

第4回 次世代スマートメーター制度検討会

次世代スマートメーターに期待される便益について

2021年1月28日

 株式会社三菱総合研究所

サステナビリティ本部
経営イノベーション本部
企業DX本部
デジタル・イノベーション本部

(再掲) 電力DX推進に向けた論点

- 第2回検討会において、電力DX推進に向けた今後の論点が提示された。
- 本資料では、論点4～6について、これまでのWG資料や事業者ヒアリング結果等の弊社調査結果を整理し、ご報告する。

電力DX 推進の意義 (意味軸)

- ・レジリエンスの強化、
系統全体の需給の安定化
- ・再生可能エネルギーの大量導入、
脱炭素化
- ・システム全体の効率化、
需要家利益の向上

電力DX推進に向けた今後の論点整理 (空間軸)

1. 電力DXに向け、一般送配電事業者及び配電事業者において、今後、どのような行動が求められるか。また、その際に、スマートメーターに期待される役割は何か。
2. 電力DXに向け、発電、小売、アグリゲーター、電力広域機関、JEPX、HEMS等のエネマネ事業者において、今後、どのような行動が求められるか。また、その際に、スマートメーターに期待される役割は何か。
3. ガス・水道事業者においては、今後、電力分野との共同検針等の連携も視野に入れた仕様の統一化・標準化が期待される。この中で、電力スマートメーターは、どのような機能を有することが期待されるか。
4. 上記1.～3.により、左記「推進の意義」も踏まえ、定量的・定性的にどれだけの便益が見込まれるか。
5. これらの実現に当たり、右記「時間軸」も見据え、スマートメーターに導入可能な通信技術としてどのような選択肢があるか。また、諸外国ではどのような技術の普及が見込まれるか。
6. 費用対便益を勘案するとともに、第1世代の資産及び第3世代への移行、更には海外展開の可能性も見据え、次世代スマートメーターはどのような仕様とすべきか。

時間軸

- ・2022年 アグリ等の導入
- ・2024年 次世代スマメ導入開始
(2024年度 5Gメッシュ98%)
- ・2034年 第3世代スマメ導入

電力DX手段

- ・IT開閉器
- ・テレメータ
- ・スマートメーターデータ
 - Aルート
 - Bルート
- ・個別機器計量

論点4 次世代スマートメーターに期待される便益

- ✓ 本資料で報告する、次世代スマートメーターに期待される便益、および機能追加に必要な費用については、事業者提出資料やヒアリング調査結果より三菱総研が推計したものである。
- ✓ 具体的な仕様が定まっていない項目も多いため、便益・費用ともに仮の仕様を置いた上での推計値である。
- ✓ 今回、次世代スマートメーターの仕様案を協議するための参考情報として提示するものであり、実際に導入・運用した場合の便益・費用とは異なる可能性があることをご留意いただきたい。

次世代スマートメーターの推進の意義と貢献が期待される役割

- 本資料では、前回検討会で議論された、下記①～③の便益及び費用について推計している。

<意義>

<スマートメーターが貢献できる役割（機能）>

① レジリエンスの強化

需要家の電気のライフライン
のレジリエンス強化

Last Gasp機能の搭載

※必要に応じて、計量器・コンセントレーターへの蓄電池等搭載

需要家の電気のライフラインのレジリエ
ンス強化・需要家サービス向上

遠隔アンペア制御機能の搭載

※遠隔で計量器（低圧）の電流値上限を変更することで設定値以上の利用を制限する機能

② 再エネ大量導入・脱炭素化、系統全体の需給の安定化 （Aルート関連）

再エネ大量導入下における需要家への
電気の安定供給の確保

有効電力量、電圧、無効電力量の高粒度データの取得（Aルートの品質向上）

※有効電力量、電圧、無効電力量の5分値を7日間計量器に保存

価格シグナルへの適切な応動による
需給の安定化

※粒度5分値～30分値、頻度5分毎～30分毎、Cルート提供時間10分～60分以内での検討

（Bルート関連等）

需要家への多様なサービス提供

Bルートの品質向上、欠損対応

※Wi-Fiの搭載、Bルート向けとして有効電力量1分値を計量器に60分間保存

③ その他、需要家利益の向上

需要家サービスの向上

電力データの活用

※データフォーマットの統一・データ活用プラットフォーム構築等

ガス・水道の共同検針によるシステム
コストの低減、需要家サービス向上

スマートメーターネットワーク経由でのガス・水道メーターデータの送受信

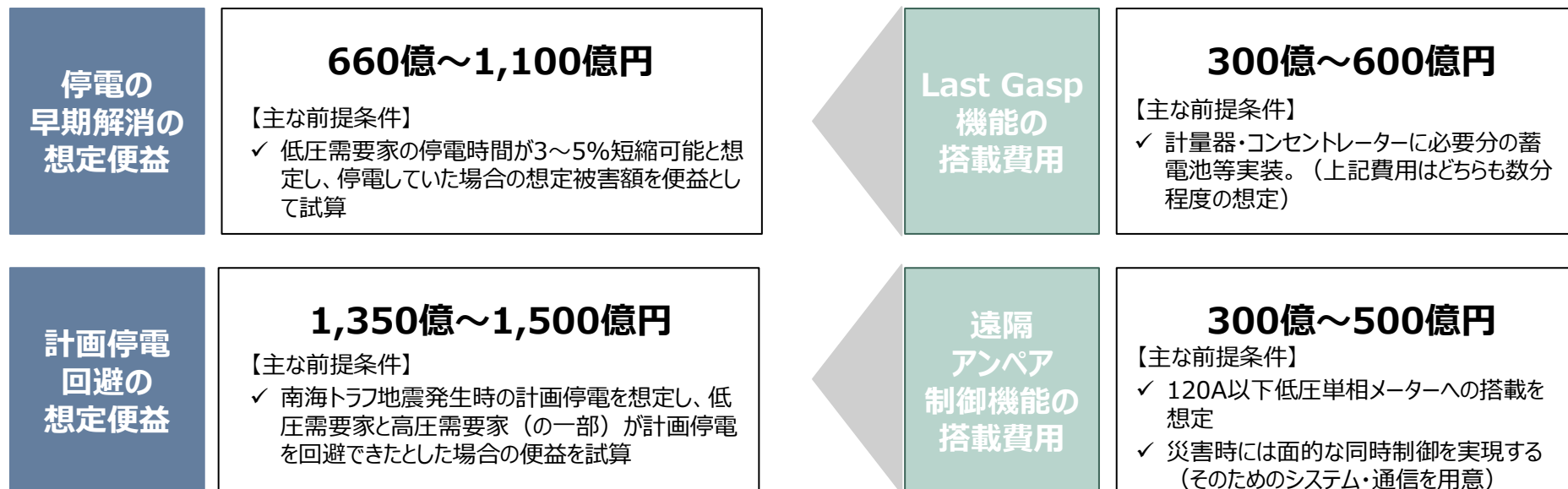
※Wi-Sun、U-BUS Air等規格への対応、仕様の統一等

①レジリエンスの強化に関する便益・費用

- 次世代スマートメーターにLast Gasp機能と遠隔アンペア制御を導入・活用することにより、停電の早期把握・解消や計画停電回避の便益が生じる。
- Last Gasp機能の活用による、停電の早期解消に関する便益（10年間）は660億～1,100億円と推計する。なお、Last Gasp機能の搭載に係る費用は300億～600億円を見込む。
- 遠隔アンペア制御機能の搭載活用による、災害時等の計画停電回避の便益（10年間）は1,350億～1,500億円と推計する。なお、遠隔アンペア制御機能の搭載に係る費用は300億～500億円を見込む。
- また、Last Gasp、遠隔アンペア制御の双方とも、定量的な便益に加え、需要家の方々に安心して電力を使用いただくといった定性的な便益も期待される。

仕様追加による便益（10年間）

導入費用



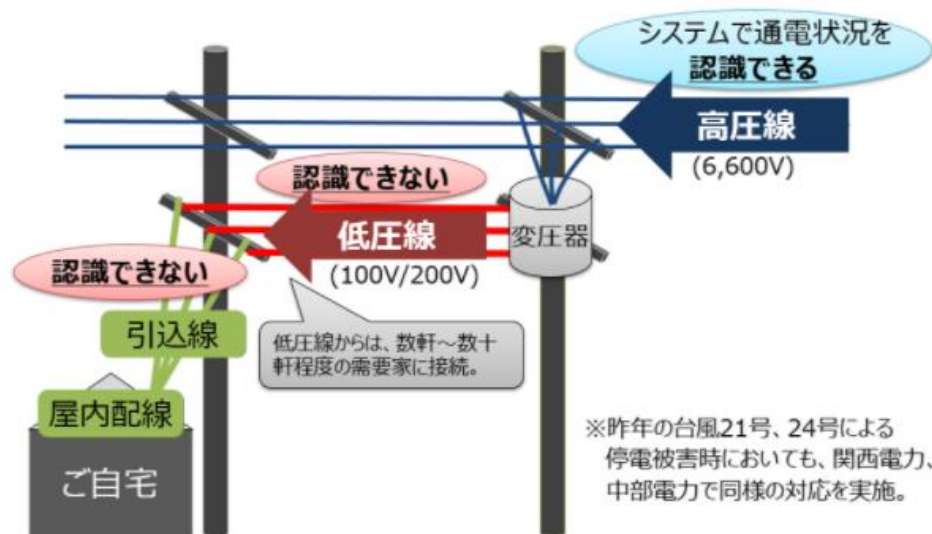
※ この他、需要家が契約電力量を変更した際の、出向作業等の合理化が期待できる。

Last Gaspに関する便益の考え方

- Last Gaspとは、停電時に計量器より自発的にアラートを送信する機能であり、システム側でアラートを受信することで停電箇所を早期に発見・対応することができる。※既存スマートメーターでも上位システムからの照会（ポーリング）により死活状況の確認は可能。
- 停電箇所の早期発見により、停電時間の短縮や、地方自治体等との復旧作業に向けた連携強化等の便益が想定される。
- 低圧需要家の需要家に対し、現状の平均停電時間の3～5%（平均1分30秒～2分30秒）停電時間を短縮できた場合の便益は、**660～1,100億円（10年間）**と試算する。

スマートメーターによる停電状況の把握

現状：上位システムからのポーリングにより、停電状況を推定
Last Gasp：計量器からの自発的アラートで停電状況を把握



停電時間短縮による便益

	低圧電力需要 (2019年度)	停電短縮分 (1分30秒)	停電影響額 単価	停電影響額 (合計)
電灯	266,652百万kWh	760,993kWh	6,822円/kWh	52億円/年
電力	35,417百万kWh	101,076kWh	13,622円/kWh	14億円/年
合計				66億円/年

	低圧電力需要 (2019年度)	停電短縮分 (2分30秒)	停電影響額 単価	停電影響額 (合計)
電灯	266,652百万kWh	1,273,395kWh	6,822円/kWh	87億円/年
電力	35,417百万kWh	169,134kWh	13,622円/kWh	23億円/年
合計				110億円/年

出所) 資源エネルギー庁 ウェブサイト

<https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/typhoon.html>
 <2021年1月15日閲覧>

※電力需要は資源エネルギー庁「電力調査統計」電力需要実績（2019年度）より
 ※停電被害額単価はOCCTO「第4回電力レジリエンスに関する小委員会」資料3の
 事前予告無し被害額のうち夏・冬の平均値から試算

(ご参考) 停電時間短縮に関する便益試算の前提

- 直近10年間（2009年度～2018年度のうち東日本大震災影響の大きい2010年度を除く）の全国平均停電時間は約50.3分。このうち毎年3分程度は作業停電が実施されるため、短縮効果があると想定される事故停電は47分程度である。
- 停電被害額については、電力中央研究所や電力系統利用協議会（ESCJ）が調査結果を発表。今回は「予告なし」の停電被害に相当するため、ESCJ調査のうち停電予告なしの場合の停電被害額を試算条件として使用している。
- 2019年度低圧電力需要のうち、電灯需要を一般家庭相当、電力需要を低圧需要家相当（ESCJ調査では中小事業所）とみなし、停電被害額を試算している。

全国の停電状況

年度	停電回数 (回/年)	停電時間 (分/年)
2009	0.15	14
2010	0.94	514
2011	0.22	79
2012	0.18	37
2013	0.16	16
2014	0.16	20
2015	0.13	21
2016	0.18	25
2017	0.14	16
2018	0.31	225

**2010年度を除く
10年間の停電時間は
平均50.3分
(作業停電を除くと
47分/年程度)**

出所)電気事業連合会「電気事業のデータベース」より三菱総研作成
https://www.fepc.or.jp/library/data/infobase/pdf/09_b.pdf
 <2020年12月7日閲覧>

停電被害額の想定 (円/kWh)

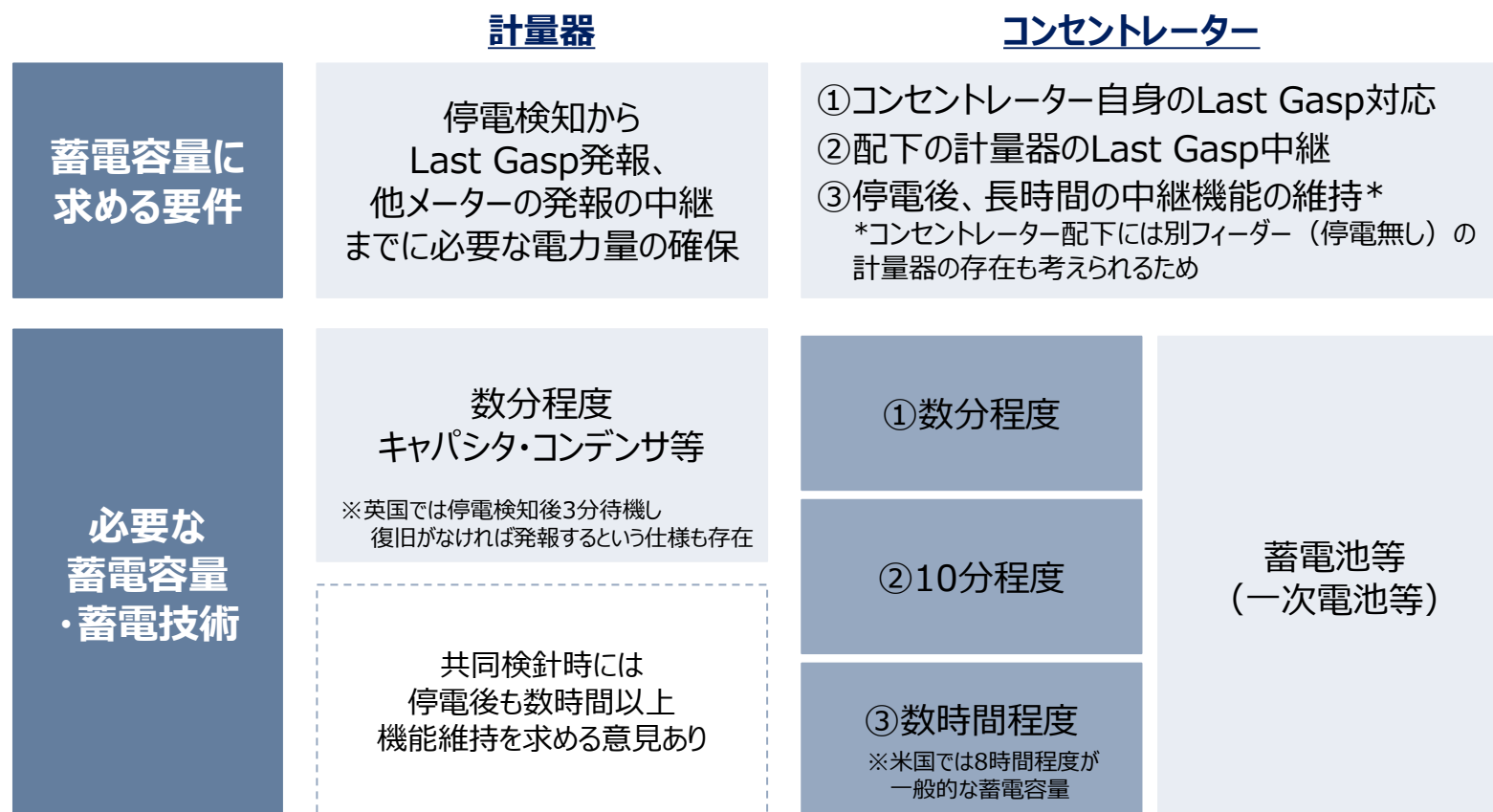
需要家種別	電中研調査	ESCJ調査 (予告あり)	ESCJ調査 (予告なし)
一般家庭	2,860円	5,158円	6,822円
低圧需要家	5,230円	1,433円	13,622円
高圧需要家	2,800円	2,199円	84,093円
特高需要家	1,600円		

出所)電中研「需要家から見た供給信頼度の重要性と停電影響－国内需要家調査および首都圏停電調査にもとづく分析－」より三菱総研作成
<https://criepi.denken.or.jp/jp/kenkikaku/report/detail/Y06005.html>
 <2020年12月7日閲覧>

出所) ESCJ調査はOCCTO「第4回電力レジリエンスに関する小委員会」資料3より抜粋
 夏・冬の平均値及び、コストに幅のあるものは最小値を記載

Last Gaspのための蓄電池容量の考え方

- Last Gaspは計量器が停電を検知した後に発報する仕組みのため、停電後にアラート発報するだけの蓄電機能が必要である。
- また、無線マルチホップ方式の場合は計量器だけではなく、コンセントレーターにも蓄電機能が必要となる。
- それぞれに求める蓄電容量/蓄電技術は達成されるべきサービスレベルによって異なるが、一般的には蓄電容量が増えると費用も高額となるため、費用対効果を考えた設計が必要となる。



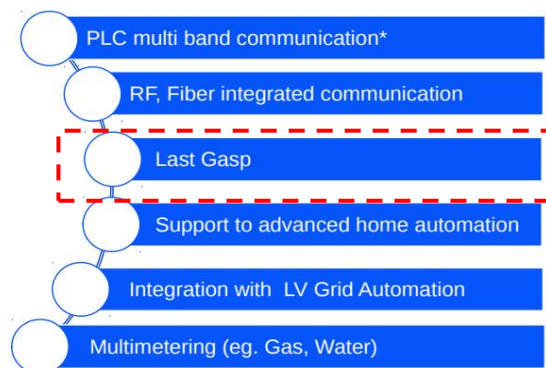
*1N方式の場合は、通信キャリア基地局が数時間～48時間程度の蓄電機能を具備している想定。

(ご参考) 海外でのLast Gasp採用状況

- 英国・イタリア等の欧州各国や米国各地で配電事業者のスマートメーターには、Last Gasp機能が実装されている。
- メーターには数分程度のキャパシタ・コンデンサ等を実装することが一般的である。
- 米国の配電事業者では、コンセントレーターに7～8時間程度の蓄電池を実装する場合があることがわかった。コンセントレーターと接続するスマートメーターのフィーダーが異なる場合、コンセントレーターのみ停電するケースが考えられるため、そのような場合にも停電復旧までスマートメーターへの中継機能を維持させることが、長時間停電補償を実現する目的である。

Last Gasp機能の実装例と、各国における採用状況

イタリア (Enel) の第二世代スマートメーター



出所) Enel「Enel international experience in smart grid cluster and possible solutions for Russian market」(http://digitalsubstation.com/wp-content/uploads/2017/12/007_20171129_Enel_MRSK_StPet.pdf)
<2021年1月27日閲覧>

国/地域名	Last Gaspを採用する主な配電事業者
英国	UKPN等
オランダ	Alliander、Stedin等
イタリア	Enel
米国イリノイ州	Com Ed等
米国カリフォルニア州	PG&E、SCE等

- UKPN（英国）のメーターは、停電後3分以内に復旧が無ければLast Gaspを送信する仕様となっている。
- その他の国でもスーパーキャパシタが搭載され、25℃の環境下で数分程度の放電時間が保持されるのが一般的である。
- 米国の場合、コンセントレーターが停電した場合にも中継機能を維持するために、コンセントレーターには7～8時間程度の蓄電池等を搭載する傾向がある。

遠隔アンペア制御に関する便益の考え方

- 東日本大震災では、東京電力パワーグリッド管内で、特別高圧・高圧需要家の節電依頼のみでは需給ギャップが解消できず、のべ32回（1回あたり3時間程度）の計画停電が実施された。
- 120A以下の低圧単相メーターに遠隔アンペア制御機能が搭載されることで、節電が促進され計画停電を回避することが期待される。本試算では、南海トラフ地震被害を想定し、低圧需要家および高圧需要家の一部が計画停電を回避できた場合の停電回避効果を便益として試算しており、その便益は1,350～1,500億円（10年間）と試算する。

大震災時の需給ギャップ（想定）

南海トラフ地震では東日本大震災の2.9倍の需給ギャップが想定されていることから停電量も2.9倍と想定

	需給ギャップ量（万kW）	
	東日本大震災 （発生3日後の予測値）	南海トラフ地震 （発生2日後の予測値）
合計	1000万kW	2923万kW
計画停電実績・想定		
	東日本大震災	南海トラフ地震
延べ実施回数	3時間×32回 （1回当たり約500万kW 相当エリアについて実施）	約2.9倍と想定
実施日数	10日間	10日間（想定）
停電量 （推計）	同一時間帯の最大停電 容量：1,000万kW 総停電（節電）量： 47,400万kW	約2.9倍と想定 （1,385.5百万kW）

出所）東京電力「震災後の電力復旧の状況と今後の見通し」https://www.hashimoto-lab.iis.u-tokyo.ac.jp/selcas/html/event/20120210/20120210_02.pdf
 出所）関西大学「南海トラフ巨大地震における中・長期的な電力需給ギャップ推計方法の一試案」https://www.kansai-u.ac.jp/Fc_ss/common/pdf/bulletin004_15.pdf
 <いずれも2021年1月15日閲覧>

計画停電回避による便益

低圧需要家は全数が計画停電回避の便益を計上
 高圧需要家は、非発を所有しない約63%*の便益を計上

想定停電量 左表の電量想定を2019年度実績の比率で、低圧電灯・低圧電力・高圧に分配		停電影響額単価 ESCJ調査のうち 事前予告ありの被害額	停電影響額 （合計）
低圧電灯	443百万kWh	5,158円/kWh	2兆2,854億円
低圧電力	59百万kWh	1,433円/kWh	843億円
高圧	316百万kWh ※	2,199円/kWh	1兆1,028億円
特高	（382百万kWh）	—	—
合計			3兆4,762億円

南海トラフ地震は今後30年の間に発生する確率が70～80%とされているため
 10年間の便益は、3兆4,762億円×（70～80%）×1/3=8,111億～9,270億円。
 更に需要家には使用電力量を1/6程度（例：60A→10A）に抑制する不便を許容
 いただくことから、便益も1/6が妥当と考え、1,350億～1,500億円程度と考える。

注：実際には低圧需要家の節電による計画停電回避量等の詳細試算結果により計画停電回避の要否が決定されるため、便益については上記のとおりとならない可能性があることに留意

(ご参考) 東日本大震災における計画停電の実績

- 東日本震災後、東京電力管内では約500万kW単位で分けたグループ毎に3時間単位での計画停電を実施。
- 3月14日～28日まで、延べ10日、32コマ（3時間×32回）実施した。（3月28日実施分のみ、500万kWを更に5グループに分割し、そのうちの3グループ（300万kW相当）のみ計画停電を実施）

2.2 計画停電の実施状況

[1/2]

- 節電や大口工場等の電力使用抑制だけでは需給ギャップを解消し切れず
⇒ **広域停電を回避**するために「計画停電」をやむなく実施（3/14～3/28 平日10日間）

計画停電の対象	● 約500万kW単位で分けた5グループを、さらに5つのサブグループに細分化 ● 超高圧変電所または一次変電所の単位で停電を実施（必ずしもグループ全体が同時に停電するとは限らない） ● 変電所ごとに手で遮断器を開閉
停電時間	● 3時間単位で6:20～22:00の間の7つの時間帯に割り振り ● 需給状況等を勘案し、時間帯ごとに実施を決定
事前予告	● 週間予定：一週間前に発表（グループを特定） ● 翌日予定：前日夕刻を目途に翌日の停電予定を発表 ● 当日予定：各時間帯の2時間前までに実施有無を発表

✓ 計画停電の周知：会見や当社HPにて周知。



2.2 計画停電の実施状況

[2/2]

計画停電の実施状況

- 3月で延べ10日、約7,000万軒のお客さまに停電を実施。
- 計画停電の実施日は3/14, 15, 16, 17, 18, 22, 23, 24, 25, 28のいずれも平日。
- 停電する各グループ（1G～5G）の停電実施回数は、5回～7回。
- 3/17については、一部のグループのお客さまに対し1日2回（合計6時間）の停電を実施。
- 3/26以降は、5グループ内を更に5つのグループに細分化し運用。

時間帯別、グループ別停電実施状況概要

計画停電実績	3/10	3/11	3/12	3/13	3/14	3/15	3/16	3/17	3/18	3/19	3/20	3/21	3/22	3/23	3/24	3/25	3/26	3/27	3/28	3/29	3/30	3/31
6:20-9:20						③	④	⑤	①													
9:20-12:20						④	⑤	①	②				①						2ABC			
12:20-15:20						⑤	①	②	③				②									
15:20-18:20					⑤	①	②	③	④				③	④								
18:20-21:20						②	③	④	⑤				④	⑤	①	②						
13:50-16:50								⑤														
16:50-19:50								①														

出所) 東京電力「震災後の電力復旧の状況と今後の見通し」

https://www.hashimoto-lab.iis.u-tokyo.ac.jp/selcas/html/event/20120210/20120210_02.pdf
 <2021年1月15日閲覧>

②再エネ大量導入・脱炭素化、系統全体の需給安定化に関する便益・費用(1)

- 次世代スマートメーターでは、有効電力量・電圧・無効電力量の高粒度データ（5分値の）の取得、データの送信容量の増強などのAルートの品質向上を想定している。取得した5分値データの活用により、再エネ大量導入・脱炭素化、系統全体の需給安定化に資する便益（10年間）は、「電力損失の削減」の効果として135億～270億円、「電圧の適正運用」の効果として330億～540億円、「再エネ導入量拡大によるCO2排出削減」の効果として785～910億円、合計1,250億～1,720億円の便益と想定する。
- 本資料では、全需要家の10%のデータ（変圧器に1台程度の想定）を送る前提で試算をしたが、データの送信量によって、便益や費用は変動すると考えられる。

仕様追加による便益（10年間）

電力損失削減 の想定便益	135億～270億円 【主な前提条件】 ✓ 5分値の活用により、現状の配電系統損失（約5%と想定）を約0.5～1.0%削減できたと想定し便益を試算
電圧等適正運用 の想定便益	330億～540億円 【主な前提条件】 ✓ PV導入等により上昇傾向の配電電圧を適正化（平均約0.5V程度）できたとして便益を試算（電圧制御機器等への投資費用を除いている）
CO2排出量 削減の 想定便益	785億～910億円 【主な前提条件】 ✓ 電圧等適正運用により、約2GWの太陽光発電の接続拡大が可能と想定 ✓ 電力損失削減・電圧等適正運用による省エネ効果と合わせ、同量の石炭火力発電の焚き減らしが可能と考え、そのCO2排出量削減効果を試算

電圧・無効
電力値・高
粒度データ
の取得/
Aルートの品
質向上
の費用

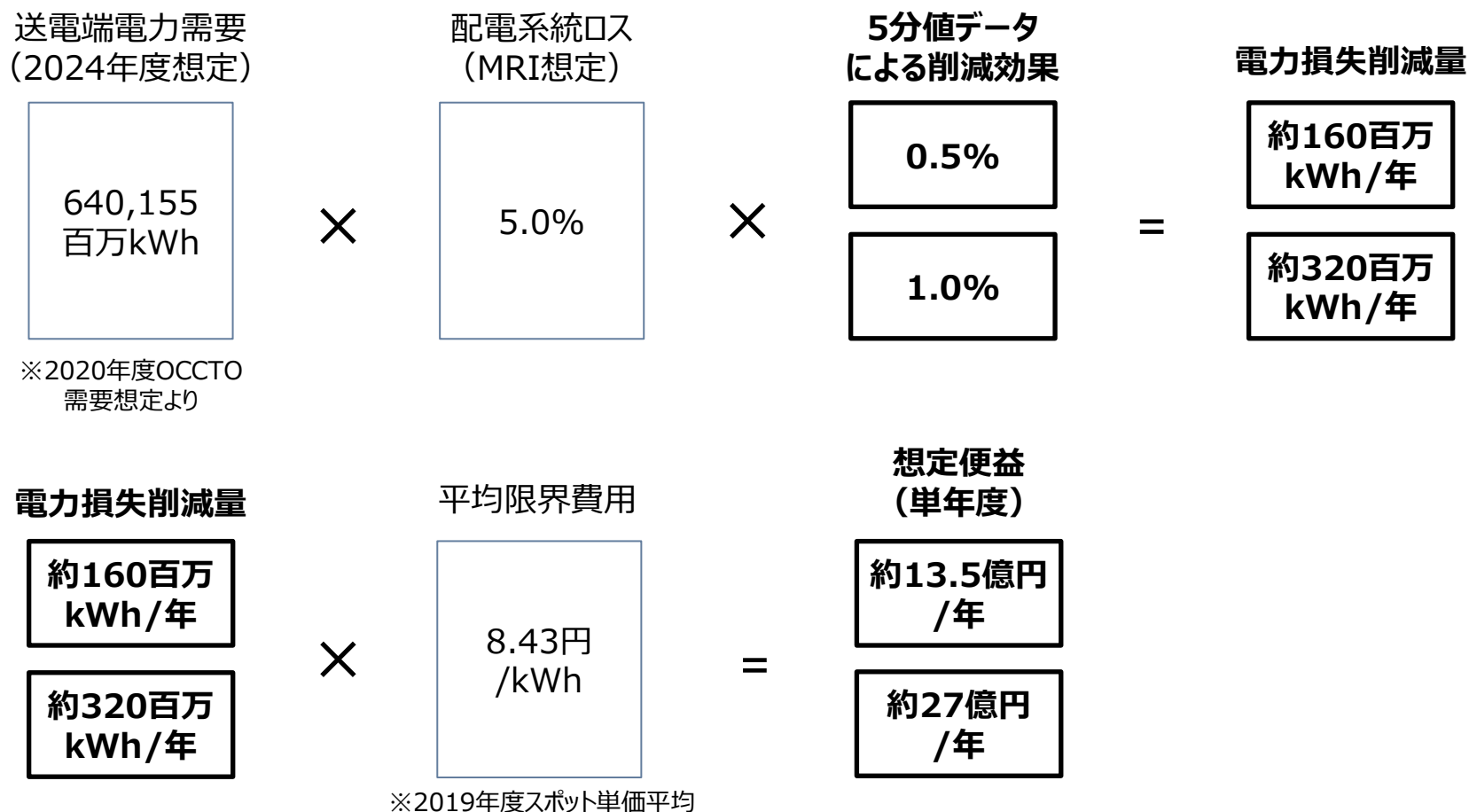
導入費用

有効電力量・電圧・無効電 力量の高粒度データの取得 250～500億円 【主な前提条件】 ✓ 有効電力量・電圧・無効電力量の5分値を計量し、7日間保存
Aルートの品質向上 （送信データ量の増加） 40億～60億円 【主な前提条件】 ✓ 上記5分値の10%程度をAルート送信に影響のない形で収集しMDMSへ保存 ✓ 欠損値の再取得やMDMS保存時のデータ加工等は実施しない前提

電力損失改善に関する便益の考え方

- 第1回スマートメーター仕様検討WGでは、系統運用データの分析/最適設計により、電力損失量を2～5%程度削減した実証結果が報告された。スマートメーターの5分値データ等を利用することで、更なる削減の可能性についても言及されている。
- 2018年度の一般送配電事業者の平均電力損失率は7.5%程度*、今回対象となる高圧以下の配電系統ロス率は約5%と想定される。5分値データを組み合わせた分析により、電力損失量を0.5～1.0%削減可能と想定し、便益を試算している。

*電力・ガス取引監視等委員会「第44回制度設計専門会合」資料9より三菱総研試算

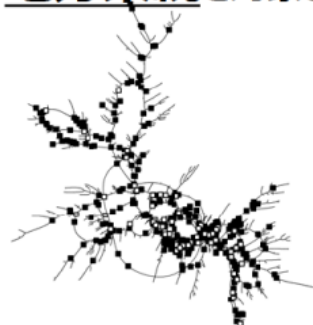


(ご参考) 早稲田大学/東京電力パワーグリッドによる実証結果

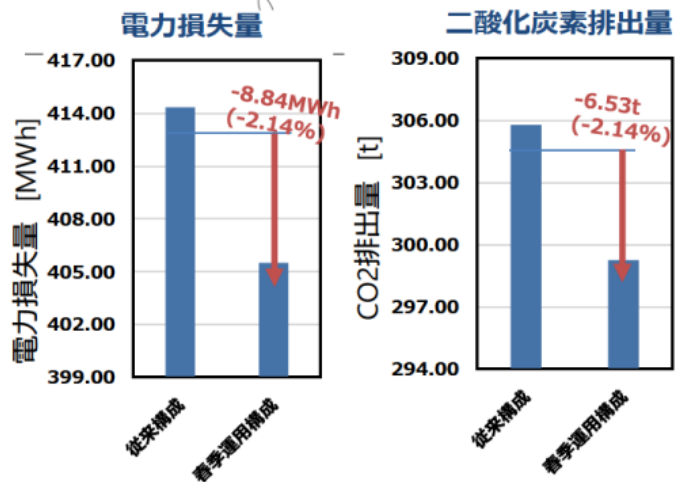
- データ分析/運用最適化により、地方系統：2.14%、都市系統：5.04%の電力損失削減効果を確認。

実配電系統における損失削減効果の検証

地方系統を対象とした実証



- 3 banks / 15 feeders
- 線路総延長: 194 km
- 150 GWh/year
- 開閉器数: 113個
- 系統構成候補数:
 $2^{113} \approx 10^{34}$ 個

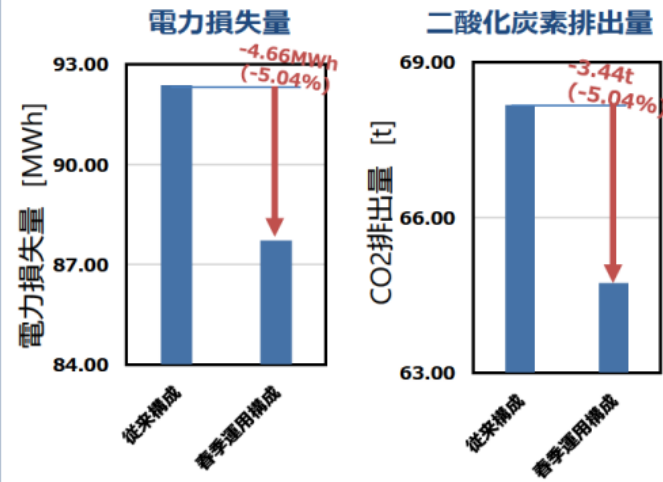


従来構成から春季最適構成への切替開閉器個数: 14個

都市系統を対象とした実証



- 3 banks / 16 feeders
- 線路総延長: 66.8 km
- 132 GWh/year
- 開閉器数: 192個
- 系統構成候補数:
 $2^{192} \approx 10^{58}$ 個



従来構成から春季最適構成への切替開閉器個数: 26個

※ スマートメーターの30分値やより粒度の細かい電力データを活用すればさらに損失低減の可能性が期待されるが、開閉器接点の寿命から現行設備では季節ごとの切替が頻度の上限

電圧等適正運用に関する便益の考え方

- 住宅用太陽光発電の普及により、上昇傾向にある配電電圧を適正化（可能な限り101V以下での運用）することによる、省エネ効果を便益と考える。便益の1/2をSVR（配電用自動電圧調整器）等への投資と考え、試算結果から控除する。
- 米国の事例の場合、電圧を3%低減することで約2.9%の省エネ効果があるとされている。今回、平均して0.5V（約0.5%）の電圧低減効果があると考え、0.29～0.48%の省エネ効果があるものとし、便益を試算している。

低圧電灯需要 (2019年度実績) 266,652 百万kWh	×	電圧等適正運用に よる省エネ効果 0.29% 0.48%	×	平均限界費用 8.43円 /kWh	=	電圧等適正運用 による便益 (設備投資込み) 約65億円 /年 約108億円 /年
※2019年度スポット単価平均						

電圧等適正運用 による便益 (設備投資込み) 約65億円 /年 約108億円 /年	×	設備費の控除 50%	=	想定便益 (単年度) 約33億円 /年 約54億円 /年
※SVR・LTVR等の電圧制御設備を想定				

(ご参考) 米国実証プロジェクトにおける電圧等適正運用の効果

- 米国エネルギー省（DOE）によると、AEP社の事例ではCVR（電圧等適正運用）の実証試験において、電圧を125Vから120Vへ3～5%程度低減させた際、省エネ効果としては電力量としては約2.9%となっている。
- また、ピーク需要の削減効果としても2～3%程度の削減効果があるという結果が報告されている。本資料上の便益試算では考慮していないが、国内の配電系統においても、ピーク削減による便益はあると考えられる。
- 日本は米国と比較し、インバーター搭載家電の比率が高いと想定されるため、省エネ効果は少し低くなる可能性がある。

米国における電圧適正運用の実証結果

Reduction	Utility	Voltage reduction	Energy reduction
Energy	AEP	*3-5%	2.90%
	Battelle	**3-4%	2.50%
	KOP&L	2.05%	1.63%
Reduction	Utility	Voltage reduction	Power reduction
Peak Demand	AEP	*3-4%	2-3%
	Battelle	**3%	**1.8%
	KOP&L	1.64%	1.13%

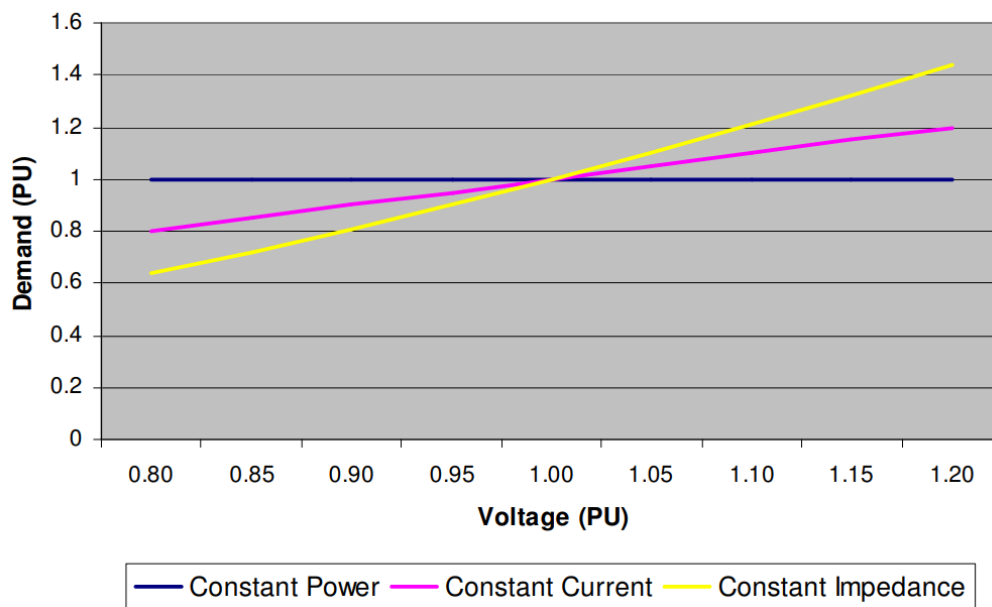
出所) DOE「Voltage and Power Optimization Saves Energy and Reduces Peak Power」
 (https://www.energy.gov/sites/prod/files/2017/01/f34/Voltage-Power-Optimization-Saves-Energy-Reduces-Peak-Power.pdf)
 <2021年1月15日閲覧>

(ご参考) 電圧等適正運用による省エネ化仕組み

- CVRによって電圧が下がると、電気温水器、オーブン、白熱球、蛍光灯のような負荷の電力量が下がるため、トータルの電力量は小さくなる（インバータを搭載した家電や電子機器、エアコン等の消費電力量は変わらない）。

負荷の特性に応じた電力量（P）の変化

Classification of Loads:
Relationship Between Demand and Voltage



出所：Power System Engineering, Inc, " Volt/VAR Control & CVR", 2013, 閲覧日：2021年1月21日

$$P=VI=V^2 / Z$$

定電力負荷

電圧（V）が小さくなれば、電流（I）が大きくなり、電力量は変わらない（グラフの青線）

インバータエアコン、電子機器全般、分散型電源

定インピーダンス負荷

電圧（V）が小さくなってもインピーダンスは一定であり、電力量は小さくなる。（グラフの黄色線）

電気温水器、オーブン、白熱球、ハロゲン球

定電流負荷

電圧（V）が小さくなっても、電流は一定であり、電力量は小さくなる。（グラフのピンク線）

溶接機、蛍光灯、水銀灯

トータルの
電力量は
小さくなる

(ご参考) 太陽光発電普及に伴う配電系統への影響

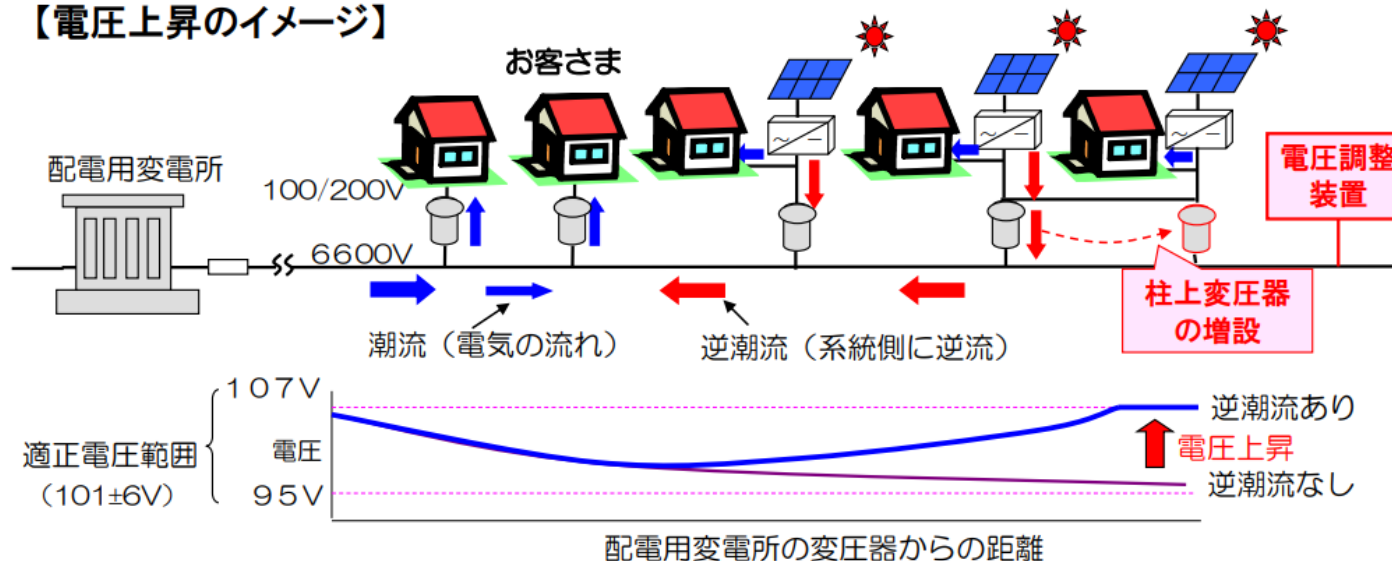
- 住宅用太陽光発電等からの逆潮流が増加することで、配電系統の電圧が上昇することが懸念されている。

課題③ 系統電圧面の課題と対応策

10

- ご家庭などの太陽光発電の拡大に伴い、系統側への電気の流入(=逆潮流)が増加した場合には配電系統の電圧が上昇。
- 一般的に、太陽光発電システムでは、系統の電圧が適正範囲を超えると発電を停止。
- 発電を停止することなく、電圧上昇を抑制するため、電圧調整装置の設置や柱上変圧器の増設等の対策を実施。

【電圧上昇のイメージ】



CO2排出量削減に関する便益試算の考え方

- 電力損失削減・電圧等適正運用により、それぞれ省エネが実現されるため、合計717百万～1,300百万kWh/年の石炭火力発電稼働を削減することが可能であり、CO2排出量削減に寄与すると考える。
- また、配電電圧を適正に運用することで、太陽光発電の接続量が10%程度増加（約200万kWの増加と想定）し、その発電量（約2,000百万kWh/年）についても同様に火力発電の稼働削減効果があると考え。

電力損失削減
による省エネ量

約160百万
kWh/年

約320百万
kWh/年

+

電圧等適正運用に
よる省エネ効果

約387百万
kWh/年

約640百万
kWh/年

+

電圧適正運用
による再エネ増加

約2,000百万
kWh/年

=

火力発電の
稼働削減効果

約2,547百万
kWh/年

約2,960百万
kWh/年

※JPEA「公共・産業用太陽光発電システム手引書」を参考に三菱総研試算

火力発電の
稼働削減効果

約2,547百万
kWh/年

約2,960百万
kWh/年

×

CO2排出係数
(石炭火力相当)

0.7kg-CO2
/kWh

×

CO2の
社会的費用

4,400円
/t-CO2

=

想定便益
(単年度)

約78.5億円
/年

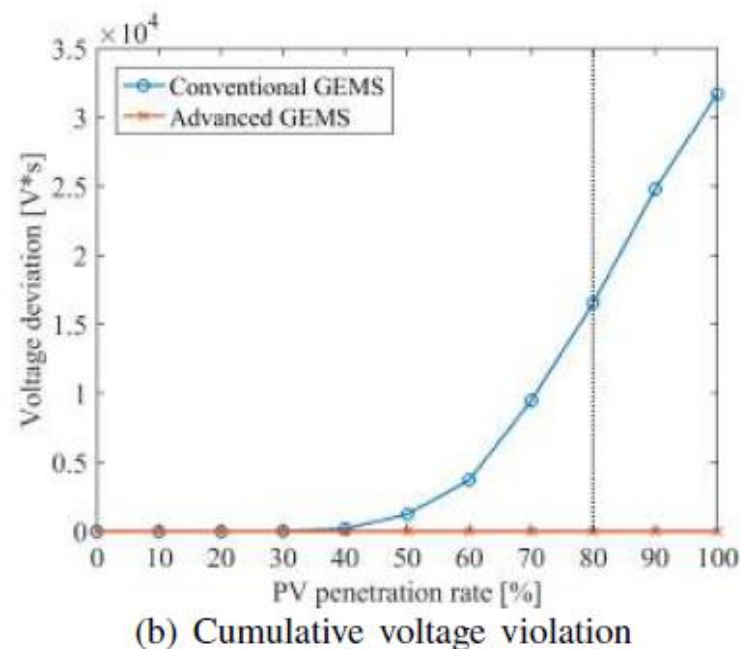
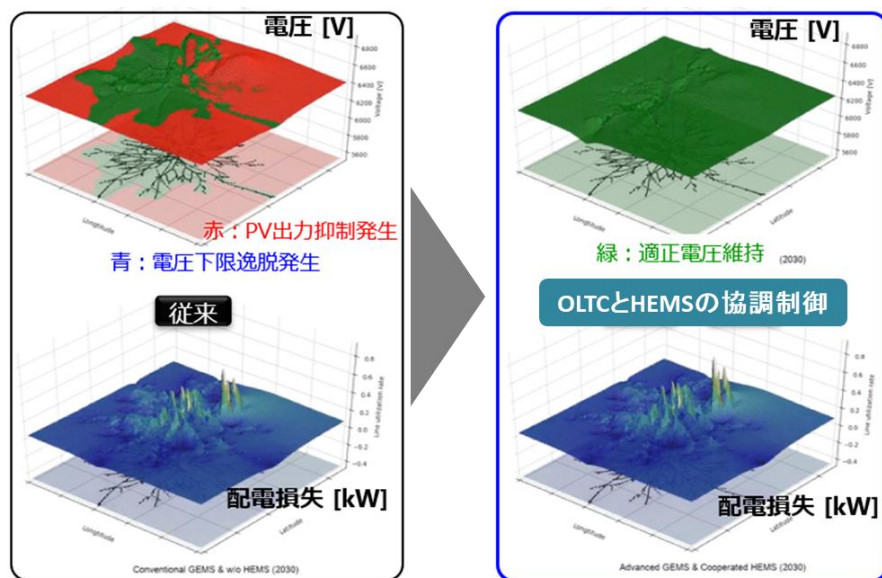
約91億円
/年

日本全体の排出量の
約0.2%に相当

電圧等適正運用による再エネ接続可能量の増加

- 電中研の調査では、ピーク需要に対するPVの割合が40%（約62GW）を超えるとOLTC（On Load Tap Changer）のタップ制御だけでは、顕著に電圧逸脱の割合が悪化することが報告されている。
- 早稲田大学林教授等の研究では、HEMSの2.5分値を分析し最適制御することで、ピーク需要に対しPV100%となっても電圧逸脱がないことが確認された。スマートメーターの5分値を活用することでも60%程度までは制御可能と考えられる。
- 2030年長期需給見通しでのPV導入目標は64GWとされている。従来の制御方式での上限である62GWを超過する2GW相当を、次世代スマートメーターが導入されることで接続可能となる再エネ電源容量と考え、便益を試算している。

林他、Proceedings of IEEE, Vol. 106, No. 4, pp594 (2018)



(ご参考) CO₂の社会的費用の考え方

- CO₂等の温室効果ガスが排出されることで、気候変動等、社会への負の影響が排出以降長期間にわたり被害を受け続ける。
- このようなCO₂排出によって発生する社会的費用は、SCC ; Social Cost of Carbon Dioxideと呼ばれており、世界各国にてその費用が試算されている。
- 本調査の中では、ノーベル経済学賞（2018）の受賞者である、ウィリアム・ノードハウスの論文に基づき、44USD/t-CO₂をCO₂の社会的費用と設定し、便益を試算している。（1USD=100円で試算）

割引率\排出年	2020 年	2025 年	2030 年	2050 年
2.5%	140.0	152.0	164.6	235.7
ベースライン	37.3	44.0	51.6	102.5
5%	22.6	25.7	29.1	49.2

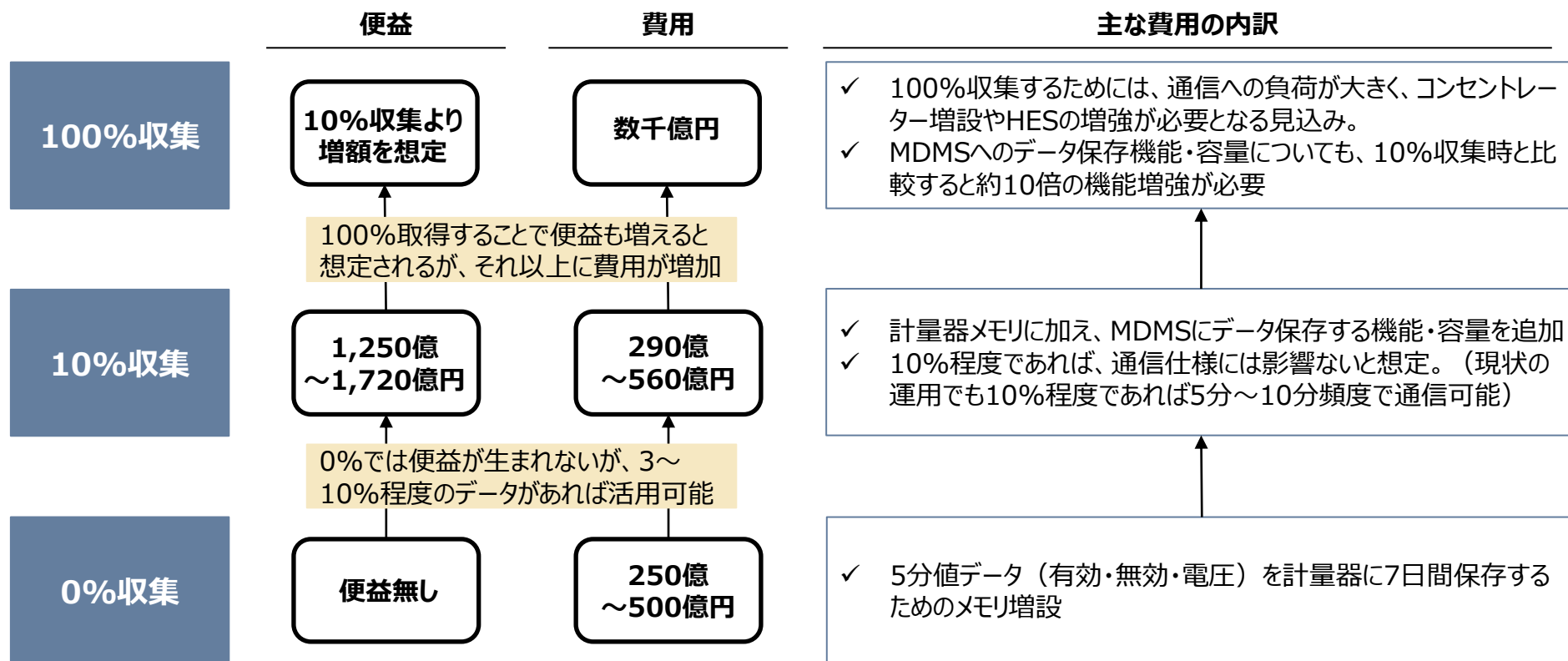
出所) Nordhaus (2017) PNAS. 単位は国際ドル/tCO₂

表1 CO₂の社会的費用の計算例

出所) 国立環境研究所 ウェブサイト
<https://www.nies.go.jp/kanko/news/38/38-3/38-3-04.html>
 <2021年1月15日閲覧>

5分値データの取得割合と費用の関係性

- 前提条件として、5分値データは計量器に7日間保存されているが、このデータを分析・活用するには保存期間中にMDMSまで収集することが求められる。この際に全数のデータを収集しようとする、通信や上位システムに負荷がかかり、追加費用がかかる想定される。
- 本検討では、一般送配電事業者へのヒアリングから10%程度であれば、現状のスマートメーターシステムでも対応可能と考え、設定している。また、データ活用の観点からも、3～10%程度の計量器についてデータがあれば有効な分析が可能とされている。
- そのため、まずは10%程度のデータ収集ができることを基本条件とし、その前提条件下での試算を行った。より多くのデータが必要と考える場合は、追加費用と追加便益を再試算することが必要。



②再エネ大量導入・脱炭素化、系統全体の需給安定化に関する便益・費用(2)

- (1)での検討に加え、全体の10%程度の電圧（5分値）を5分頻度や10分頻度等、リアルタイムに近い頻度で確認ができれば、短期間の電圧の上昇への対応など更にきめ細かい電圧適正運用が可能と考える。
- この場合の「電圧適正運用」の便益（10年間）は、330億～540億円、更に「電圧等適正運用」の効果が高まったことで「CO2排出削減」（387百万～640百万kWh分）の便益も120億～200億円上積みされると推計する。
- 本検討は、一般送配電事業者等へのヒアリングから、3～10%程度の計量器からデータが得られれば有効な分析が可能であり、取得対象が10%程度であれば、現状のスマートメーターシステムの延長線上にでも対応可能との考えに基づき設定している。
- 一方で、短期間での電圧制御を実現するには、SVRやLTVR等の設備増設に加え、一般送配電事業者側の運用体制の確立、制御設備とのデータ連携・通信システムの確立など、スマートメーターシステムの他にも考慮すべき事項は多い。

仕様追加による便益（10年間）

電圧等適正制御による
想定便益
※リアルタイム

330億～540億円

【主な前提条件】

- ✓ リアルタイムに近い電圧制御を導入することで、(1)で試算した効果に対し更に平均0.5V程度の電圧適正化効果があったと想定し、便益を試算（その他考え方は(1)同様）

CO2削減による
想定便益
※リアルタイム

120億～200億円

【主な前提条件】

- ✓ 電圧等適正制御のリアルタイム化によって創出される追加の省エネ効果（約640百万kWh）相当の石炭火力発電の焚き減らしが可能と考え、CO2排出削減効果を試算

Aルートの品質向上
の費用

導入費用

**Aルートの品質向上
（リアルタイム化）**

**(1)の導入費用内で
実現可能と想定**

【主な前提条件】

- ✓ 電圧5分値のうち数%程度を5分～10分頻度で収集し、電圧制御に活用
- ✓ Aルート通信インフラに増強が必要な場合は別途費用が発生する。
- ✓ その他、本取組の実現には、電圧制御設備の追加やデータ連携システムの確立、運用体制の準備など、更なる検証が必要

電圧等適正運用（リアルタイム）の実現方法

- 一部計量器の電圧値を高頻度（例えば数%の台数を5分～10頻度等）ができれば、リアルタイムに近いタイミングで電圧上昇を把握し制御することが可能であり、電圧適正運用の便益を上積み（更に平均0.5V程度と想定）することが可能と考える。
- ただし、低圧自動電圧調整器（LTVR）の導入や、LTVRの運用（LTVRの設定変更には物理的な回数制約あり）、制御用のシステム・通信の確保など、実際にリアルタイムに近い電圧運用を実現するには、更に検証が必要である。

データ分析 に基づく 電圧適正運用

- ✓ 全体の10%程度の電圧（5分値）を取得し、データ分析により改善対象を特定。
- ✓ 以下の手段より適正運用を実現
 - ① 配電変電所の送り出し電圧の設定変更
 - ② 柱上変圧器の設定変更
 - ③ 配電線の太線化
 - ④ SVR・LTVR等の導入による制御

リアルタイムの 電圧適正運用

- ✓ データ分析で特定した電圧逸脱が懸念される配電線において複数の計量器の電圧（5分値）をリアルタイム監視。
- ✓ 101Vを上回る懸念がある場合は、LTVRの制御等により、降圧制御を実施
※実施には自動化等のシステム構築が必要と考えられる。

低圧自動電圧調整器

- ✓ 低圧系統に設置し、二次電圧を規定範囲電圧に自動で調整
- ✓ 分散電源などによる逆潮流時の降圧動作も可能



出所) 東光高岳ウェブサイトより
<https://www.ttkk.co.jp/product/distribution/transformer-02/>
<2021年1月21日閲覧>

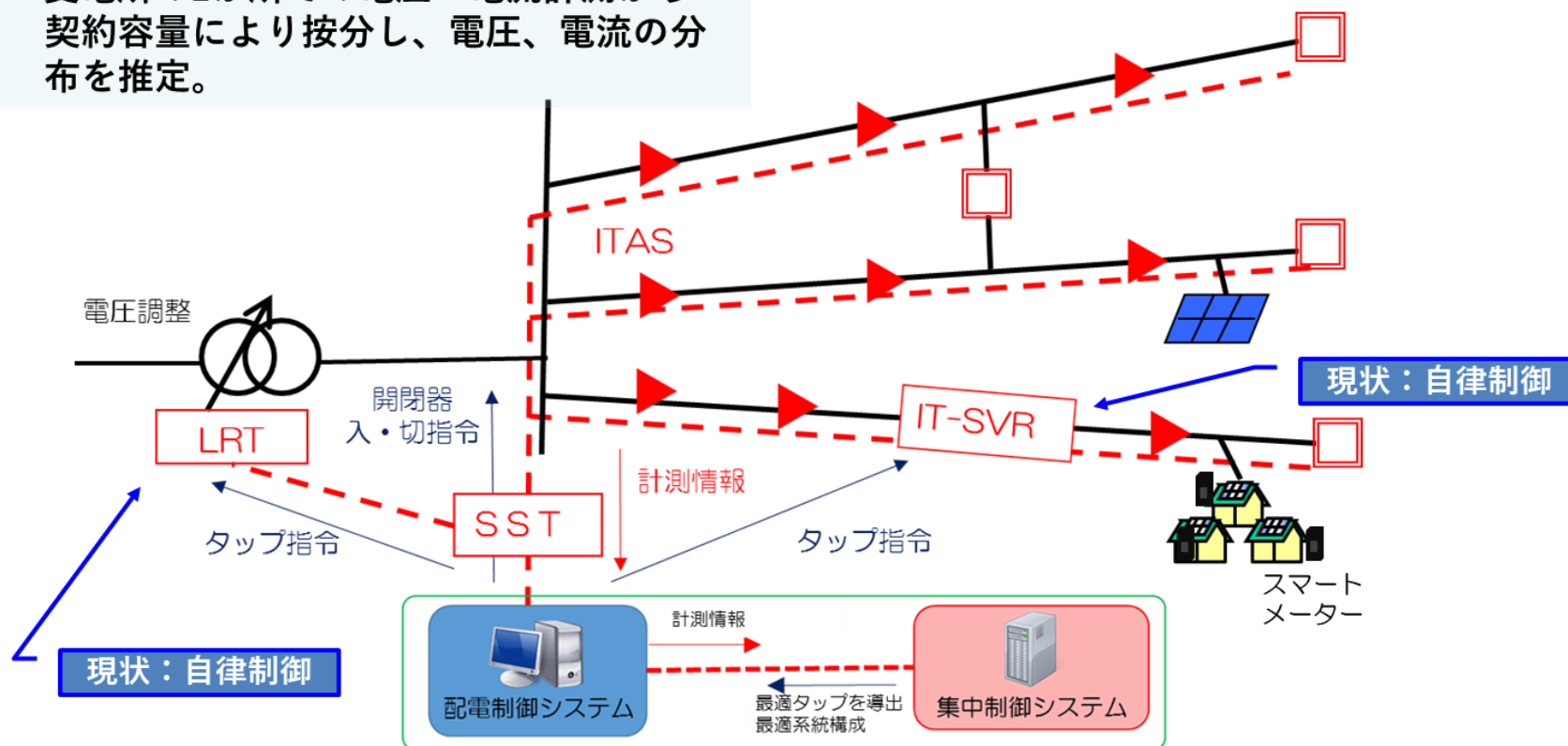
（ご参考）電圧等管理の高度化

現状(As-Is)

- 下記の目的で配電自動化を展開
 - ・時限式事故捜査による事故区間の局限化
 - ・自動開閉器の遠隔制御による現地作業の効率化
- 課題
 - ・変電所の1か所での電圧・電流計測から契約容量により按分し、電圧、電流の分布を推定。

将来(To-Be)

配電線全体に設置したセンサ開閉器やスマートメータ等の計測情報をもとに、制御機器（LRTやSVR）を中央のシステムから遠隔制御し、系統全体の効率運用を図る。
（電圧集中制御、ロスミニ、断線検出など）



②再エネ大量導入・脱炭素化、系統全体の需給安定化に関する便益・費用(3)

- Aルート品質を向上し、仮に有効電力量の15分値を、15分頻度でデータ送信し、小売事業者等が30分以内に取得できるようにすることで、発電・小売事業者等が、価格シグナルへの適切な応動が可能となり、インバランスの回避行動が促されると想定する。この場合の便益（10年間）は、320億～660億円の便益が見込まれている。
- この取組を実現するためには、Aルートの仕様を、15分値・15分頻度・30分以内にCルート通知とする必要がある。本仕様については、これまでの次世代スマートメーター制度検討会にて電気事業連合より概算費用が報告されており、現状の30分値・30分頻度・60分以内にCルート通知の仕様と比較すると、追加で約6,000億円（10年間の運用費用を含む）の費用が必要とされている。

仕様追加による便益（10年間）

インバランス
発生回避
による
想定便益

320億～660億円

【主な前提条件】

- ✓ Cルートによるデータ通知が早くなることで、価格スパイクが発生した際に、従来より1～2コマ程度早くインバランス回避行動がとれると想定。
- ✓ 価格スパイクが発生するタイミングを広域的予備力が8%を切るコマ（2018年度実績80コマ）と想定し、小売事業者が1～2コマ程度（合計27コマ程度）早いインバランス回避行動が可能と考え、便益を試算。

Aルート品質向上
の費用

導入費用

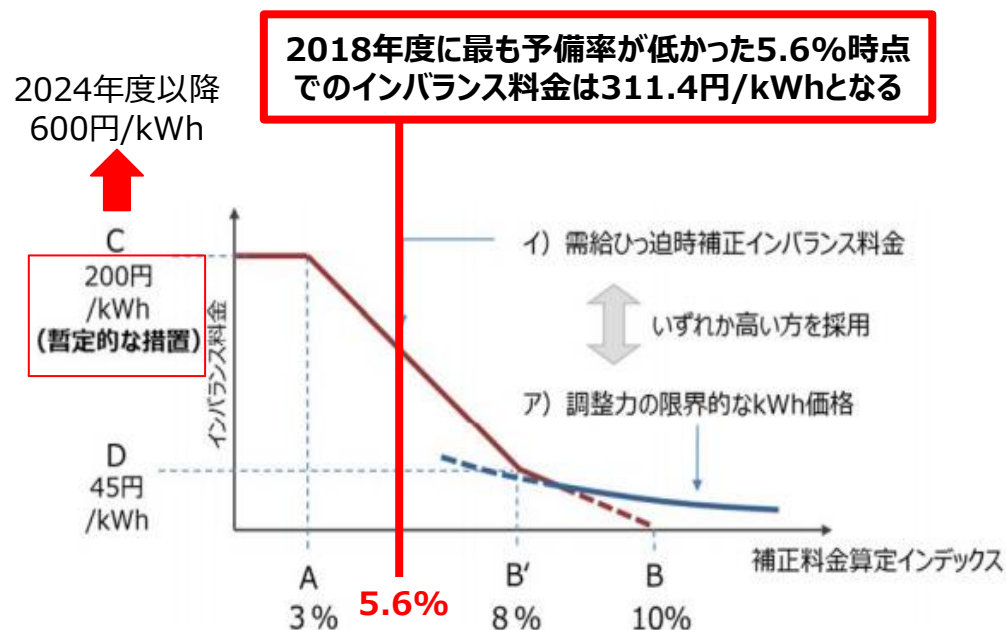
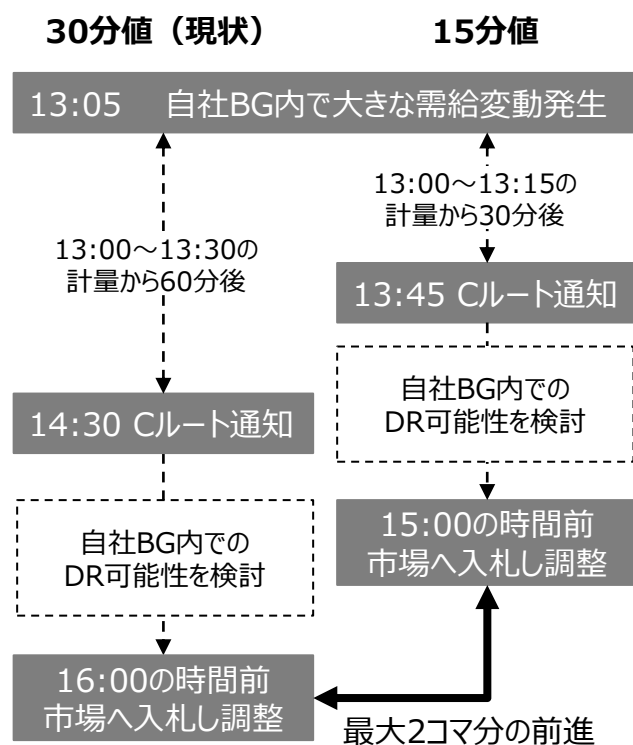
Aルート品質向上
（送信データの増加・高速化）
約6,000億円

【主な前提条件】

- ✓ 有効電力量15分値を15分頻度でMDMSへ送信、託送システムを通じてCルートとして30分以内に小売事業者等で通知される。
- ✓ 小売事業者等のデータ受領システムの改版費用等は上記に含まれない。

インバランス発生回避に関する便益の考え方①

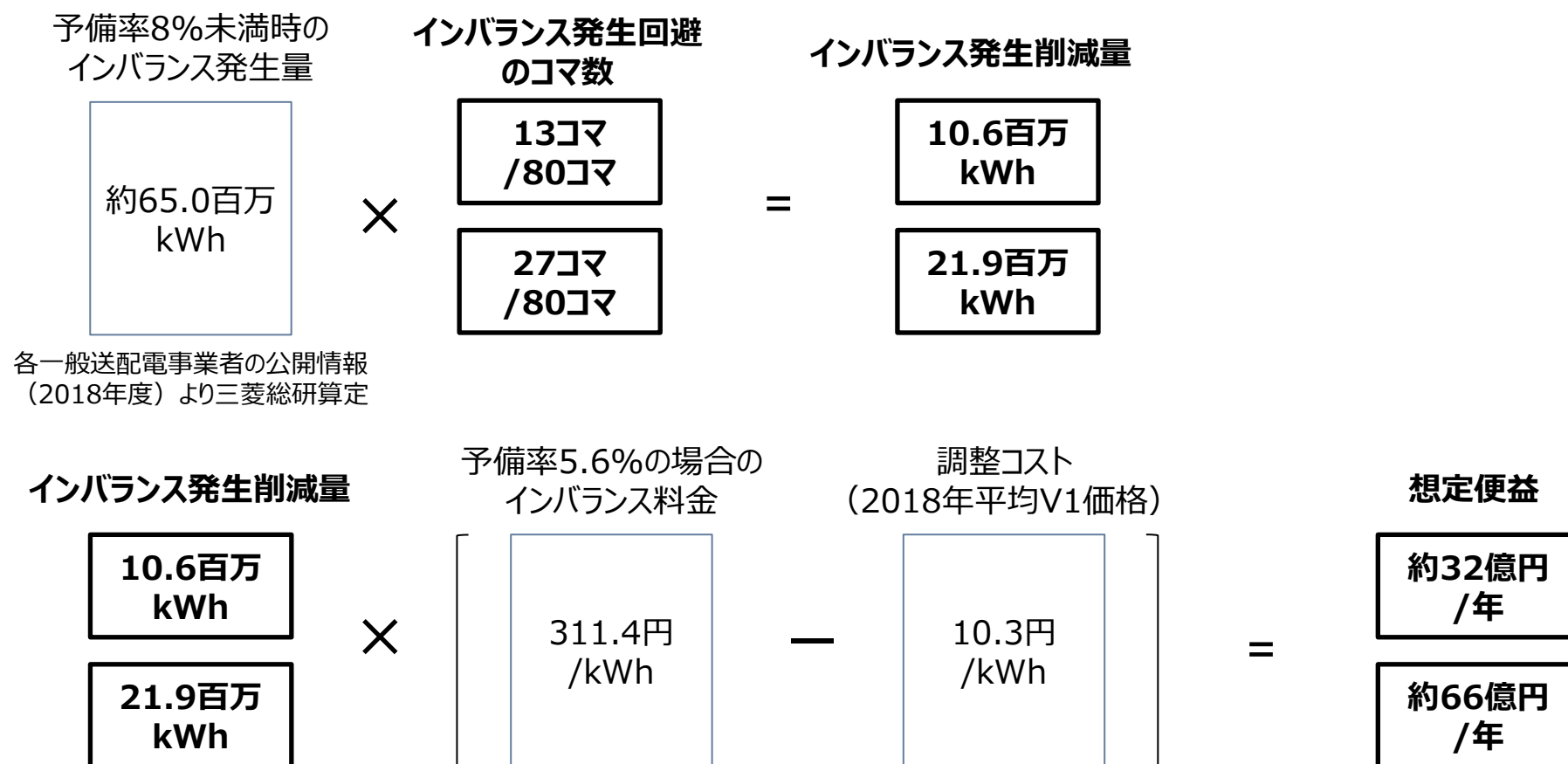
- 現状の仕様である、30分値から15分値へと高速化することで、発電事業者や小売事業者、アグリゲーター等が、現状と比較し45分早く自社BGの需給変動を把握することが可能であり、電力市場の1～2コマ分（30分～1時間）早く、インバランス発生回避の行動（自社BG内のDRや時間前市場での取引）を実施できる。
- 大きく不足インバランスの発生が想定されるのは供給不足時であり、インバランス料金制度改革で想定される、広域的予備率8%未満時において、インバランス回避が実現された場合の便益を試算する。
- インバランス単価については、2024年度以降に予定される600円/kWhを上限と考え、2018年度に最も予備率が低かった5.6%時での想定価格（311.4円/kWh）を採用している。



出所) 電力・ガス取引監視等委員会「2022年度以降のインバランス料金制度について（中間とりまとめ）」
(2019年12月17日)

インバランス発生回避に関する便益の考え方②

- 2018年度のインバランス発生実績等を参考に試算。広域的予備率が8%を下回ったのは年間で計80コマであり、そのうちの13～27コマについて、インバランス回避が発生したと想定。
※海外事例より価格スパイクは平均6コマ継続すると考えられ、そのうちの1～2コマ相当早く行動できることが便益に繋がると考えた。
- インバランス料金は311.4円/kWhを想定するが、インバランス発生回避には小売事業者等が調整力を稼働させる必要があるため、調整コスト相当を差し引いた金額が、インバランス発生回避における便益のkWh単価と考える。



(ご参考) 2018年度広域的予備率の実績

- 2018年度で広域的予備率8%以下となったコマは50Hz/60Hzの合計で80コマであり、最も低くなったのは50Hzエリアの2018年8月22日16時30分で5.6%を記録している。
- 同様に2017年度で広域的予備率8%以下となったのは80コマ。2016年度は20コマと発表されている。

(参考) 2018年度の広域的予備率ワースト20

35

	9社平均			50Hz系平均			60Hz系平均		
	日付	予備率	発生コマ	日付	予備率	発生コマ	日付	予備率	発生コマ
1	2018/7/18	6.5%	17:00	2018/8/22	5.6%	16:30	2019/1/10	6.6%	18:30
2	2018/8/23	6.8%	16:30	2018/8/22	5.6%	17:00	2019/1/10	6.7%	18:00
3	2018/8/22	6.9%	17:00	2018/7/18	6.1%	16:30	2018/7/18	6.9%	17:00
4	2018/8/3	7.0%	17:00	2018/7/18	6.1%	17:00	2019/1/10	6.9%	19:00
5	2018/8/23	7.0%	17:00	2018/8/23	6.1%	16:30	2018/8/3	7.1%	17:00
6	2018/8/23	7.1%	16:00	2018/8/23	6.1%	17:00	2019/1/10	7.1%	17:30
7	2018/7/25	7.4%	17:00	2018/8/2	6.3%	17:00	2018/7/25	7.2%	17:00
8	2018/8/22	7.5%	16:30	2018/8/2	6.4%	16:30	2018/8/23	7.4%	16:30
9	2018/7/19	7.7%	17:00	2018/8/23	6.4%	14:00	2018/7/18	7.5%	18:30
10	2019/1/10	7.7%	18:30	2018/8/23	6.4%	16:00	2018/7/25	7.5%	18:30
11	2018/7/18	7.8%	16:30	2018/8/1	6.5%	16:30	2018/7/18	7.7%	19:00
12	2019/1/10	7.8%	18:00	2018/8/1	6.5%	17:00	2018/7/25	7.7%	17:30
13	2019/1/10	7.8%	19:00	2018/8/22	6.5%	15:30	2018/7/25	7.7%	18:00
14	2018/8/3	7.9%	16:30	2018/8/23	6.5%	15:30	2018/8/23	7.7%	16:00
15	2018/8/23	7.9%	15:30	2018/7/19	6.6%	16:30	2019/1/10	7.7%	19:30
16	2018/7/23	8.0%	17:00	2018/7/19	6.6%	17:00	2018/7/18	7.8%	17:30
17	2018/8/23	8.0%	15:00	2018/8/22	6.6%	16:00	2018/7/18	7.8%	18:00
18	2019/1/10	8.0%	17:30	2018/8/23	6.6%	15:00	2018/8/23	7.8%	17:00
19	2018/7/20	8.1%	17:00	2018/8/23	6.7%	13:30	2018/7/18	7.9%	19:30
20	2018/7/18	8.3%	17:30	2018/8/23	6.7%	14:30	2018/8/22	8.0%	17:00

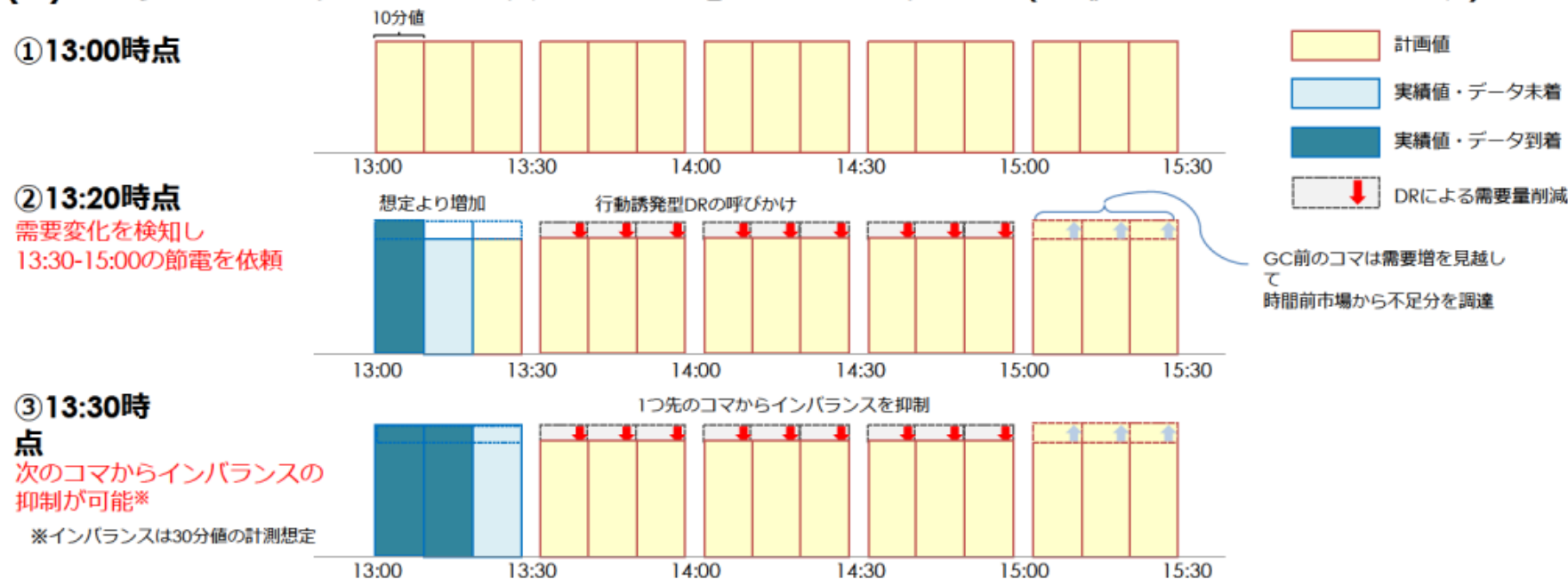
■ : 需給ひっ迫融通発動コマ(7/18,1/10は天候要因に伴う需給ひっ迫)
 ※10/17,18の電源トラブルによる需給ひっ迫はランク外

(ご参考) 行動誘発型DRにおける15分値による便益創出の可能性

- SBパワーは、スマートメーターCルートデータにより自社BGの需要を把握し、必要に応じて、メールで需要家に節電を依頼することでDRに繋がる行動を促すことを検討中。
- 現状は30分値データの利用を想定しているが、高粒度化・高頻度化することで、更に調整可能となるDR量が増加すると考えている。(数は10分値の場合での検証)

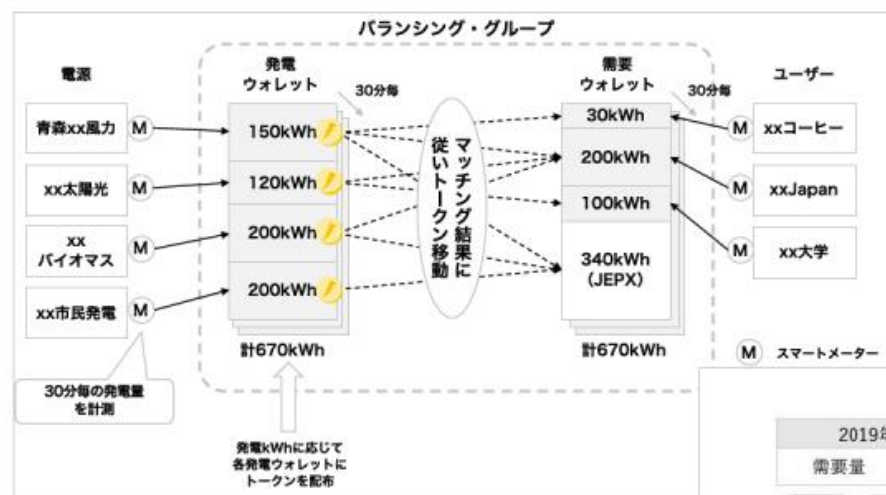
- 計量粒度/頻度の細分化によって、DRによる需要量調整がより細かく実施できる可能性あり
- さらに、需要家にタイムリーに通知ができ、かつ反応を受け取ることができるスマホ(アプリ)との親和性が高く、省エネや節約等を目的とした新たなサービス化の可能性あり

(例) SBパワーの行動誘発型DRサービスによる10分電力量の利用イメージ (10分値を10分遅れで取得することを想定)



(ご参考) 再エネP2P取引における15分値による便益創出の可能性

- みんな電力は、ブロックチェーン技術を活用し、再生可能エネルギー電源の発電量と需要家の電力需要をマッチングさせるP2Pプラットフォームを提供している。
- 30分値が15分値になり、より早くデータが提供されることで、マッチング結果の可視化が高速化するなど、サービスレベルの向上に貢献できると考えられる。(一方で取引確定には確報値データの提供が必要であり、確報値提供タイミングの変更も要望いただいている)



需要家ごとに希望の電源からどれだけ
購入したかを30分単位で可視化
(大型商業施設の例)

スマートメーターより発電量と需要量
を取得し、パブリックブロックチェーンの
トークンにより電気を個別取引化



②再エネ大量導入・脱炭素化、系統全体の需給安定化に関する便益・費用(4)

- 現状の電力市場制度は30分値同時同量に基づいて設計されているが、将来的には欧州等と同様に再エネの普及拡大への対応を目的とし、15分市場へと変更されることも考えられる。
- 次世代スマートメーターの使用期間中に15分市場へと切り替えされる可能性を想定し、有効電力量30分値に加え、有効電力量15分値も計量できるようにしておくことで、切り替えがあった場合にも円滑な制度移行が可能と考える。
- この場合の社会便益を試算することは難しいが、15分値を計量・収集・提供するまでを実現しようとすると(3)同様、約6,000億円の費用が必要と考えられる。一方で、当面は15分値を計量し45日間保存するだけであれば、約50～100億円の費用追加で実現可能と想定される。このため、どの程度まで15分値対応を実現しておくかで、必要となる費用が大きく異なる。

仕様追加による便益

15分市場 への対応

15分市場への円滑な切り替え (現状での便益は想定されない)

【主な前提条件】

- ✓ 15分値の計量・収集・提供について、現時点では(3)で計上したインバランス回避以外の便益は想定されない。
- ✓ 15分市場への制度切り替え時はメーター交換が不要となる便益が想定されるが、第3世代への更新タイミングも一致すること等も想定されるため、どの程度の便益となるか想定は難しい

Aルートの品 質向上 の費用

導入費用

Aルートの品質向上 (送信データの増加・高速化)

15分値をCルート提供まで実現する場合

約6,000億円

15分値をMDMSまで送信する場合

1,000億～5,000億円

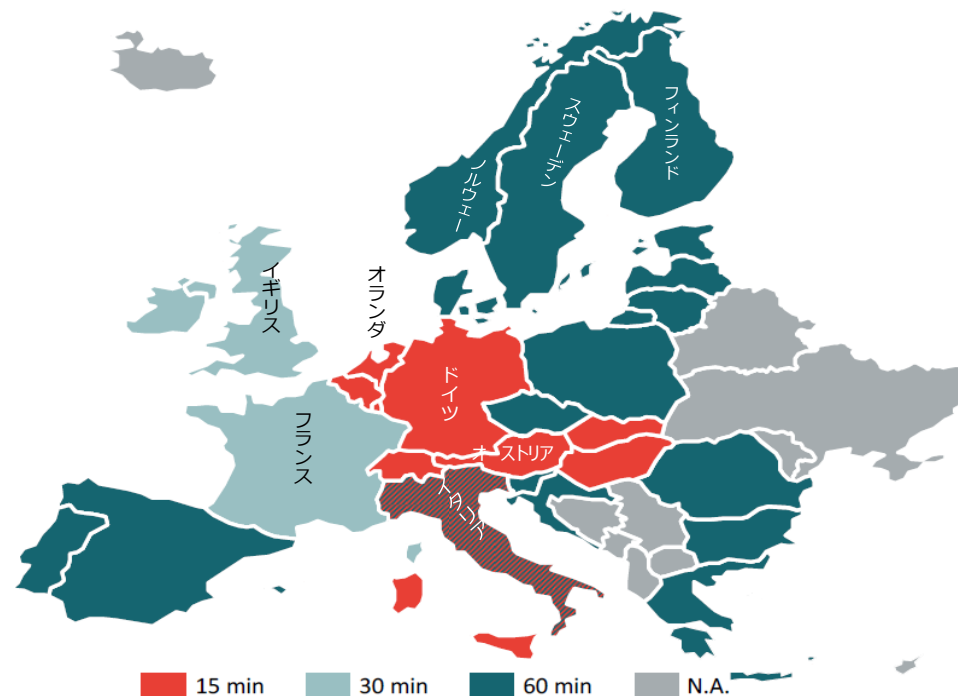
15分値を計量器に保存するのみの場合

50億～100億円

(ご参考) 欧州における15分市場化の動向

- 欧州では、再エネ電源拡大への対応としてENTSO-E（欧州電力系統事業者ネットワーク）を中心にインバランス精算コマの短縮が検討されており、ドイツ・オランダ・ベルギー等では既に15分単位へと変更されている。
- 我が国においては、30分値同時同量が電力取引の原則であるが、2050年カーボンニュートラルの実現に向けた更なる再エネ普及・活用の拡大に向けては、電力市場制度そのものの見直しも否定できない。

インバランス精算単位(コマ)の現状



Source: ENTSO-E WGAS, Survey on Ancillary services procurement, Balancing market design 2014, Jan 2014. Also TSO websites

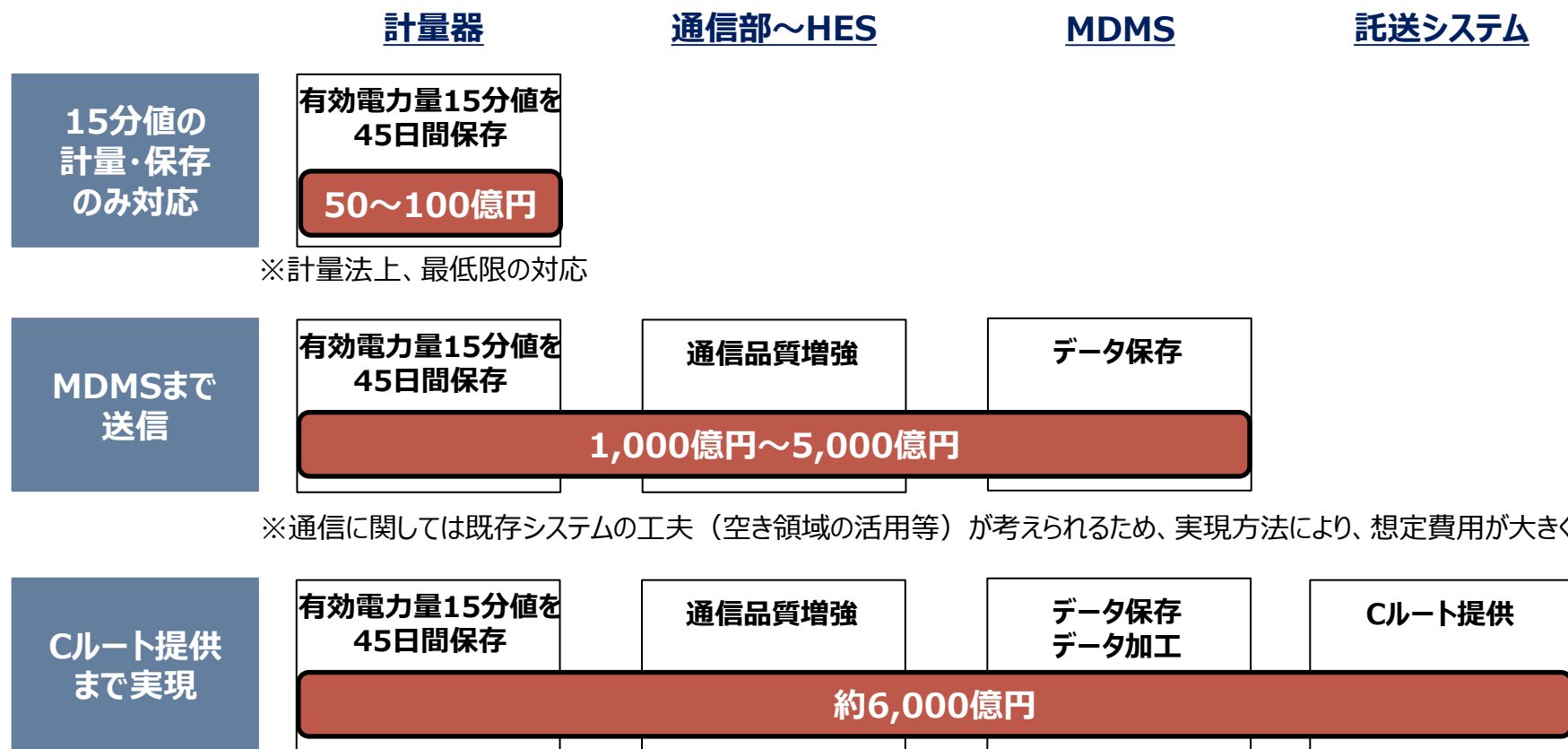
Note: Italy has a 60 minute ISP with the exception of Balancing Service Providers (BSPs) that are required by regulation to have a 15min ISP

注：イタリアはバランシングサービス提供者を除いては60分単位を適用

出所)Frontier Economics, "CBA OF A CHANGE TO THE IMBALANCE SETTLEMENT PERIOD", <https://www.svk.se/siteassets/aktorsportalen/elmarknad/finer/cba-of-a-change-to-the-imbalance-settlement-period.pdf>, 閲覧日2020年8月25日 に三菱総研加筆

15分値対応におけるバリエーション

- 現状の30分値同時同量に基づく制度設計では、15分値・15分頻度・30分以内にCルート通知する便益は、前述したインバランス発生回避が主なものであり、その他に大きな便益は考えにくい。
- 15分市場導入の不確かさや現状十分な便益が見込めないことを踏まえ、15分値対応を進める場合もどの程度まで進めておくか議論が必要である。通信や上位システムは導入後の増強も一定程度可能であるが、計量器には計量法の制約があるため、15分値の計量・保存ができる仕様としておくことが最低限の対応と考える。また、次世代仕様においては、通信や上位システムについても、柔軟に設定変更ができるシステム設計としておくなどの対応も考えられる。



※計量法上、最低限の対応

※通信に関しては既存システムの工夫（空き領域の活用等）が考えられるため、実現方法により、想定費用が大きく異なる

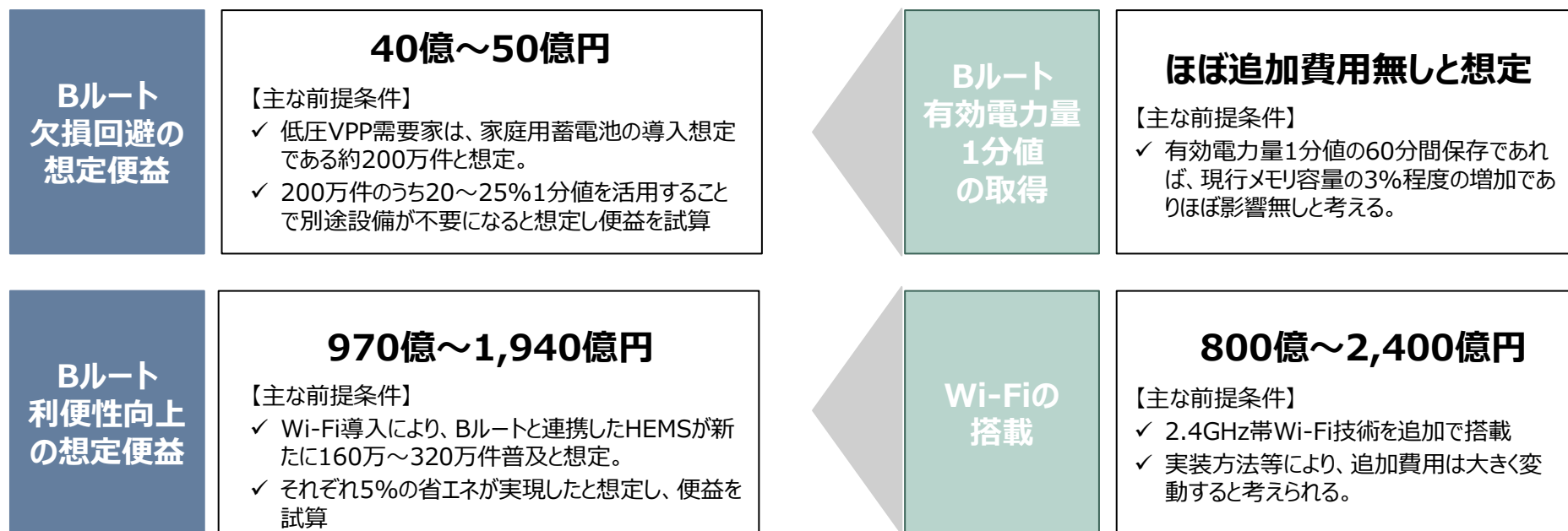
※Cルート提供まで実現すれば、インバランス発生回避の便益660億円（10年間）も期待することができる

②再エネ大量導入・脱炭素化、系統全体の需給安定化に関する便益・費用(5)

- スマートメーターのAルートだけでなく、Bルートの利便性を向上することで、発電・小売事業者、アグリゲーター、エネマネ事業者等がデータを取得・活用しやすくなることで、系統全体の需給の安定化に貢献することも考えられる。
- 一方で、Bルートの欠損対策を行うことが重要であり、現行のBルート欠損問題が解消することにより、40億～50億円、Wi-Fi等の通信技術導入による利便性向上により、970億～1,940億円の便益（10年間）を想定する。
- Bルートの利便性については、Wi-Fi等の導入により、どの程度の利便性や、通信信頼度が向上・維持できるか等の評価を行った上で、仕様への採用を判断することが適当ではないか。

仕様追加による便益（10年間）

導入費用



計量粒度の細分化・多様化（1分値）に関する便益の考え方

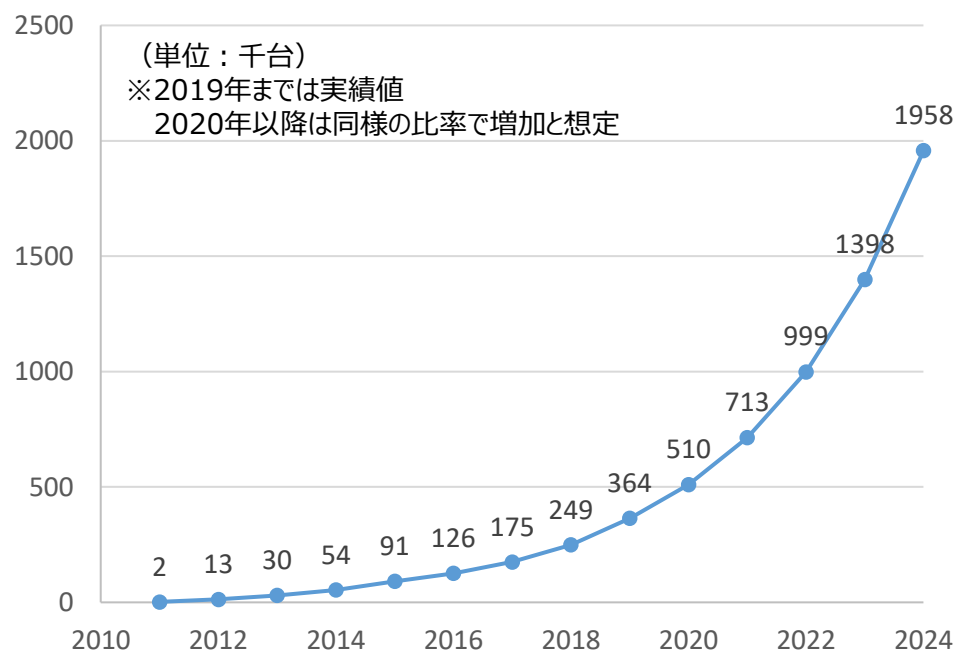
- VPPアグリゲーター等は市場参画要件に適應するため、1分値データの取得が必要とされている。現状スマートメーターのBルートで1分値を測定することは可能だが、データ欠損が起きた場合データを呼び戻すことができないため、場合によってはCTセンサー等、別途機器を導入し1分値が計量されている。
- スマートメーターに有効電力量1分値を60分間保存することで、欠損があった場合にも再送信することが可能であり、CTセンサー等の機器が不要（約10,000円/件）となることが想定される。
- 2024年時点で家庭用蓄電池は約200万台出荷と想定され、VPPサービスを受ける需要家のターゲットと考えられる。このうち20～25%がBルート1分値を利用したと想定した場合、40～50億円の便益（10年間）と推計される。

データ欠損例（エナリス提供）

time	value	unit
2020/9/1 4:46	1.312	kW
2020/9/1 4:47	1.312	kW
2020/9/1 4:48	0	kW
2020/9/1 4:49	0	kW
2020/9/1 4:50	0	kW
2020/9/1 4:51	0	kW
2020/9/1 4:52	1.344	kW
2020/9/1 4:53	1.344	kW
2020/9/1 4:54	1.344	kW
2020/9/1 4:55	0	kW
2020/9/1 4:56	1.256	kW
2020/9/1 4:57	1.256	kW
2020/9/1 4:58	1.256	kW
2020/9/1 4:59	0	kW
2020/9/1 5:00	0	kW
2020/9/1 5:01	1.272	kW
2020/9/1 5:02	1.272	kW
2020/9/1 5:03	1.272	kW
2020/9/1 5:04	1.272	kW
2020/9/1 5:05	1.272	kW
2020/9/1 5:06	1.272	kW
2020/9/1 5:07	1.272	kW
2020/9/1 5:08	1.272	kW
2020/9/1 5:09	0	kW
2020/9/1 5:10	0	kW
2020/9/1 5:11	1.272	kW
2020/9/1 5:12	1.272	kW

出所）資源エネルギー庁「第1回スマートメーター仕様検討ワーキンググループ」資料2-4

家庭向け蓄電池の累計出荷台数想定

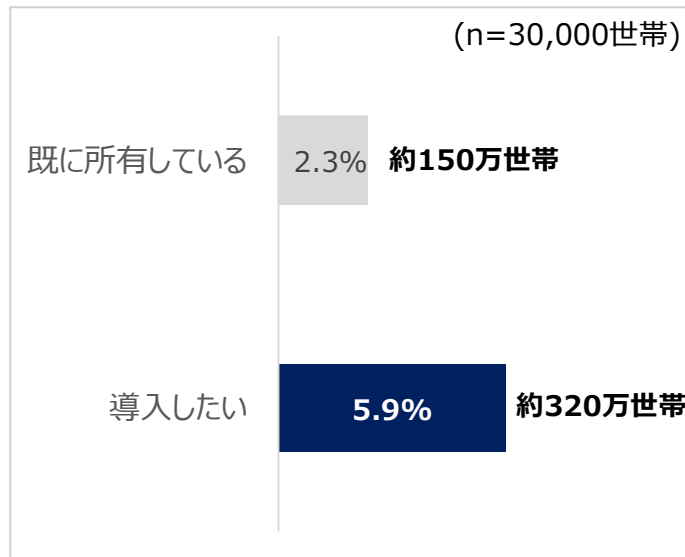


出所）資源エネルギー庁「第1回 定置用蓄電システム普及拡大検討会」資料6
より三菱総研作成

Wi-Fi搭載に関する便益の考え方

- 三菱総研「生活者市場予測システム」における2020年度アンケート調査では、HEMSの所有率は約2.3%（約150万世帯）。
- 更に「HEMSを導入したい」と回答した比率は5.9%、Wi-Fi導入によりHEMSの利便性が改善され、最大約320万世帯にHEMS導入ポテンシャルがあると考えられる。今回はこのうち160万世帯～320万世帯をHEMS導入想定と考える。
- HEMS導入世帯は、未導入世帯に対し5%程度の省エネ効果があるとされるため、Wi-Fi導入による便益（10年間）は、970億～1,940億円と試算する。
- 更には、HEMSに搭載するWi-Fiモジュールは流通量が多いため、現行のWi-Sunと比較し安価とされており、HEMS機器の販売価格を押し下げる効果やWi-Fiルーターによる代替も期待される。

HEMSに関するアンケート調査



HEMS 導入ポテンシャル 160万世帯 320万世帯	×	標準的な4人家族の 年間電力消費量 5,500 kWh/年*	×	HEMSによる 省エネ効果 5%	=	HEMSによる 省エネ電力量 44百万kWh /年 88百万kWh /年
--	---	---	---	---	---	---

※電中研等の研究結果より

HEMSによる 省エネ電力量 44百万kWh /年 88百万kWh /年	×	低圧電力単価 (2020年度水準) 22円/kWh	=	想定便益 97億円/年 194億円/年
---	---	--	---	--

出所) 三菱総研「生活者市場予測システム（2020年度）」
同調査では、HEMS所有もしくはHEMS導入意向ありと回答した世帯のうち約7割が3名以上同居の世帯となっており、消費電力量の前提として4人家族相当の電力消費量を採用している。

(ご参考) HEMSによる省エネ効果

- 様々な実証・研究の成果として、HEMSによる省エネ効果について発表されている。
- 電力中央研究所が発表した報告書では、効果の持続性等に不透明な部分が残ると指摘しながらも、平均して10%程度の省エネ効果を見込むとされている。
- その他、積水ハウス・三菱電機の公開情報*でも、HEMSによる省エネ効果として5～15%と発表している。

*「IT 時代の計測・制御技術の動向 (4) HEMS による家電連動制御」(http://www.shasej.org/gakkaishi/0605/0605_kouza.pdf)

電中研報告書によるHEMS導入の効果

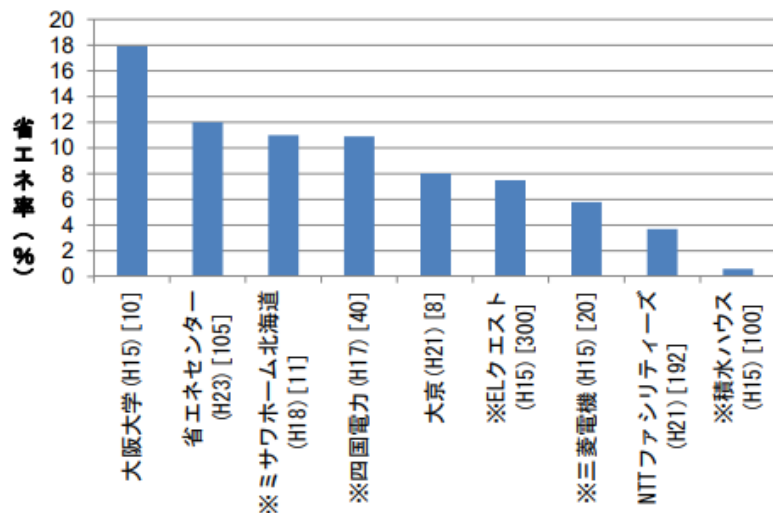


図 国内HEMS実証研究で計測された省エネ効果
(※印はNEDO事業、[]はサンプル数)

表 本調査で得られた HEMS 普及への課題と課題解決に向けた現状評価

課 題		内 容	評 価
省エネ効果		分散はあるが、平均では 10%程度の省エネ効果が見込まれる。しかし、すべてが HEMS による効果であるか不透明。効果の継続性も不透明。解決への評価は△であるが、喫緊の課題である。	△
コスト・メリット	導入コスト	費用回収年数や需要家の支払意志額に対して高額。	×
	既築住宅対応	配線工事等で壁をはがす必要がある場合がある。新築よりも導入コストが目につく。	×
	需要家メリット	メリットが不明確。需要家に伝わるような工夫が必要。	×
	付加価値サービス	魅力的なキラーコンテンツが必要。	×
	ビジネスモデル	ビジネスモデルの確立	×
省エネに対する需要家の意識		省エネ意識の向上、積極的な取り組み、継続性。	×
機能・技術・	快適さ	需要家ごとのカスタマイズ	○
	利便性	使い勝手の良さ	○
制度	助成	補助金などの支援	○
	個人情報保護とサイバーセキュリティ	個人情報流出の懸念。 不正な制御による機器の破損や火災の恐れ。	△

○：解決済みまたは早期に解決見込み、△：解決途上、×：解決可能であるか不透明

出所) 電力中央研究所「家庭用エネルギー管理システム (HEMS) の普及に関する課題とその動向」
<https://criepi.denken.or.jp/jp/kenkikaku/report/leaflet/Y12011.pdf>
 <2021年1月15日閲覧>

Wi-Fi搭載に関する課題

- 前頁の試算のとおり、Wi-Fi搭載による便益は一定程度期待できるが、HEMSの普及効果など更に精緻な検討が必要と考える。
- また、Wi-Fi電波の住宅内での電波強度の確認（一般的に、920MHz帯と比較し、2.4GHz帯は電波の回り込みが少なく、電波エリアが狭くなると考えられる）やサイバーセキュリティの確保など、Wi-Fi搭載に関する懸念点が残されている。
- Wi-Fi搭載の是非については、下記論点を更に深掘りしたうえで協議してはいかかがか。
- 具体的なスケジュールについては、次世代スマートメーターの調達スケジュールの考慮が必要であり、電気事業連合会や一般送配電事業者と協議の上決定することを想定する。

Wi-Fi導入に向けた論点（再掲）

費用対効果	✓ Wi-Fi搭載により、どの程度HEMSの普及に効果があるか ✓ Wi-Fi搭載HEMSとWi-Sun搭載HEMSでどの程度価格差があるか ✓ 「全数搭載する場合」と「Wi-Fi利用者のみ搭載メーターに交換する場合」のどちらが経済的か
技術的観点 その他	✓ 2.4GHz帯Wi-Fiの場合、920MHz帯Wi-Sunと比較し、どの程度通信エリアが小さくなるか（宅内の電波強度はどの程度か） ✓ 新たなサイバーセキュリティの懸念・必要な対策はあるか ✓ 消費電力量はJIS規格内に収まるか ✓ 電子レンジ等、その他2.4GHz帯を利用した製品への影響はないか ✓ 次世代スマートメーターの導入スケジュールを踏まえた場合、いつまでに導入判断が必要か

920MHz帯・2.4GHz帯の比較

	920MHz帯	2.4GHz帯
到達距離（見通し）	1km程度	数百m程度
回り込み特性	良い	悪い
電波干渉	少ない	多い （電子レンジ等）
消費電力量	低い	大きい
主な標準化技術	IEEE802.15.4 Wi-Sun Zigbee	IEEE802.11 Wi-Fi

出所）沖電気工業ウェブサイト
https://www.oki.com/jp/iot/doc/2016/16vol_03.html
 <2021年1月20日閲覧>

③その他、需要家利益の向上に関する便益・費用

- スマートメーターで取得する電力データは、停電状況の早期把握による災害の避難指示や早期復旧、見守りサービス、新型コロナウイルスに係る自粛要請の効果分析といった、新たな社会課題への対応に活用されることが期待されている。このような便益が期待されていることから、データ提供時のAPI等の仕様統一化は、費用対便益に照らすとも推進すべきではないか。
- 共同検針により、ガスや水道メーターのスマートメーター化が進展することにより、保安能力の向上、事業効率（LPGボンベの交換）の向上、需要予測精度の向上によるシステム効率化、その他需要家サービスの向上が期待されている。これらはガスや水道事業に係る便益であり、これらに要する費用はそれぞれの収入から賄われることが基本であるが、共通化や統一化により、HES/MDMS等のシステムコスト低減すれば、社会全体としても便益があると考えられる。
- また、特定計量制度*に基づく特例計量器のデータをMDMSに統合することで、約85億円（10年間）の便益を想定する。

仕様追加による便益

データ活用 の促進	データ活用の利便性向上 定性的には、電力データ利用拡大による、需要家の利便性やQOLの向上が期待される
共同検針 の想定便益	共同検針による社会コスト低減 基本的には託送外事業として費用対効果が検討されるが、計量システムの重複整備を避けることで社会便益にもつながると考えられる
特例計量器 活用による 想定便益	約85億円（10年間） 【主な前提条件】 ✓ VPP事業者10グループ80社が特例計量器を利用しMDMSからデータ受領することを想定

導入費用

データ フォーマット 等の統一	次世代MDMS設計時に 全社で仕様を統一
共同検針 仕様の統一	共同検針IF会議の検討結果 への全国仕様の統一 運用ルール/通信規格/サーバー連携等の共通化を想定している
特例計量器 データの MDMS結合	特例計量器データの結合 50～80億円 【主な前提条件】 ✓ MDMSへ特例計量器データを保存するコスト等を想定。（送受信方法は要検討）

(ご参考) 電力データ活用による社会便益

- スマートメーターデータ等、電力データとその他需要家データを組み合わせて分析することで、災害対策等に活用する取組が進められており、需要家の利便性やQOL向上に貢献することが期待されている。

2. スマートメーターシステム×防災ソリューション

災害対策へのスマートメーターデータ活用可能性の検証



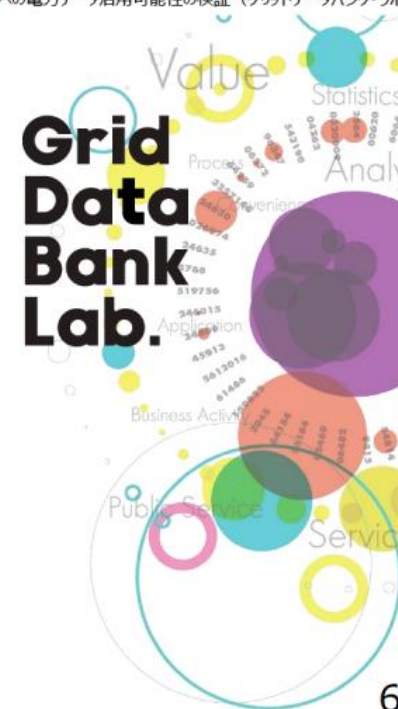
- 災害対策として、発災前後の電力使用量統計の差を用いて、曜日・時間帯に応じた想定被災者数や発災時の避難状況を可視化することで、発災時の避難誘導の効率化や避難行動の促進に役立てられることが分かりました。

防災の流れ スマートメーターデータから得られる情報 スマートメーターデータ活用への期待 災害対策への電力データ活用可能性の検証 (グリッドデータバンク・ラボ)



©TEPCO Power Grid, Inc. All Rights Reserved.

東京電力パワーグリッド株式会社 2020.9.29



6

データ活用に関する論点

- スマートメーターデータを含めた電力データ活用については、持続可能な電力システム構築小委員会にて、電気使用者情報利用者等協会の詳細を検討する中等で、議論が進められる。
- 一方で、グリッドデータバンクラボからは、スマートメーターデータのフォーマットが統一されていないことが課題としてあげられており、次世代システムの導入に際しては、フォーマット統一化の議論が必要と考える。

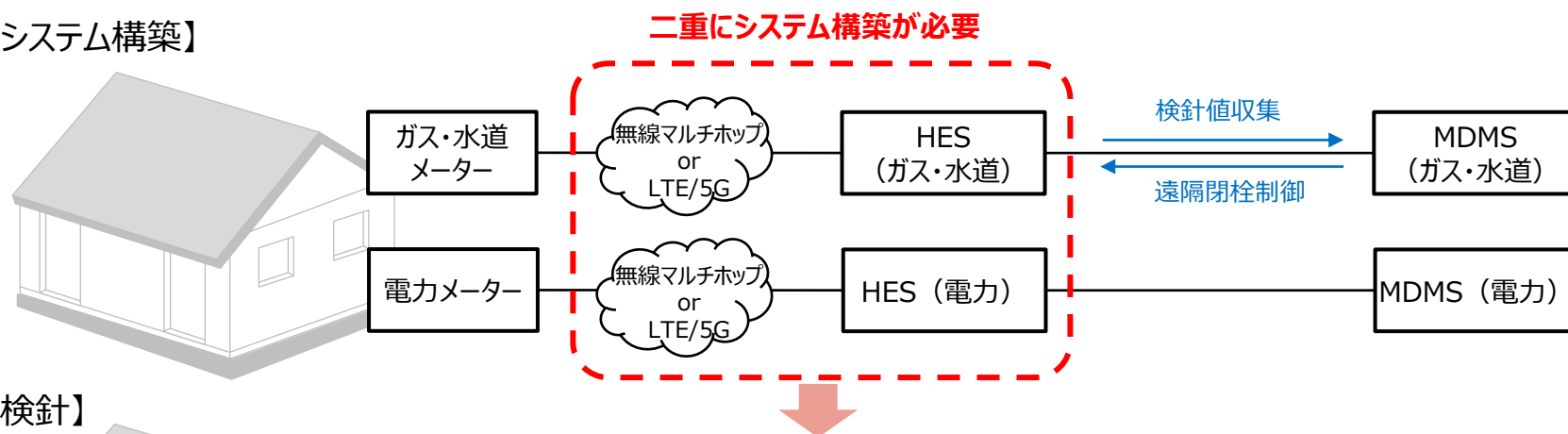
＜データ活用の観点から想定される可能性＞

次世代システムの方向性	データ活用の観点から想定される効果/期待
時間粒度の細分化	・ 需要分析、使用機器分析の精度向上
提供までのリードタイムの短縮	・ 通信環境が毀損していない限りにおいては、災害発生時の避難誘導や、災害状況・復旧状況のモニタリングに活用できる ・ 個人向けのサービスとしても、仕様・前提が明らかになれば、AIの活用や他データとの掛け合わせも含め、活用の幅が広がる可能性がある
他のデータの連携	・ 逆潮流電力量だけでなく、発電電力量や電源種別を収集できるようになれば、再エネ電源の発電量予測や蓄電池運用の高度化、電力由来のCO2排出量の精緻化が期待できる ・ 水道やガスの使用量を収集できるようになれば、見守りの精度向上、電力・ガス由来のCO2排出量の算出、各家庭・事業所ごとのエネルギーコストの可視化が期待できる
データ仕様の全国共通化	・ データクレンジングの合理化、位置情報の精度向上

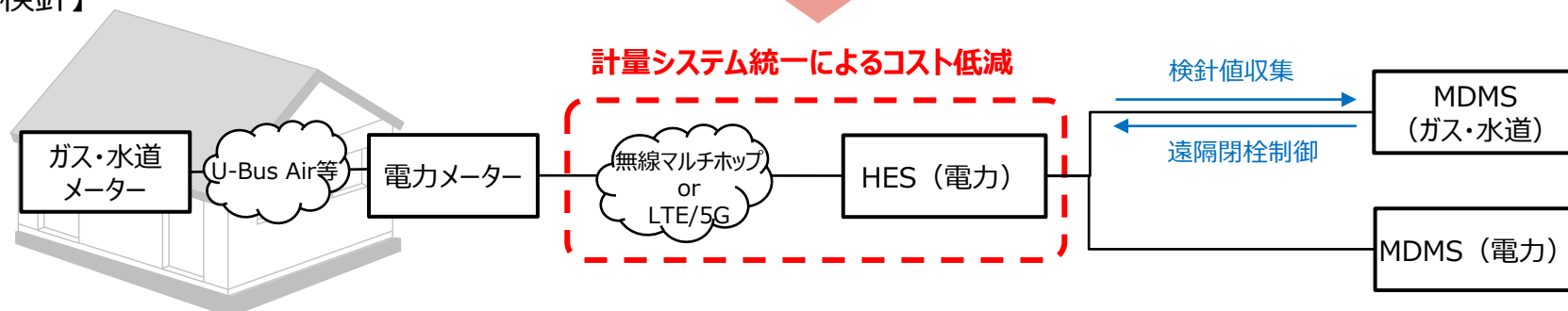
(ご参考) 共同検針による社会便益

- 共同検針については、電力・ガス・水道など家庭向けインフラ事業者で計量システムを統一することで、トータルの社会コストを低減する効果（通信回線のコストやHES等制御システムの導入コスト）があると考える。
- 一方で、ガスや水道の検針は、電気事業から見ると託送事業外であり、共同検針に係る費用・便益は全て電力の託送事業とは切り離して検討すべきである。
- 本検討会では、共同検針は検証の対象外としつつも、共同検針は、社会的な便益があると考えられるため、実現されるための統一的なルール作りを進めるべきと考える。

【個別システム構築】



【共同検針】



共同検針に関する論点

- 別途開催されている共同検針インターフェース検討会議にて、一般送配電事業者、ガス事業者、水道事業者、業界団体、有識者によって、全国で統一すべき規格やルールについて議論されている。
- 共同検針については、託送外事業であるため、基本的に関連する費用・便益は次世代スマートメーター制度検討会の対象外ではあるが、例えば以下の項目については、次世代スマートメーター制度検討会の議論内容や仕様案に影響があると考えられるため、本会議においても情報共有・議論するものと考えている。

9 ニーズ調査結果を踏まえた共通仕様検討の方向性

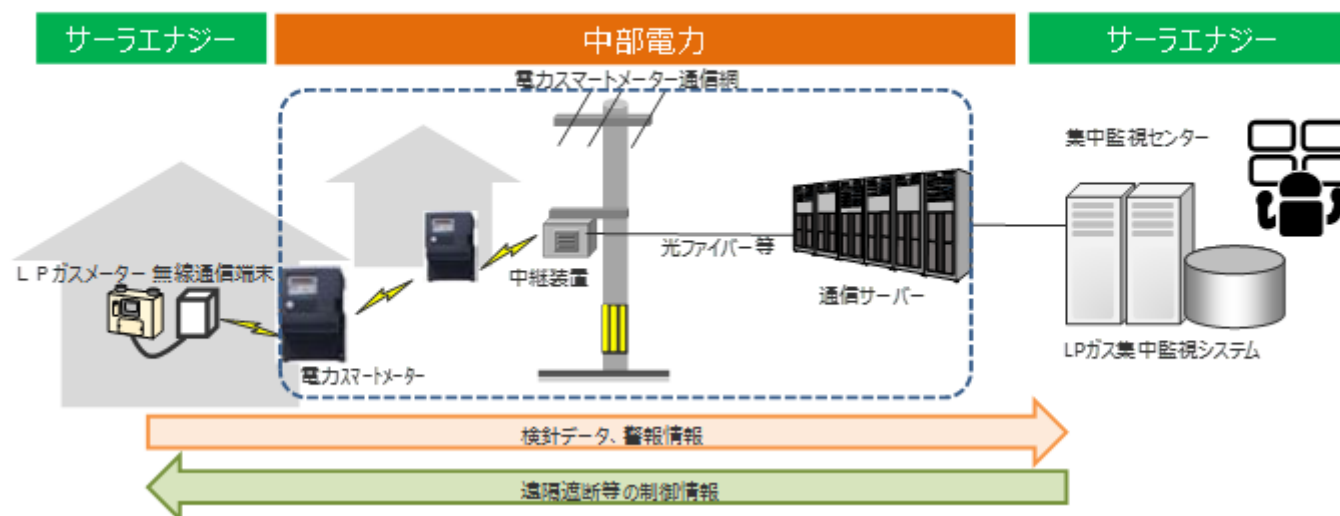
今後の検討は、ニーズ調査結果より次の事項をベースに検討を進めることとしたい。

- 検針粒度・頻度は、ニーズの多い粒度1時間毎、頻度1日／回としてはどうか。
- 検針データは、ガス・水道メータの現状の設備仕様より、無線端末又は接続サーバでの蓄積を検討してはどうか。
- 欠測データの補完機能については、一般送配電事業者のHES等への大幅な機能実装が必要と想定されるため、サービスを検討する会社への利用者からの要望事項として整理してはどうか。
- 制御コマンドや装置異常などのアラーム情報は、電池稼働時間を考慮しながら、できるだけ早く通信できることを目指すことで検討を進めてはどうか。
- 電力SM網の停電補償については、補償時間により電池の実装方法、費用等も考慮する必要があるため、実現性等を含め今後検討してはどうか。
- 検針データの蓄積および制御コマンド、装置異常の通信の検討の方向性を踏まえ、システムモデルとしては透過・蓄積併用型をベースに検討を進めてはどうか。

(ご参考) 電力・ガス・水道の共同検針実証

- 電力・ガス・水道の共同検針実証が各地で実施されているが、中部電力パワーグリッドは複数の都市ガス事業者、LPガス事業者、水道事業者と実証事業の実施や商用化の検討等、積極的に取組みを進めている。
- 2020年5月14日、中部電力パワーグリッドは、LP事業者であるソーラエナジーと実証事業を経て、LPガスメーターの共同検針を進める基本協定を締結した。
- 2020年12月14日には、静岡市上水道局、静岡ガスと共同で、電力・都市ガス・水道の共同検針実証に取り組むことを発表した。実証事業は2020年12月～2022年12月までを予定している。

【ガス自動検針サービスのイメージ】



出所) 中部電力パワーグリッド 2020年12月14日プレスリリース
https://www.chuden.co.jp/publicity/press/1201304_3273.html
<2021年1月26日閲覧>

(ご参考) 特定計量制度の概要・特例計量器データのMDMS結合

- 改正電気事業法に基づき、国の定める基準に従い、国に事前に届出を行うことを前提に、計量法に基づく検定を受けない計量器（特例計量器）の使用を可能とする「特定計量」制度が創設（2022年4月施行）。
- 今年度、特定計量制度及び差分計量に係る検討委員会にて、制度の詳細について議論が進められている。
- 特例計量器のデータをMDMSへ統合することで、スマートメーター計量値との差分計量など、利便性が高まることで、新たな需要家サービスの創出につながる事が期待される。

● 太陽光発電を柔軟に取引可能とする

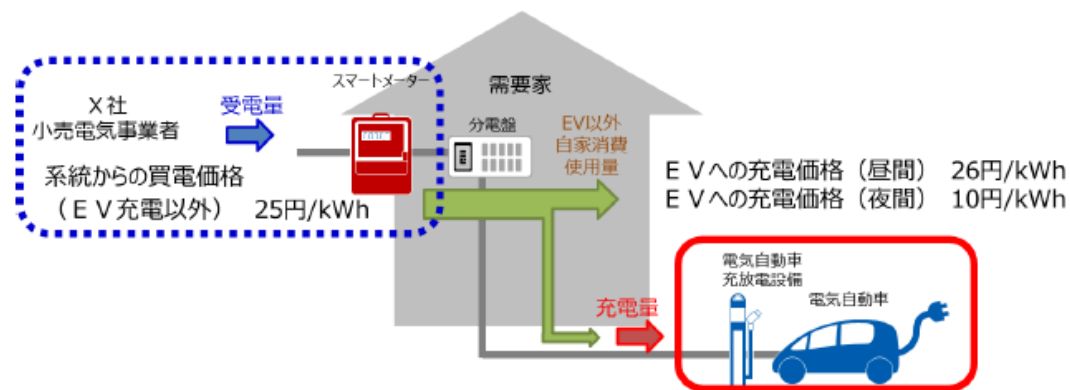
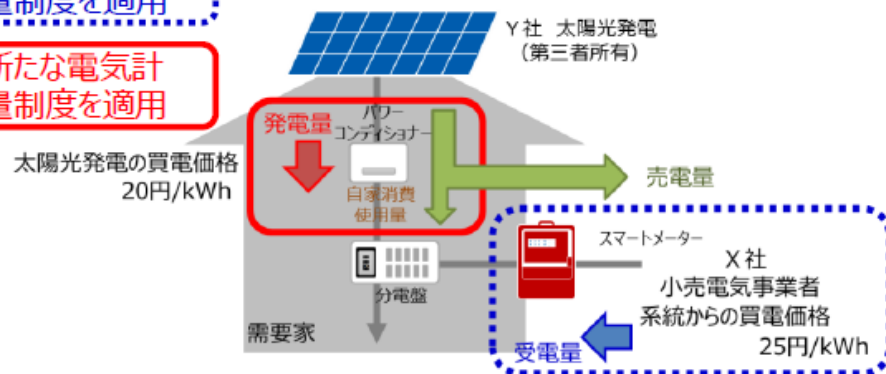
- ・太陽光発電を設置している家庭において、パワーコンディショナーによる計量値を用いた取引を可能に。
- ・太陽光発電の電気を、自分が売りたい事業者に対して、様々な価格で販売できることが期待される。

● EVを蓄電池として柔軟に取引可能とする

- ・EV充電設備を設置している家庭において、そのEV充電設備による計量値を用いた取引を可能に。
- ・EVを蓄電池として、市場価格が高いときに電気を売り、安いときに電気を買うといったサービスの出現が期待される。

従来の電気計量制度を適用

新たな電気計量制度を適用



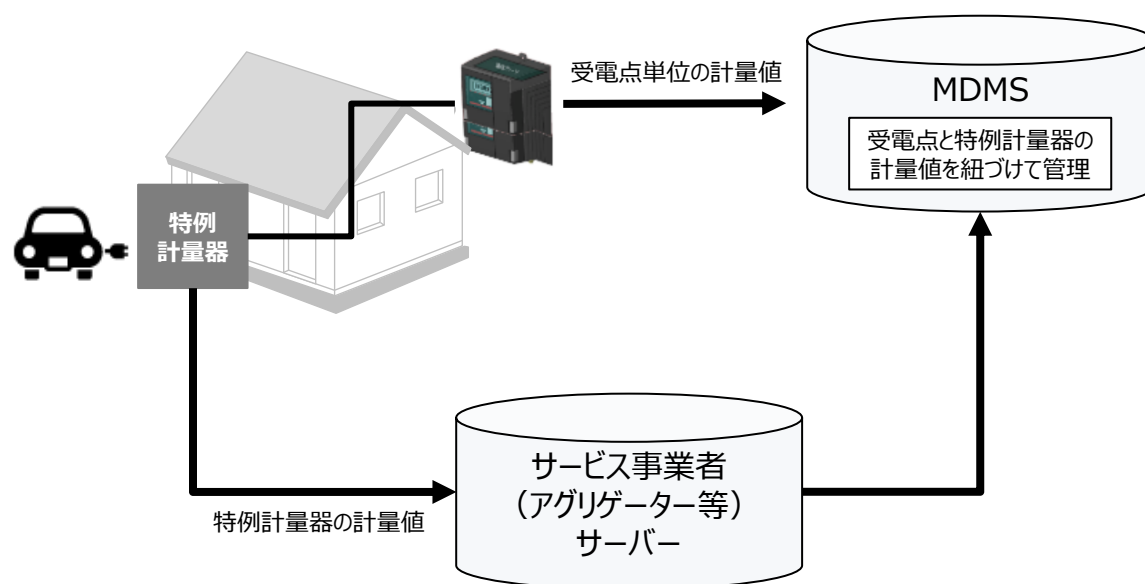
特定計量器：スマートメーター等、計量法で規定される検定を受けた計量器

特例計量器：計量法に基づく検定を受けずとも、特定計量制度における基準内で取引・証明等に利用することを認められた計量器

特例計量器活用に関する便益の考え方①

- 特例計量器を使ってEV充電サービスを実現する場合、EV充電以外の家庭需要を計量・料金精算するためには、受電点で計測されたスマートメーター値と、EV充電器の計量値による差分計量が必要。※差分計量についても、2022年4月施行を目指し制度検討中
- 特例計量値の計量値がMDMSに取り込まれれば、アグリゲーター各社が個別にシステムを構築する場合と比較し、社会コスト削減につながると考えられる。また、これらのリソースを取引に活用することが容易になることが考えられる。
- 本想定では、別途インターネット（通信キャリア回線等）での特例計量器データ収集を想定するが、特例計量器のデータ収集方法やMDMSにデータ結合する際の規定（データフォーマットの統一、サイバーセキュリティ対策）等は定まっておらず、更なる検討が必要である。

データ結合のイメージ（インターネット経由の場合）



※MDMS以外のシステムを一般送配電事業者が構築し、スマートメーターデータと特例計量器データを共同管理するシステム構成も考えられる

特例計量器活用に関する論点

【データ送信】

- ✓ 個別にインターネット経由でデータ送信する以外にも、共同検針と同様に家庭内のスマートメーター通信に相乗りする方法や別途Aルート機能を具備することも考えられる。
- ✓ スマートメーターシステム利用時の費用負担の在り方も含め、制度設計の具体化が必要と考える。

【データ結合・処理】

- ✓ MDMSにデータ結合する場合には、データフォーマットの共通化が必要である。
- ✓ インターネット経由、スマートメーターシステム経由のいずれにおいても、サイバーセキュリティ対策をどのように求めるべきか検討が必要である。
- ✓ また、MDMS側でどの程度まで処理すべきか（データの紐づけ保存、差分計量実施の有無、差分計量データの提供有無等）によって、必要となる費用は変動する。

特例計量器活用に関する便益の考え方②

- 特定計量を利用する代表的な事業者として、VPPアグリゲーターを想定する。2020年度「VPP構築実証事業」には、10のコンソーシアムと約80社のリソースアグリゲーター（RA事業者）が参加しており、これらの事業者がMDMSへのデータ結合を前提とした特定計量サービスを実施すると仮定する。
- 本来はコンソーシアム単位で対応システムを開発し、各社が導入・運用すると想定し、それぞれ開発費・運用費を仮置きした上で便益を試算。10年間の運用を想定した場合、便益は約85億円（10年間）と推計する。

便益の想定

開発費 (初期費用)

- ✓ 各コンソーシアム単位で共同開発を想定
- ✓ 開発費用は約5,000万円と仮置き
- ✓ 10コンソーシアム相当として、5,000万円×10=5億円程度を見込む

運用費 (保守費用等)

- ✓ 各RA事業者が個別負担することを想定
- ✓ 運用費用は約1,000万円/年と仮置き
- ✓ 80社分として、1,000万円×80×10年=80億円程度を見込む

VPP実証事業の主な参加者

幹事社 関西電力

JXTGエネルギー、住友電気工業、ダイヘン、横河ソリューションサービス、イオンデイライト 等

幹事社 東京電力HD

日本電気、積水化学工業、東京電力EP、エリーパワー、大崎電気工業、関電工、京セラ 等

幹事社 SBエナジー

SBパワー、エネマン、エフィシエント、サニックス、ダイレクトパワー、ハンファQセルズジャパン

幹事社 エナリス

京セラ、グリムスソーラー、西部ガス、Sassor、スマートテック、中国電力、東邦ガス、戸田建設 等

幹事社 中電ミライズ

大阪ガス、中部電力、トヨタエナジーソリューションズ、明電舎

その他、九州電力、ローソン、アズビル、豊田通商、東北電力が幹事社となるコンソーシアムが存在

出所) SIIウェブサイトより
https://sii.or.jp/vpp02/uploads/VPPB_saitakukekka.pdf <2020年1月21日閲覧>

便益等検証結果（総括）

- 想定便益と費用を比較した結果として、便益が上回ることが想定される機能追加については、仕様案として有望と考える。
- 一方で費用に対し十分な便益が期待できない、もしくは別の課題が考えられる機能追加は、再度検討が必要である。

意義（便益）	機能追加	想定便益（10年間）	想定費用（10年間）	1台当たりの費用 （月額換算）	評価
停電の早期解消	Last Gasp機能	660億～1,100億円	300億～600億円	3.1円/月 ～6.3円/月	○（別途課題あり）
計画停電回避	遠隔アンペア制御機能	1,350億～1,500億円	300億～500億円	3.1円/月 ～5.2円/月	○
電力損失削減	5分値（有効・電圧・無効）の取得 10%程度の送信	1,250億～1,720億円	290億～560億円	3.0円/月 ～5.8円/月	○
電圧等適正運用					
CO2排出削減					
電圧等適正運用 ※リアルタイム運用	電圧5分値のリアルタイム化(5分～10分頻度)	450億～740億円			△（別途課題あり）
インバランス発生回避	15分値化	320億～660億円	約6,000億円	約62.5円	×
15分市場対応		—	50億～6,000億円	0.5円/月 ～62.5円/月	△（別途課題あり）
Bルート欠損対応	1分値の60分間保存	40億～50億円	※追加費用無し	—	○
Bルート利便性の向上	Wi-Fiの搭載	970億～1,940億円	800億～2,400億円	8.3円/月 ～25.0円/月	△（別途課題あり）
特例計量器の活用	特例計量器データ結合	約85億円	50億～80億円	0.5円/月 ～0.8円/月	○（別途課題あり）

※データ活用（データフォーマットの統一）・共同検針対応（共同検針に係る規格等の統一）は便益等検証の対象外だが、社会的意義がある取り組みとして次世代スマートメーターの導入に向け検討していく

(ご参考) 英国におけるスマートメーター導入の費用対効果分析

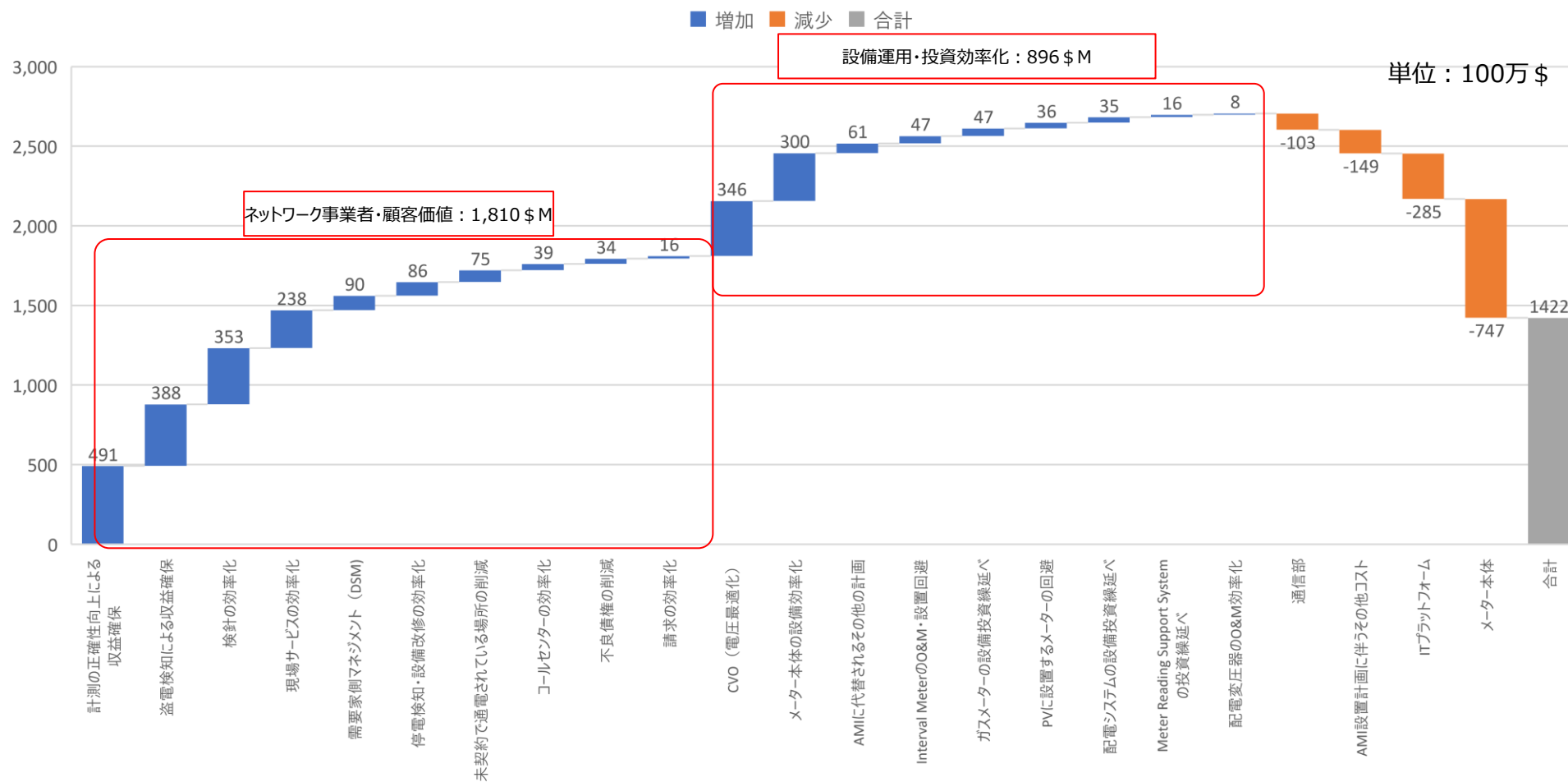
- 英国では電力・ガスメーター合わせて便益試算が実施されている。需要家の省エネ効果が便益として計上されている他、温室効果ガスはい排出量削減など、今回の検証と類似の便益がスマートメーターの便益として計上されている。



出所 : Department for Business, Energy & Industrial Strategy, " : SMART METER ROLL-OUT Cost-Benefit Analysis (2019)",
https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/831716/smart-meter-roll-out-cost-benefit-analysis-2019.pdf,
 閲覧日2020年8月25日 より三菱総研作成

(ご参考) 米国におけるスマートメーター導入の費用対効果分析

- 米国NY州Con Edison社の費用対効果分析では便益として電圧最適化（CVO）の効果が346百万USD（メーター1台あたり約35USD）計上されており、全体便益の約13%、設備運用・効率化の便益の約38%を占めている。



出所：Con Edison「Advanced Metering Infrastructure Business Plan」より三菱総研作成

<https://www.coned.com/-/media/files/coned/documents/accountandbilling/about-your-bill-rates/09-ami-panel-exhibits-ami-001-ami-005.pdf> <2021年1月19日閲覧>

論点5 スマートメーターの通信技術

スマートメーターの通信技術について

- 既存スマートメーターの通信方式は、無線マルチホップ方式・1N方式・PLC方式の3種類の通信方式から選択されている。
- 関西電力送配電は無線マルチホップ方式（2.4GHz）、九州電力送配電は1N方式を主方式とし、設置環境等により主方式の選択が難しい場合は従方式を採用している。
- その他地域では無線マルチホップ方式（920MHz）を主方式、1N方式を従方式として採用。メーター設置密度や上位通信回線の状況等から経済最適な方式を選択している。

地域	主方式	従方式	主方式・従方式の割合	通信方式の選択基準
関西	無線マルチホップ (2.4MHz)	PLC	主：約98% 従：約2%	- 基本的に経済性に優れた主方式を優先して選択 - 設置環境（電波強度等）により主方式の選択が困難な場合は従方式を選択
九州	1N	PLC		
その他地域	無線マルチホップ (920MHz)	1N ※PLCの割合は少ない	主：約92% 従：約8% 各社個別には 82～97%	メーターの設置密度や上位通信回線の状況（自営線、通信事業者回線）等から、経済性に優れた方式を採用 【MH方式】 メーター設置密度が濃いエリアで、コンセントレーター 1 台当たりのスマートメーターの収容数が多いことができる場合に、安価な構築が可能となり有利。 【1N方式】 メーター設置密度が薄く、コンセントレーターを設置しても収容数が少なくなる場合は、1N方式が安価に構築が可能となり有利。

出所）資源エネルギー庁「第3回次世代スマートメーター制度検討会」資料2より三菱総研作成

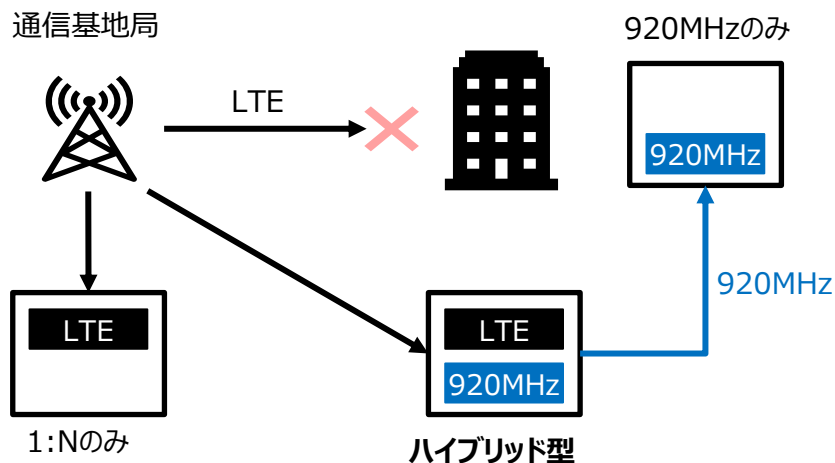
今後の通信技術動向

- 通信技術の発展速度は非常に速く、Society5.0等デジタル化の推進を支える技術として、5GやLPWAの導入・普及が開始されている。また、無線マルチホップ方式についても後継技術としてWi-Sun Fanの規格検討が進められている。
- 次世代スマートメーターの通信方式は、今後10～20年利用されることを鑑み、経済性や信頼性に加え、必要に応じて新たな技術を取り入れることのできる柔軟性の観点でも評価することが重要と考える。

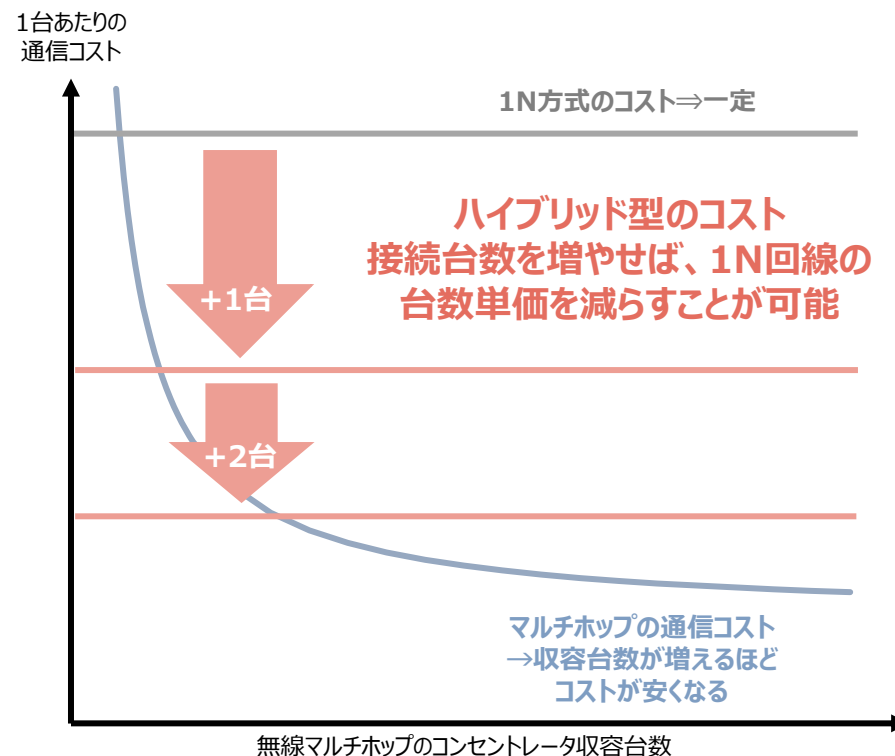
	既存システム（無線マルチホップ・1N・PLC）	既存システム以外の技術
Aルート	【無線マルチホップ】 ✓ 伝送速度：100kbps（最大） ✓ マルチホップでエリアを構築 ✓ 15分値/計測項目3倍（データ量6倍）にはCR増設で対応 ✓ 5分値/計測項目3倍（データ量18倍）にはエリア設計等を見直し 【1N（3G/LTE）】 ✓ 伝送速度：数十Mbps ✓ 通信キャリアのサービスエリア内での通信が可能 ✓ 粒度細分化/頻度増加は、通信キャリアとの契約に寄る 【PLC（低速/高速）】 ✓ 伝送速度 低速：1～150kbps、高速：1M～200Mbps ✓ 採用は集合住宅内程度 ✓ 現行電波法上では、高速PLCの屋外利用には省令改正が必要	【Wi-Sun Fan】 ✓ 伝送速度：600kbps（周波数が拡張されれば2.4Mbps） ✓ 既存無線マルチホップ技術とでエリア構築可能（既存技術を搭載したメーターはソフトウェアアップロードが必要） 【5G】 ✓ 伝送速度：1Gbps ✓ 2023年時点の基盤構築率は97%以上（NTTドコモの場合） ✓ 多接続技術により、3G/LTEと比較し、同時に多数のメーターを接続することが可能 【LPWA】 ✓ 伝送速度：数十kbps～数Mbps ✓ IoT用途に適した低消費電力の広域無線通信技術。免許不要のLoRAWANや通信キャリアの提供するLTE-M等が該当
Bルート	【Wi-Sun】 ✓ 低圧スマートメーターで採用 ✓ Aルート競合や通信環境問題等によりデータ欠損が報告されている 【PLC】 ✓ 低圧スマートメーターで採用（導入事例は少ない） 【イーサネット】 ✓ 高圧スマートメーターで採用（有線通信技術）	【Wi-Fi】（2.4GHz帯、5GHz帯） ✓ 伝送速度：最大9.6Gbps ✓ 複数機器接続に特徴 【BLE*】（2.4GHz帯） ✓ 伝送速度：最大2Mbps（Bluetooth Classicは最大24Mbps） ✓ 1対1の機器接続に特徴 ✓ 低消費電力 *BLE：Bluetooth Low Energy

1N方式/無線マルチホップ方式のハイブリッド

- 1N方式は通信キャリアのネットワークを活用し、広範なエリア展開が可能であるが、ビル蔭など携帯網の電波が遮られ、一部通信不可となるメーターも存在することが報告されている。
- その場合、近隣の1N方式スマートメーターに920MHz帯無線マルチホップ方式のリピーター機能を搭載することで、遮蔽物を迂回し、ビル蔭のメーターとの通信を可能とする方式が考えられる（九州電力で採用されている他、韓国電力等海外でも事例あり）。
- 上記方式を活用した場合、柔軟なエリア構築が可能であり、1N回線集約によるコスト削減効果も期待されるものの、ハイブリッド型メーターの通信ユニットは追加費用が必要となることが想定されるため、費用対効果を見極めることが重要である。



各通信方式のコスト比較（イメージ）



ハイブリッド のメリット

- ✓ 柔軟なネットワーク構築が可能
- ✓ 1:N回線の契約を束ねることで、通信コスト削減が可能（通信事業者のネットワーク負荷低減にも貢献）

ハイブリッド のデメリット

- ✓ ハイブリッド型メーターは双方の通信機能を具備するため、追加費用の発生が想定される。
- ✓ 1:Nに加え920MHz通信分の管理が必要
- ✓ 920MHz通信の伝送速度は、Wi-SUN相当。1:Nの高速通信は不可

諸外国におけるスマートメーターデータ集約方法との比較

- 主要国における、スマートメーターのデータ集約方法と比較した場合、今回検討している、5分値の計測や15分毎の通信頻度は世界的にもトップレベルの高度な仕様であることが確認できる。

5分粒度での計量：ノルウェーで将来システムとして先行して機能実装済である他はオーストラリア（西部）で実装が検討されているのみ（Aルートの場合）

15分頻度での通信：ノルウェー・スウェーデン等、欧州の一部の国で導入開始。韓国でも採用を検討している。

	日本 (現状)	英国	イタリア	オランダ	フランス	ドイツ	ノルウェー	スウェーデン	米国	韓国 (KEPCO)	オーストラリア	インド (TPDDL)	フィリピン	タイ
計測粒度 ※有効電力量 の 記録頻度	30分	30分	15分	15分	30分	15分	30分 ※5分・15分 切替可能	15分	15～ 60分	30分	30分	15～30 分	15～30 分	15分
Aルート相当 主な通信 技術	RF 1:N PLC	1:N RF	PLC RF 1:N	PLC RF 1:N	PLC	1:N PLC	RF 1:N	RF 1:N	1:N RF	PLC 1:N RF	1:N RF	RF 1:N	RF 1:N	1:N RF
通知時間 (Cルート相当)	60分 以内	30分毎 ※DCC経由 ※日毎/月毎 も選択可能	日毎 ※データハブの 更新は1日1回	日毎 ※データハブの 更新は1日1回	2回/日	日毎	30分毎 ※15分対応 ※データハブの 更新は1日1回	15分毎 ※データハブの 更新は1日1回	4時間毎 ※DSOまで	30分毎 ※DSOまで	4時間毎 ※DSOまで	4時間毎 ※DSOまで	4時間毎 ※DSOまで	日毎 ※DSOまで
需要家側 データ取得	1分毎 (Bルート)	10秒毎 (コミュニケーションハブ)	15分毎	15分毎	—	15分 (実証中)	—	—	あり (Zigbee)	—	—	—	—	—

出所) 各種資料・ヒアリング結果より三菱総研作成

論点6 技術仕様の選択

便益等検証結果（総括）※再掲

- 想定便益と費用を比較した結果として、便益が上回ることが想定される機能追加については、仕様案として有望と考える。
- 一方で費用に対し十分な便益が期待できない、もしくは別の課題が考えられる機能追加は、再度検討が必要である。

意義（便益）	機能追加	想定便益（10年間）	想定費用（10年間）	1台当たりの費用 （月額換算）	評価
停電の早期解消	Last Gasp機能	660億～1,100億円	300億～600億円	3.1円/月 ～6.3円/月	○（別途課題あり）
計画停電回避	遠隔アンペア制御機能	1,350億～1,500億円	300億～500億円	3.1円/月 ～5.2円/月	○
電力損失削減	5分値（有効・電圧・無効）の取得 10%程度の送信	1,250億～1,720億円	290億～560億円	3.0円/月 ～5.8円/月	○
電圧等適正運用					
CO2排出削減					
電圧等適正運用 ※リアルタイム運用	電圧5分値のリアルタイム化(5分～10分頻度)	450億～740億円			△（別途課題あり）
インバランス発生回避	15分値化	320億～660億円	約6,000億円	約62.5円	×
15分市場対応		—	50億～6,000億円	0.5円/月 ～62.5円/月	△（別途課題あり）
Bルート欠損対応	1分値の60分間保存	40億～50億円	※追加費用無し	—	○
Bルート利便性の向上	Wi-Fiの搭載	970億～1,940億円	800億～2,400億円	8.3円/月 ～25.0円/月	△（別途課題あり）
特例計量器の活用	特例計量器データ結合	約85億円	50億～80億円	0.5円/月 ～0.8円/月	○（別途課題あり）

※データ活用（データフォーマットの統一）・共同検針対応（共同検針に係る規格等の統一）は便益等検証の対象外だが、社会的意義がある取り組みとして次世代スマートメーターの導入に向け検討していく

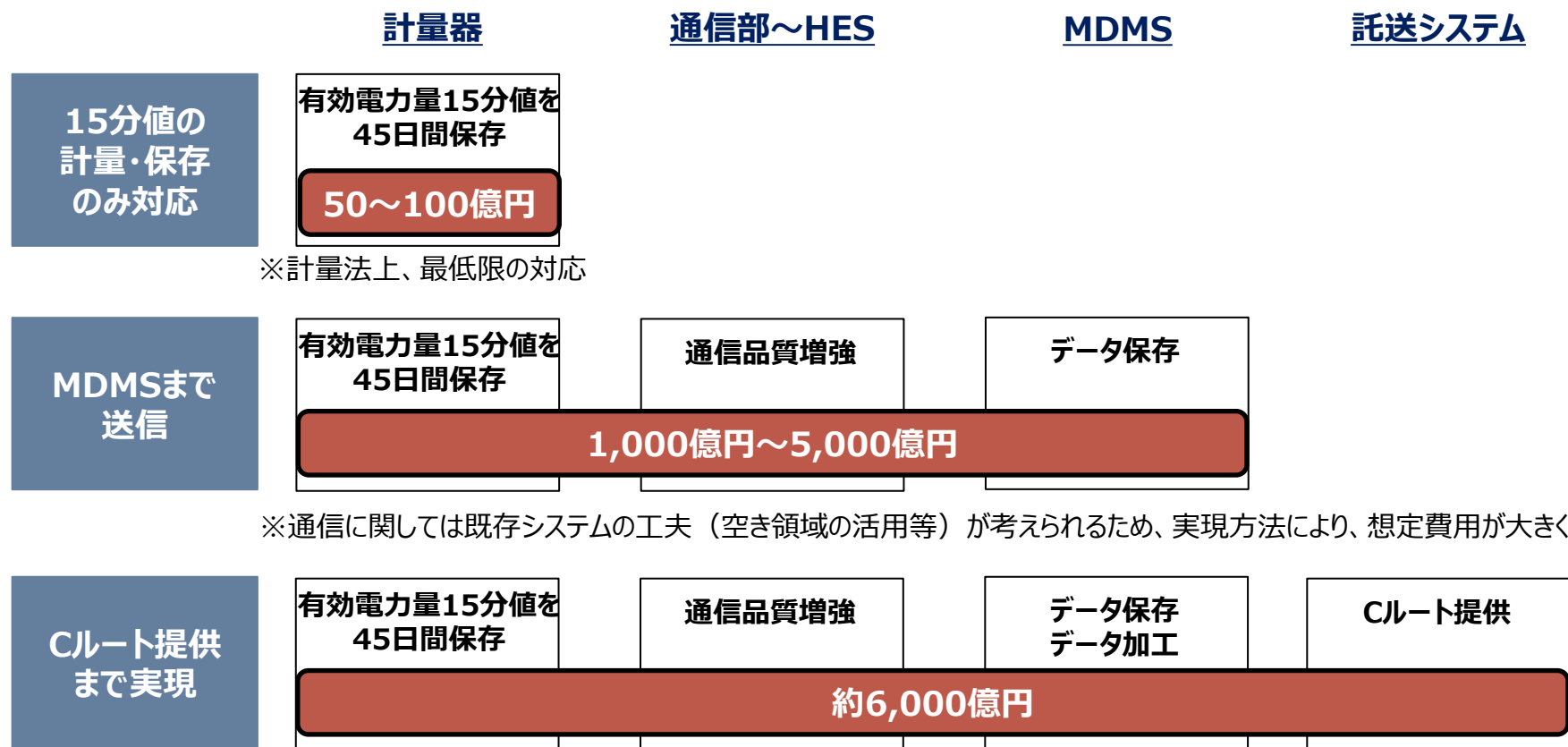
便益等検証を踏まえた仕様案

- 検証結果を整理した結果、Aルートの様子は現行同等の機能を採用した上で、計量値の高頻度/多様化、Last Gasp機能・遠隔アンペア制御機能を実装することで検討してはかがか。
- 一方で、将来的な15分同時同量等の制度設計が実施された場合のインパクトを考慮すると、何らかの形で15分化に向けた準備等を進めておくことも選択肢と考えられる。
- Wi-Fi搭載・特例計量器のデータ結合等についても便益以外にも論点が残されているため、継続して検討することを想定。

Aルートの 粒度・頻度 等	粒度「30分値」を、頻度「30分毎」に収集 Cルートデータ提供は「60分以内」
計量値 ※計量桁数増加	「有効電力量30分値」を、「45日間保存」のみ 「有効電力量5分値、電圧5分値、無効電力量5分値」を、「7日間保存」 ※5分値データについては、データ分析用途として、メーター総数の10%程度を収集することを想定 「有効電力量1分値」を、「60日間保存」
追加機能	「Last Gasp対応」：計量器へのLast Gasp機能追加と、計量器・コンセントレーターへの電池等追加 「遠隔アンペア制御対応」：単相計量器への遠隔開閉機能追加とMDMSへ集中制御機能追加 「MDMSへの特例計量器データ統合」：特例計量器データをMDMSに取り込み保存
継続協議	「15分値対応の準備」：将来的な15分値導入を想定した次世代仕様への取り込み 「Wi-Fi搭載」：新たなBルート通信技術として、Wi-Fi方式の追加
その他	「データ活用」：MDMSから送信するデータフォーマットやAPIの仕様統一 「共同検針の共通規格化」：共同検針の通信規格・サーバー連携方法・運用ルール等を統一

15分値対応におけるバリエーション※再掲

- 現状の30分値同時同量に基づく制度設計では、15分値・15分頻度・30分以内にCルート通知する便益は、前述したインバランス発生回避が主なものであり、その他に大きな便益は考えにくい。
- 15分市場導入の不確かさや現状十分な便益が見込めないことを踏まえ、15分値対応を進める場合もどの程度まで進めておくか議論が必要である。通信や上位システムは導入後の増強も一定程度可能であるが、計量器には計量法の制約があるため、15分値の計量・保存ができる仕様としておくことが最低限の対応と考える。また、次世代仕様においては、通信や上位システムについても、柔軟に設定変更ができるシステム設計としておくなどの対応も考えられる。



※計量法上、最低限の対応

※通信に関しては既存システムの工夫（空き領域の活用等）が考えられるため、実現方法により、想定費用が大きく異なる

※Cルート提供まで実現すれば、インバランス発生回避の便益660億円（10年間）も期待することができる

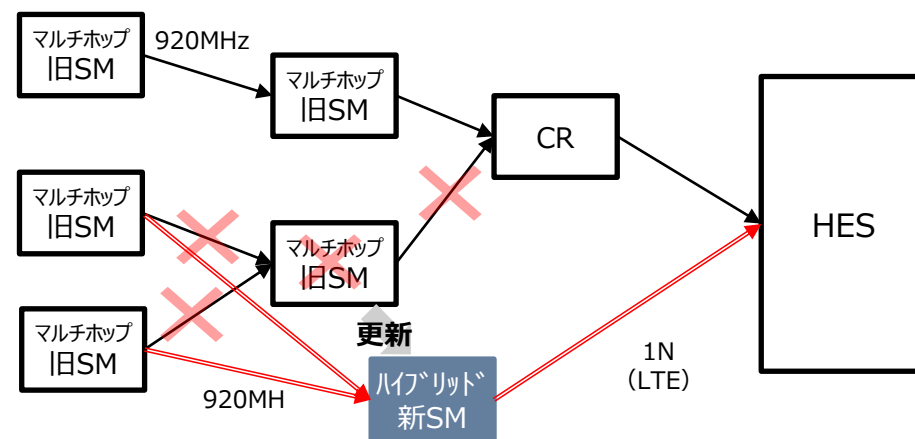
効率的な次世代システムへの移行

- 8,000万台のスマートメーターのうち、約6,500万台が無線マルチホップ方式、約1,500万台が1N方式（1N方式のうち870万台が九州）で構築が予定されており、九州以外の地域では無線マルチホップ方式への依存度が高い。
- 無線マルチホップ方式は経済性や自社ネットワークとしての信頼性がメリットではあるが、マイグレーション時に他方式への切り替えが難しい点が課題である。第3世代への移行等で新たな通信方式が選択される可能性もあり、切り替えの柔軟性の確保も必要ではないか。その場合、一部ハイブリッド型の導入を進める等、経済性・柔軟性の双方から工夫が必要である。
- 各方式のメリット/デメリットは設置環境に応じて定量的な評価が必要であるが、将来の拡張性・柔軟性も踏まえた上で、合理的な通信方式の選択を進めるべきと考える。

各通信方式のメリット/デメリット

通信方式	メリット	デメリット
無線マルチホップ	・ 設置密度の高い場所では、最も経済性が高い ・ 自社ネットワークのため、エリア展開に自由度が高く、信頼性も高い	・ 他方式への切り替えが難しい ・ コンセントレーターも10年単位で更新が必要
1N	・ 柔軟に高速大容量ネットワークを構築可能 ・ 次世代方式への切り替えにも柔軟性が高い	・ 現状、通信コストは他方式と比較し割高 ・ 通信キャリアにエリアやサービスを依存
ハイブリッド	・ 経済性と柔軟性を両立	・ 現状実績に乏しい ・ ハイブリッド型メーターは割高となる想定

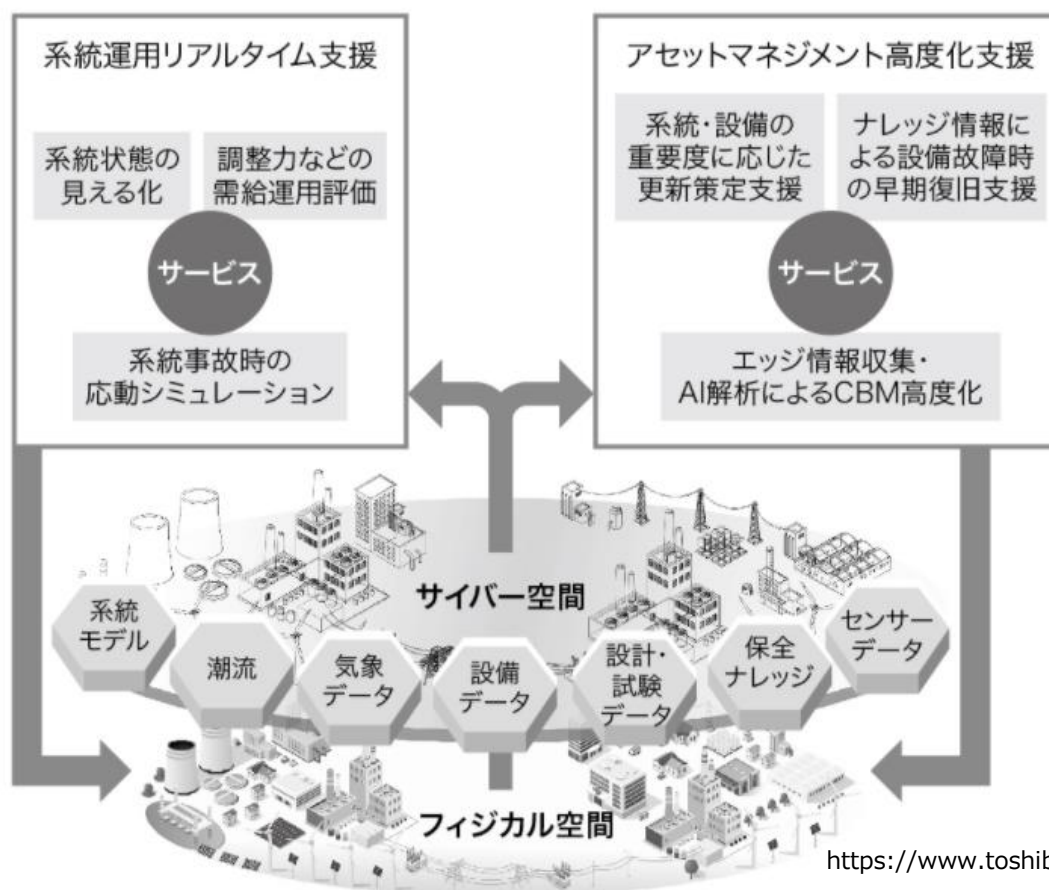
ハイブリッド型によるマイグレーションイメージ



- ✓ ハイブリッド型を導入することで、マルチホップのネットワークを維持しつつ1N方式を織り交ぜたネットワーク構築が可能。
- ✓ ハイブリッド型を1/6程度導入すると約250億円のコストアップと想定されるが、コンセントレーターが不要となる地点も想定されるため、総合的にはハイブリッド型の方が安くなる可能性も考えられる。（工事条件次第と考える）
- ✓ ハイブリッド型を増やすことで、なるべくコストを抑えつつ、第3世代化等での通信システムのアップグレードに柔軟に対応することが可能となる。

第3世代以降での想定ユースケースについて①

- 電力領域でもデジタル化が進むことで、再エネや蓄電池といった分散電源が大量導入された状況下においても、フィジカル（物理）空間の課題に対して、サイバー空間における分析により最適化を実現していくことが可能となる。また、将来的には、サイバー空間と電力市場や制度対応等の領域との連携を進めることで、更なる運用最適化が可能になると考えられる。
- 複雑化・多様化した取引においては、分析に活用するデータのリアルタイム性が重視されるため、取引に使う計量値の高粒度化・高頻度化が求められる。スマートメーターでの計量値に関しても、30分値・15分値以上のデータ取得を求める可能性が考えられる。



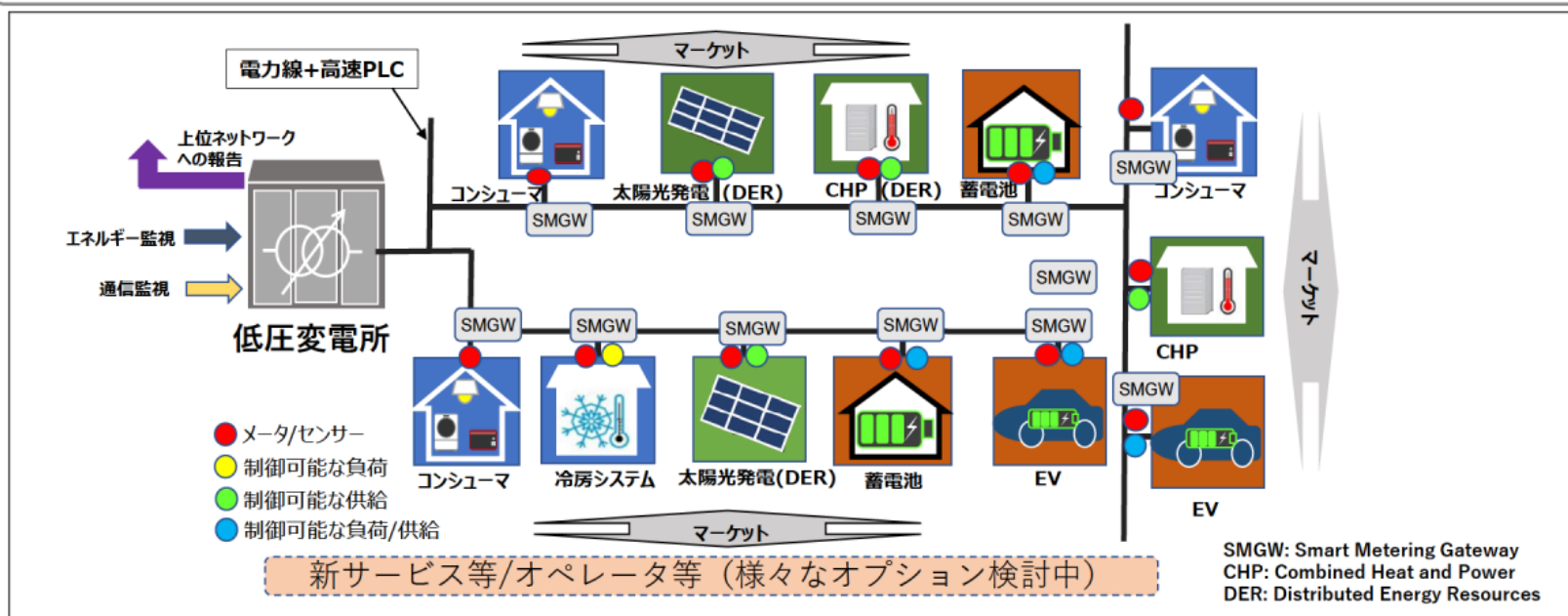
出所) 東芝エネルギーシステムズ ウェブサイトより
https://www.toshiba-energy.com/technology/papers/post_7.htm
<2021年1月22日閲覧>

第3世代以降での想定ユースケースについて②

- 第3世代スマートメーターが導入される2030年代後半では、カーボンニュートラルの実現に向け、再エネ電源の導入が更に加速すると考えており、配電系統内での電圧調整や余剰電力量の融通（P2P）取引など、需要家のDERを統合制御し最適運用することが求められる。
- ドイツでは実証レベルでは配電系統運用において数分単位の計量データを高速PLC技術を利用して収集・活用しており、この事例のように、DERが集中設置された配電系統内では、より粒度の細かいデータをリアルタイムに近い頻度で収集するニーズが高まっていく。（ドイツのSmart Meter GatewayはPLCもしくはLTEに対応）

新しい分散型エネルギーシステム(DER)における通信に関する要件

- ・ 数分程度（5分以内）の時間スケールで大量の個別ユニットを制御する必要（**ブロードバンド通信**）
- ・ BSIが定めた**高度なセキュリティ認証要件**：IPv6、802.1X+PKIによる認証等
※SMGWに要求されるBSI認証に関して、高速PLCとしてはIEEE 1901b着手（2020年10月）
- ・ **Smart Metering GW(Hub)** でガス、電気、水道等メータデータおよび、エネルギーデバイスのデータを集約



その他の論点

仕様統一化に関する論点

- 第3回次世代スマートメーター制度検討会にて、一般送配電事業者から、次世代スマートメーター仕様において、全国で統一的な規格を検討していくことが発表された。
- 本検討会で追加が議論されている機能や、既存の仕様の違いのメリット/デメリットを踏まえ、統一仕様を検討していくことが望まれる。

<一般送配電事業者間で仕様が異なる例（「一体型」・「ユニット型」）>

一体型



（東京電力他 8 社）

ユニット型



（関西電力・九州電力）

一体型/ユニット型の比較

	一体型		ユニット型	
	10年後	20年後	10年後	20年後
計量部 (法定取替10年)	取替	取替	取替	取替
通信部	取替	取替	—	取替
端子部	—	取替	—	取替
イメージ図				
＜凡例＞				
10年使用				
20年使用				

出所)資源エネルギー庁ウェブサイト
<https://www.meti.go.jp/main/60sec/2016/20160401001.html> <2020年12月3日閲覧>

Bルート運用ガイドラインに関する論点

- スマートメーターとHEMS等の間での計量値等のやり取りは、HEMS-スマートメーターBルート(低圧電力メーター)運用ガイドラインに記載されている。(最新版はH26年9月の第2版)
- 今回、Bルート用に有効電力量1分値を保存・提供するのであれば、プロパティに追加しなければいけない。その他、Bルートでの提供要望のあった供給地点特定番号等も、仕様として採用するのであれば、同様にプロパティ追加が必要となる。
- また、共同検針等で複数機器をスマートメーターに接続する場合についても、現ガイドラインでは規定されていない。Bルート運用ガイドラインの範囲で取り扱うべきかも含めて、議論が必要である。

2. スマートメーターBルートからHEMSに提供される情報とコマンド一覧

- スマートメーターBルートからお客様（需要家）へ提供されるデータは全てECHONET Lite低圧スマート電力量メータクラスのプロパティにおいて定義される。(下記参照)
- 瞬時の定義は、お客様（需要家）が情報を取得したい時から遅滞無く当該情報が取得できることを指す。なお、情報取得の遅延に関しては、その情報を活用したアプリケーション（サービス）が適切に利用可能でなければならないが、通信がベストエフォートであることを前提とする。
- 「積算電力量（30分積算値）」「時刻情報」等に関しては電力会社等の料金算定用データと同じものとする。
 - （補足）Bルートから得られる電力等使用情報を用いた取引・証明に関しては、計量法の検定を受けたメーターから得られるデジタルデータであることから、当該データを用いて取引・証明を行うことに、計量法上の問題はない（Aルートから得られる情報と差異はない）。【第14回スマートメーター制度検討会(平成26年3月)確認事項】
- お客様（需要家）は、Bルート経由で入手したデータを自己の責任で適切に管理することにより自由に利用できるものとする。

エコーネット必須コマンド（スマートメーターBルート）一覧 HEMS-TF

プロパティ一覧	EPC	プロパティ一覧	EPC	プロパティ一覧	EPC
動作状態	0x80	状態アナウンスプロパティマップ	0x9D	積算電力量計測値（逆方向）	0xE3
設置場所	0x81	Setプロパティマップ	0x9E	積算電力量計測値履歴（逆方向）	0xE4
規格バージョン情報	0x82	Getプロパティマップ	0x9F	積算履歴収集日	0xE5
異常発生状態	0x88	積算電力量有効桁数	0xD7	瞬時電力計測値	0xE7
メーカーコード	0x8A	積算電力量計測値（正方向）	0xE0	瞬時電流計測値	0xE8
現在時刻設定	0x97	積算電力量単位（正・逆方向）	0xE1	定時積算電力量（正方向）	0xEA
現在年月日設定	0x98	積算電力量計測値履歴（正方向）	0xE2	定時積算電力量（逆方向）	0xEB

出所) HEMS-スマートメーターBルート(低圧電力メーター)運用ガイドライン (第2版)

https://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/shoujo/smart_house/pdf/006_s03_00.pdf<2021年1月20日閲覧>

サイバーセキュリティに関する論点

- スマートメーターシステムは、一般送配電事業者が運用するシステムとして、系統運用や電力供給に関わる重要なシステムであり、厳密にサイバーセキュリティ対策を実施すべきものとする。
- 2019年に改訂された日本電気協会「スマートメーターシステムサイバーセキュリティガイドライン」の内容を踏襲することを基本とし、経産省「サイバー・フィジカル・セキュリティ対策フレームワーク（CPSF）」等の動きや各国のサイバーセキュリティ対策同行を踏まえながら次世代スマートメーターに必要なサイバーセキュリティ対策を検討していくことが必要である。
- 特に、共同検針により、ガス・水道メーターから電力メーターへとアクセスすることや、Wi-Fi利用の可能性などが、新たなサイバーセキュリティリスクの検証が必要な要素と考える。

＜スマートメータシステムセキュリティガイドライン＞

- ・ 2015年2月
資源エネルギー庁を中心としたスマートメーター制度検討会セキュリティ検討WGにて、ガイドライン策定要件等を取りまとめる。
- ・ 2016年3月
第85回JESC委員会にてガイドライン策定。

（共通事項）

■ セキュリティ管理組織の設置及びマネジメントシステムの構築、教育の実施等を記載。

機器

・セキュリティ仕様 ・ファームウェアアップデート

通信

・通信プロトコル ・暗号 ・ネットワーク分離

システム

・コマンド管理 ・外部記憶媒体利用制限

運用

・管理者権限管理 ・ログ取得 ・データ管理

物理

・セキュリティ区画保護 ・アクセス管理

＜電力制御システムセキュリティガイドライン＞

- ・ 2014年9月
日本電気技術規格委員会（JESC）で検討開始。
- ・ 2015年6月
同委員会情報専門部会を新たに設置。
- ・ 2016年5月
第86回JESC委員会にてガイドライン策定。

設備・システム

・ネットワーク分離 ・通信データ保護
・不正処理防止 ・アクセス制御

運用・管理

・セキュリティ仕様 ・データ管理
・管理者権限割当 ・セキュリティパッチ



安定供給等の観点から、システムの重要度を定義



重要度に応じた追加的セキュリティ対策を提示

・ログの取得 ・入退管理

(ご参考) 電力分野へのサイバー攻撃

- 近年、電力システムを狙うサイバー攻撃の事案は増加傾向にある。従来の情報窃取等を目的とした攻撃だけでなく、フィジカルシステムにダメージを与える攻撃のリスクが増大。
- 国民の安全に責任を持つ政府と、電力の安定供給に責任を持つ事業者が連携し、対策に取り組む必要がある。

電力ネットワーク設備への妨害攻撃（米、'19）

電力ネットワーク管理システムの脆弱性をついた攻撃により、発電所等に設置されたネットワーク機器が強制再起動を繰り返し、通信障害が発生した。

エネルギー企業への大規模スパイ活動（米欧、'14）

ハッカーグループ「Dragonfly」によって、米国、欧州の電力会社、産業機器メーカー等を中心に大規模なフィッシング攻撃キャンペーンが展開された。ソフトウェアの更新プログラムやフィッシング詐欺メール等の手段が用いられた。

核施設へのサイバー攻撃（イラン、'09）

マルウェアStuxnetが制御系システム内にUSBメモリを通じて感染し、一部設備が破壊された。マルウェアは制御系システムに対応した個別機能を有する標的型であった。

送配電システムへの不正アクセス（ウクライナ、'15）

標的型マルウェア「BlackEnergy3」により、電力会社のオペレーター端末が乗っ取り被害にあい、遠隔地から不正な操作をうけた。ウクライナ西部にて停電被害が発生。

変電所へ標的型マルウェア攻撃（ウクライナ、'16）

事務系システムから侵入したマルウェアCrashOverrideによって、変電所のブレーカーが不正に遮断、停電が発生した。マルウェアには電力分野で広く用いられる産業用制御プロトコルに対応した様々な機能が実装されていた。

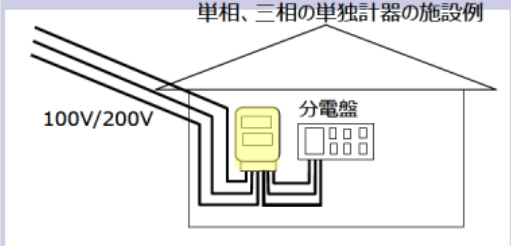
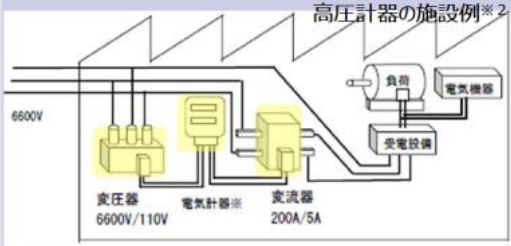
太陽光発電インバータに複数の脆弱性（独、'17）

独SMA社のPVインバータに関連した14件の脆弱性が報告された。機器乗っ取りを可能とする脆弱性が含まれ、電源大量離脱の可能性が指摘された。SMA社は一部に反論しつつ、深刻な脆弱性の修正を実施した。



高圧・特別高圧スマートメーターに関する論点①

- 高圧・特別高圧メーターについては、低圧スマートメーターに先駆けて導入されており、既に需要側については設置が完了。
- 発電側メーターについても、需要家が設置したメーターの更新タイミングで順次スマートメーター化されており、旧一電発電設備への導入は2024年度中に完了予定。
- 低圧スマートメーターとは仕様が異なるところも多々見られる。高圧・特別高圧スマートメーターについても、今後のユースケースを踏まえ、新たに仕様追加/変更の必要がないか議論すべきと考える。

	低圧メーター	高圧・特別高圧メーター
施設方法	回路上に計量器を設置 	回路上に変圧器、変流器を設置し、その変換後の電圧・電流を計測する計量器を設置 
主な計量項目	有効電力量30分値	有効電力量30分値、無効電力量30分値 最大需要電力（30分平均）
通信方式	無線マルチホップ・1N・PLC	高圧：無線マルチホップ・1N・有線 特別高圧：1N・有線
Bルート通信	920MHz帯無線通信・PLC	有線
システム	低圧向けに構築	一部、低圧メーター導入前のシステムを利用 （自動検針システム等）

出所) 資源エネルギー庁「第3回次世代スマートメーター制度検討会」資料2より三菱総研作成

高圧・特別高圧スマートメーターに関する論点②

- 高圧・特別高圧需要家は低圧需要家と比較し、取引規模が大きく、敷地面積も広いことが多い。
- 取引規模が大きいため、別途設備（パルス測定器等）を導入することも可能であり、スマートメーター以外の計量器を需給調整・エネマネ等に利用することが多い。
- 敷地面積が広いことからBルート of 接続についても、低圧メーターとは違った課題が想定される。

- 平成26年における官民検討においては、高圧スマートメーターBルートからメディアブリッジによるデータ転送を例示した。実運用においては高コストかつ複雑であり、スマートメーターBルート経由でスマメに事実上アクセスできない結果となった

現在の高圧スマメ設置場所



高圧スマメとVPPなどで制御対象となる需要家側設備のある場所と距離があり、スマメのデータを取り出せないという課題

引用：令和2年度資源エネルギー庁VPP実証アグリゲーションコーディネーター

①メーター移設による解決



- 現在のスマートメーター設置場所(1号柱)から計器移設場所(店舗壁面)の距離を約35mとした場合の工事。移設工事の前に1号柱から店舗壁面までのケーブルルートを準備(地中埋設路の確保または壁面への吊架支持点設置)する必要がある。その金額が高額

②メーター付近に「メディアブリッジ」を新設

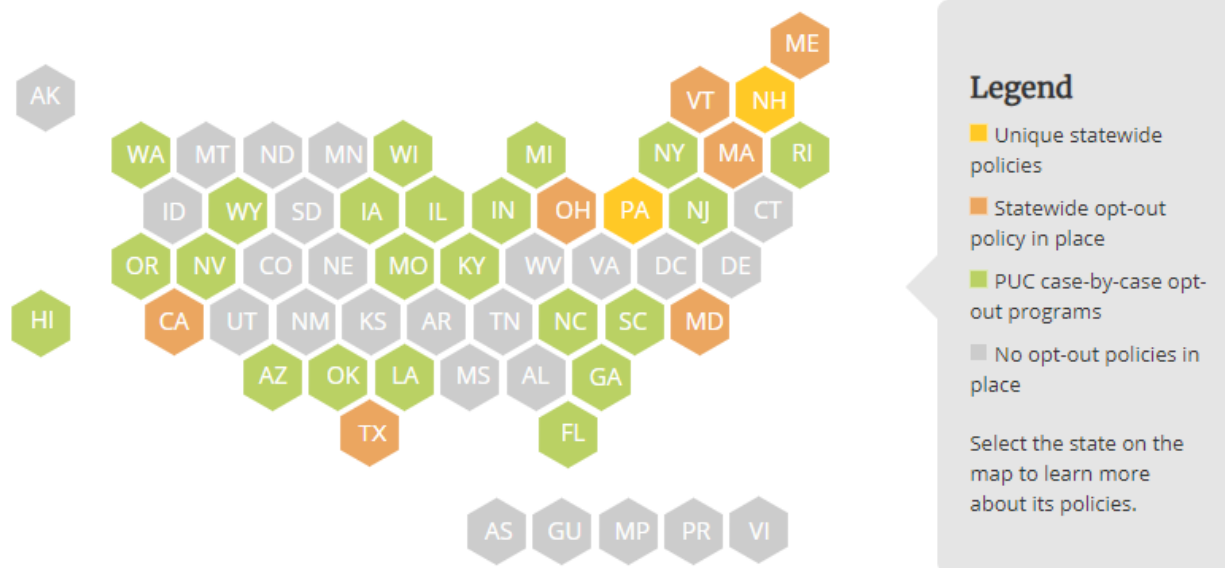


- 屋外利用可能な2.4GHz帯Wi-Fi基地局を総通局で登録手続きの上で利用
- P A S 制御箱等から電源を取り出すことが出来ず、新たに電気工事を行い、1号柱付近に電源を設け、そこにWi-Fi基地局を新設

オプトアウトに関する論点

- 米国の一部の州や英国等では、健康被害やプライバシー問題の懸念からスマートメーターの設置を拒否する権利（オプトアウト）に関するポリシーが策定されている。
- 米国ワシントン州の電力会社Tacoma Public Utilityの顧客17万8千世帯のうち、約0.5%がオプトアウトを希望している。
- 米国では、オプトアウトを認める場合は有償での対応（初期費用・月額費用を請求）となり、あらかじめ費用が定められている。
- 日本においても、スマートメーターの導入に否定的な需要家の権利を尊重するとともに、オプトアウトによる追加検針費用負担の在り方についても議論していくことが求められる。

州別のオプトアウトプログラム適用状況
(灰色以外の州は何等かのオプトアウトプログラムを適用)



出所) National Conference of State Legislatures
<https://www.ncsl.org/research/energy/smart-meter-opt-out-policies.aspx>
 <2021年1月27日閲覧>

オプトアウト時の費用負担例

電力会社	初期費用	月額費用S
Seattle City Light	\$208.64	\$15.87
Puget Sound Energy	\$90	\$15
Avista	\$75	\$10
ComEd	\$77.47	\$21.53
Con Edison	\$104.74	\$9.50
Grand PUD	\$250.99	\$64.34

出所) Tacoma Public Utility「Advanced Metering Infrastructure (AMI) Program Policies Discussion: Opt-Out and Customer Side Repairs」
<https://www.mytpu.org/wp-content/uploads/AMI-PUB-Policies-Opt-Out-and-Customer-Repairs-Presentation-20200610-v2.0.pdf> <2021年1月27日閲覧>

本資料の前提条件

- | | |
|---------------------|---|
| 1. 位置付け | 本資料は、本講演で使用されることを目的として作成されたものであり、その他の目的に使用されることを予定しておりません。 |
| 2. 情報の正確性・免責 | 本資料は、ご提示時点で入手可能な情報および経済、市場、その他の情報に基づいて一定の仮定に基づき作成しているものです。作成した情報の正確性・完全性及びそれを使用した結果等について弊社は一切の責任を負いません。 |
| 3. 商標使用 | 本資料に第三者の商標が含まれている場合がありますが、当該商標の使用は本資料の出所を表すものではなく、ご理解を深めるために本資料限りの記載であります。 |



株式会社三菱総合研究所