電力削減が見込まれている(図表5-2)。一方、DSMの核となるスマートメーターに関しては、現状、電力会社による実証実験が行われている段階にある(図表5-3)。「エネルギー需給安定行動計画」では、2011年から5年間で低圧も含めた需要家全体の8割にスマートメーターを導入する目標が掲げられており、需要家毎の電力消費把握により、きめ細かな需要抑制が可能となるとも考えられる。
- ・DSMの取組として、これまで産業・業務部門で進められてきた省エネ努力に留まることなく、米国の実証実験の結果が示すように、DRを活用することで経済活動に対する悪影響を最小限にしつつ需要を削減できる可能性がある。さらにスマートメーターや自動制御機器等を組み合わせたエネルギー・マネジメント・システム(EMS)の導入が進めば、DRの効果も向上すると考えられる。その際には米国の電力会社の事例にみられるように、費用対効果の十分な検証と需要家とのコミュニケーションが重要となろう。
- ・国内でもスマートメーターの導入が進むと、計測される電力消費データの量が大幅に増加し、その有効活用が重要となる。従って、大量の電力消費データを様々な用途向けに分析・加工する技術・サービスに付加価値が生まれ、IT企業にとって新たなビジネス機会が拡大すると見込まれる。
- ・政府に対しては、電力消費というプライバシーに関わるデータのセキュリティを確保し、様々な機器同士のデータ通信を可能にする技術標準化を促進する役割が求められよう。米国におけるOpen ADRの取組が目指すように、有力な技術標準が登場してくれば、企業の新規参入が促進されることで市場が拡大し、多くの事業者の経験が新たな技術開発に繋がる好循環が生み出されると期待される。

図表5-1 今夏の産業界の節電に関する取組

業種	主要製品	2011年夏期の節電実績	経済活動への影響を最小に抑えた場合の節電可能割合	取組内容(例)	個社における節電対応コスト例(抜粋)
化学	汎用樹脂及び合成ゴム	▲25% (規模:3.5万kW程度)	▲1~3%	・空調28℃ ・休日・夜間シフト ・6月中の前倒し生産	・約1.8億円のコスト増 (在庫積み増しに伴う包装材料購入等)
非鉄金属	非鉄金属地金、銅箔、断熱材、微細鉄粉、自動車部品	▲15~34% (規模:5万kW)	▲3~10%	・海外・他電力管内へのシフト ・自家発電導入 ・空調28℃ ・休日・夜間シフト ・6月中の前倒し生産 ・一部生産設備・工程の停止	・対策コスト13億円 (自家発電導入・運転経費の増加、休日・夜間シフトによる労務費の増加)
エレクトロニクス関連部素材	薄型ディスプレイ向け材料、電解銅箔	▲20~34% (規模:2.4万kW)	▲0%	・自家発(大型)購入及びレンタル ・空調28℃ ・休日・夜間シフト ・生産ラインの間引き運転	・約40億円のコスト増 (自家発電設備・燃料、シフト後の人件費) ・販売計画の下方修正
鉄鋼(主要15社)	-	▲26% (規模:110万kW程度)	▲~5%	・生産シフト ・自家発電等の活用 ・省エネ(省電)活動	・約86億円のコスト増 (自家発電等の追い炊き燃料費、休日シフトに伴う増分コスト、在庫増加等)
精密機器・家電	-	▲25~30% (規模:8.5万kW)	▲5~10%	・照明、エレベーターの間引き ・早朝・夜間シフト ・NAS電池の活用 ・輪番休業	・約2億円のコスト増 (自家発電の新規導入及び焚き増しコスト、電力監視システムの導入、夜間シフトに伴う労務費の増加)

(備考) 資源エネルギー庁「夏期の電力需給対策のフォローアップについて(大口・小口・家庭における取組の検証)」より日本政策投資銀行作成

図表5-2 エネルギー需給安定行動計画での来夏ピーク電力不足への対応



(備考) エネルギー・環境会議「エネルギー需給安定行動計画」より日本政策投資銀行作成

図表5-3 国内電力会社によるスマートメーターに関連する実証実験の概要

電力会社	電力メーター総数	スマートメーター導入戸数	実証実験の概要
北海道電力	366万個	120戸	平成23年度より、実証実験を開始し、約120戸にスマートメーターを導入済。平成24年度までに約600戸への導入を予定。
東北電力	674万個	500戸	平成22年度下期から、2000戸を対象に新型電子メーターを利用した遠隔検針の実証実験を実施しており、約500戸を導入済。
東京電力	2,744万個	1,200戸	平成22年度下期以降、東京都の一部地域で導入試験を行っており、約1200戸にスマートメーターを導入済。実証実験の結果次第では、今後80万戸程度まで拡大予定。
中部電力	946万個	1,500戸	平成23年度から、約1500戸を対象に新型電子メーターを利用した遠隔検針の実証実験を実施中。
北陸電力	181万個	-	顧客サービスの向上と業務運営の効率化を目指し、平成23年度から約500戸を対象に実証実験を開始予定。
関西電力	1,277万個	95万戸	平成11年から研究を開始。平成14年からは本システムのベースとなる新型メーターの開発に取り組み、平成20年度より、新型メーター(新計量システム)の本格導入に向けた実証実験を開始。約95万戸にスマートメーターを導入済。
中国電力	494万個	-	平成24年度から、最大で1000台程度の規模でメーターの遠隔検針の実証実験を開始予定。
四国電力	273万個	-	平成24年度を目途に、約1000戸を対象に実証実験を開始予定。
九州電力	823万個	9万戸	平成21年度より、通信機能を持った低圧新型電子メーターを導入。約9万戸を導入済。

(備考) 1. 経済産業省「スマートメーター導入に向けた検討状況について」より日本政策投資銀行作成

2. 2011年10月時点

[産業調査部 木村 健]

- ・本資料は、著作物であり、著作権法に基づき保護されています。著作権法の定めに従い、引用する際は、必ず出所：日本政策投資銀行と明記して下さい。
- ・本資料の全文または一部を転載・複製する際は著作権者の許諾が必要ですので、当行までご連絡下さい。

お問い合わせ先 株式会社日本政策投資銀行 産業調査部

Tel: 03-3244-1840

E-mail: [report@dbj.jp](mailto:report@dbj.jp)