

「ドイツ連邦共和国におけるスマートコミュニティ実証事業」

(事後評価)

(2015年度～2017年度 3年間)

実証テーマ概要 (公開)

NEDO (スマートコミュニティ部・国際部)

事業者名: NTTドコモ、NTTファシリティーズ

日立化成、日立情報通信エンジニアリング

2018年7月25日

1. 事業の位置付け・必要性（N E D O）

- ・国際実証の目的 ・実証の背景 ・事業の意義
- ・政策的必要性、NEDO関与の必要性

2. 実証事業マネジメント（N E D O）

- ・相手国との関係構築 ・実証体制
- ・役割分担 ・事業内容 ・事業計画

3. 実証事業成果（実施者：タイプA, タイプB）

- ・事業の成果 ・達成状況

4. 事業成果の普及可能性（実施者：タイプA, タイプB）

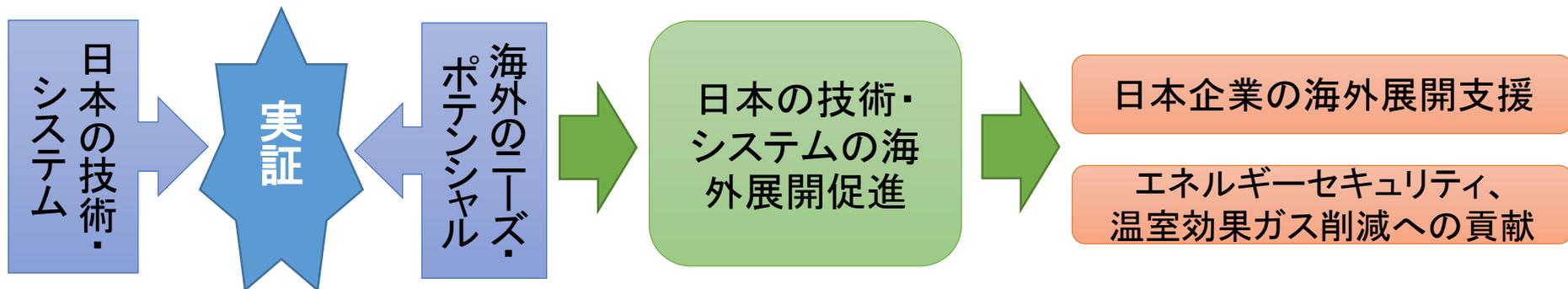
- ・成果の競争力 ・普及体制
- ・ビジネスモデル ・政策形成・支援措置
- ・市場規模、省エネ・CO₂削減効果

1. 事業の位置付け・必要性(1-1. 国際実証の目的)

◆ 1-1-1. 国際実証の目的 (基本計画から抜粋)

- 我が国が強みを有するエネルギー技術・システムを対象に、相手国政府・公的機関等との協力の下、海外の環境下において技術・システムの有効性を実証し、民間企業による普及につなげる。
- これにより、海外のエネルギー消費の抑制を通じた我が国のエネルギー安全保障の確保に資するとともに、温室効果ガスの排出削減を通じた地球温暖化問題の解決に寄与する。

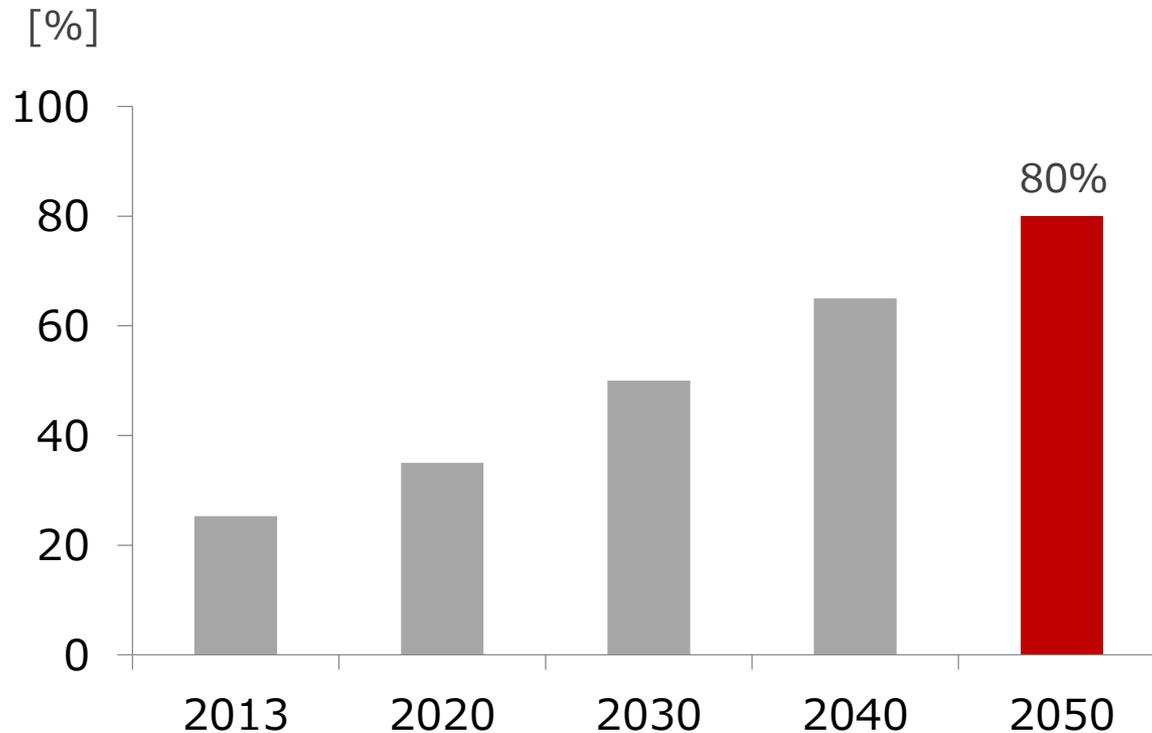
国際エネルギー実証のイメージ



1. 事業の位置付け・必要性(1-2. 実証の背景)

◆ 1-2-1. ドイツの電気事業を取り巻く環境 (ドイツ政府)

- ・ 1998年：電力小売の全面自由化
- ・ 2000年：再生可能エネルギー発電固定価格買取制度 (FIT)の導入
- ・ 2014年：再生可能エネルギー法 (EEG) 改正 直接市場化 (FIP)へ移行
- ・ 2017年：「テナント電力促進法」施行
- ・ 2050年：再エネ導入比率**80%**目標

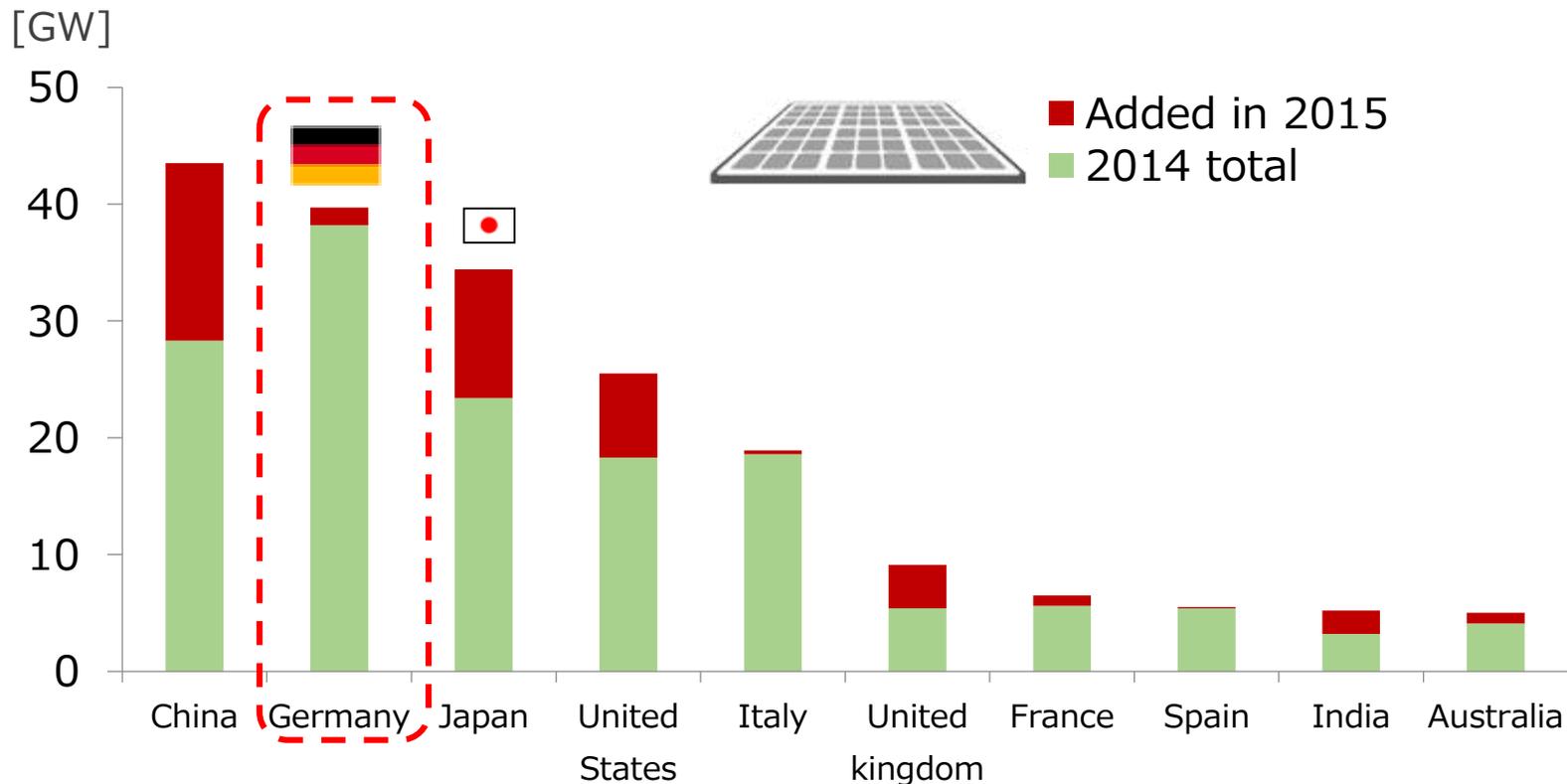


Source : Created by DOCOMO based on data from BMWi "Die Energie der Zukunft"

1. 事業の位置付け・必要性(1-2. 実証の背景)

◆ 1-2-2. 太陽光発電設備 導入容量の国別比較 (2015)

2015年時点で、ドイツは世界第2位、日本は第3位の設備容量となっている

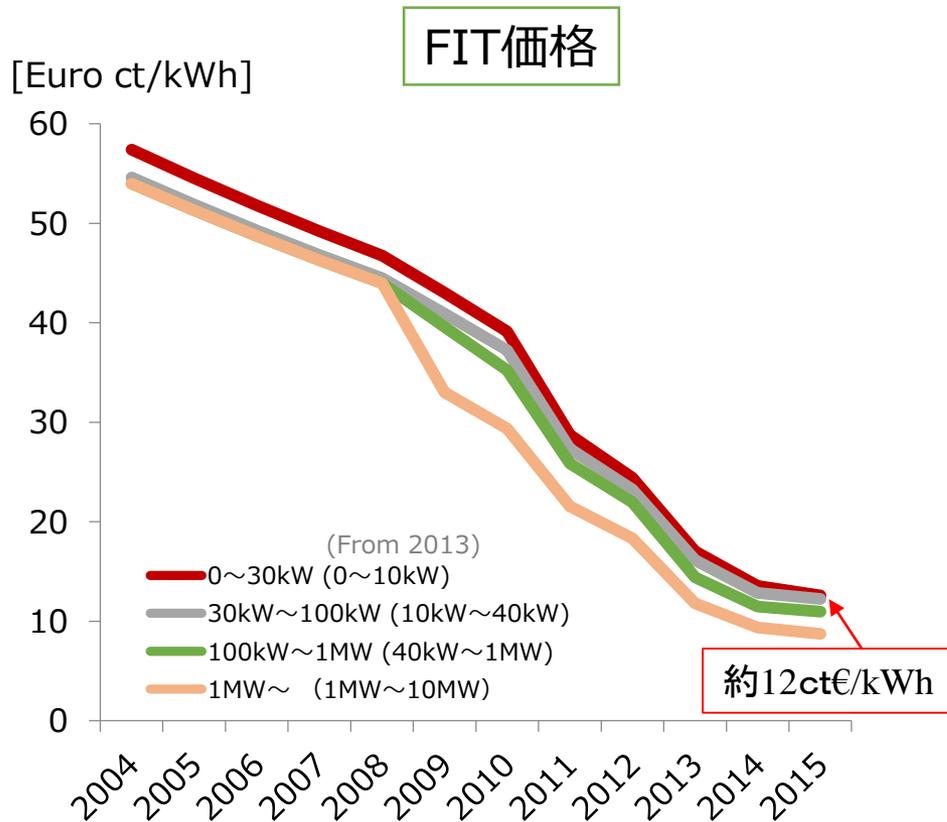


Source : Created by DOCOMO based on data from REN21 "RENEWABLES 2015 GLOBAL STATUS REPORT"

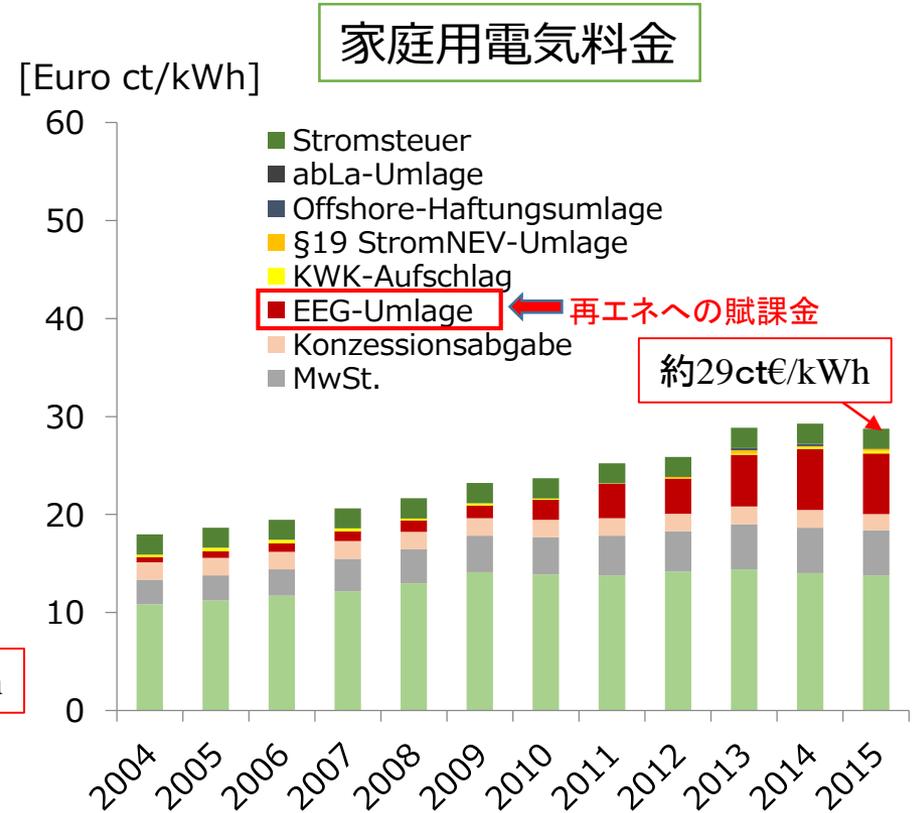
1. 事業の位置付け・必要性(1-2. 実証の背景)

◆ 1-2-3. ドイツにおけるFIT価格と電気料金の推移

太陽光発電 (PV)が大幅に普及した結果、FIT価格は下落、一方電気料金は増大しており、FIT制度の役割は再生可能エネルギーの大量導入という一定の成功を収め、事実上終了した。



Source : Created by DOCOMO based on data from Bundesnetzagentur



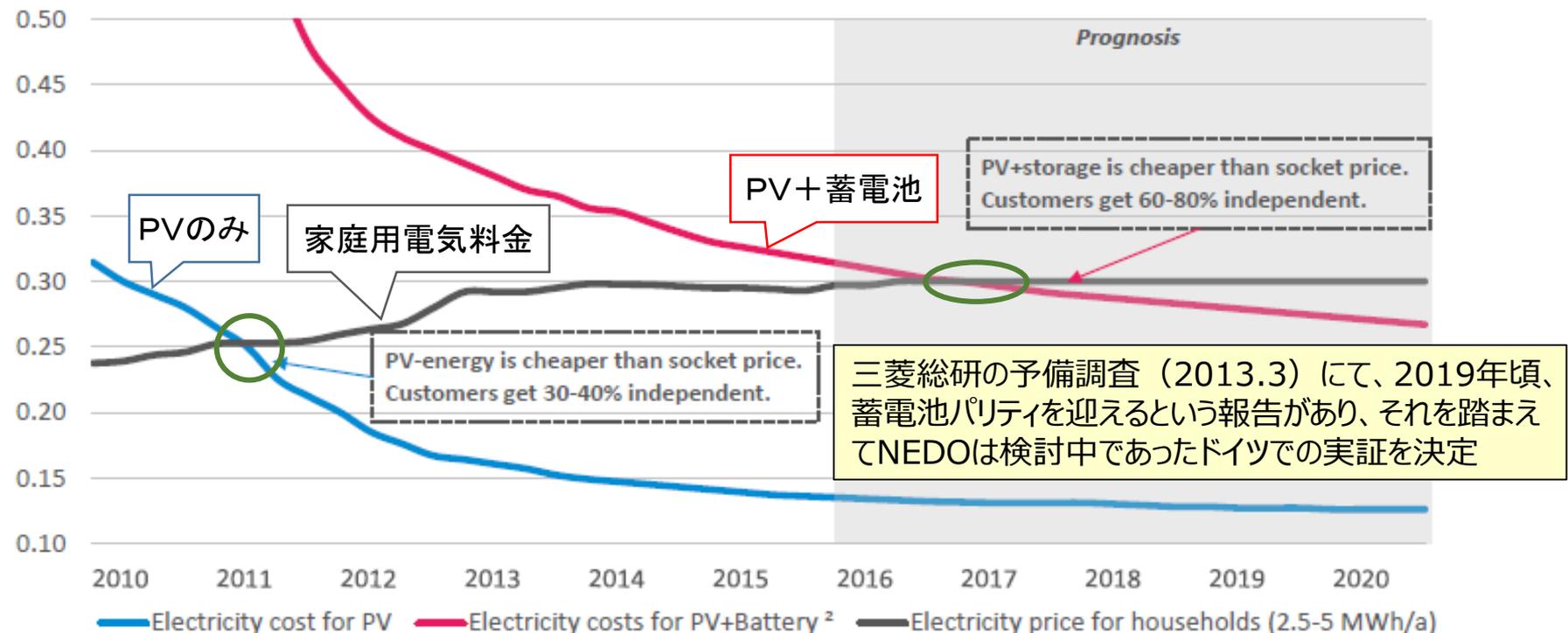
Source : Created by DOCOMO based on data from BDEW "Strompreisanalyse Juni 2015"

1. 事業の位置付け・必要性(1-2. 実証の背景)

◆ 1-2-4. ドイツにおけるPVならびに蓄電池からの電気調達価格と家庭用電気料金の推移

- ・2011年に住宅向けPVの「グリッドパリティ」が成立して以降、PV発電の利用は自家消費にシフト。
- ・2019年頃にはPV+蓄電池の「蓄電池パリティ」が工事費を含めて成立する見込み。
⇒PV発電の余剰電力を蓄電し、自家消費を向上させる仕組みがその後普及していくと想定。

Anticipated development of electricity costs for PV and PV+Battery
(2010 – 2020, in EUR/kWh¹)



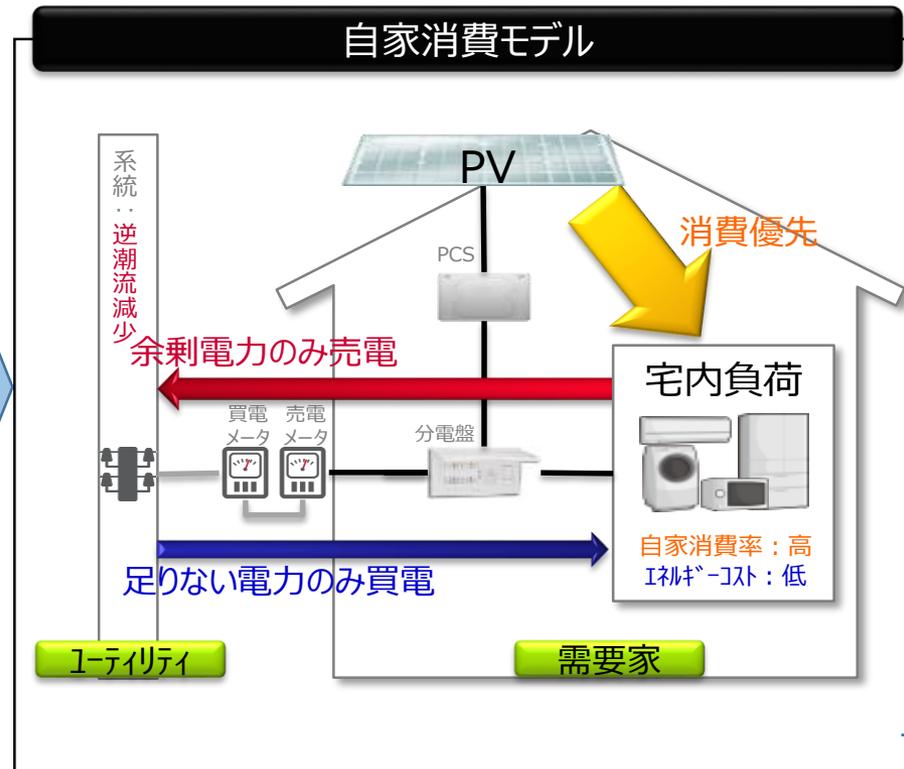
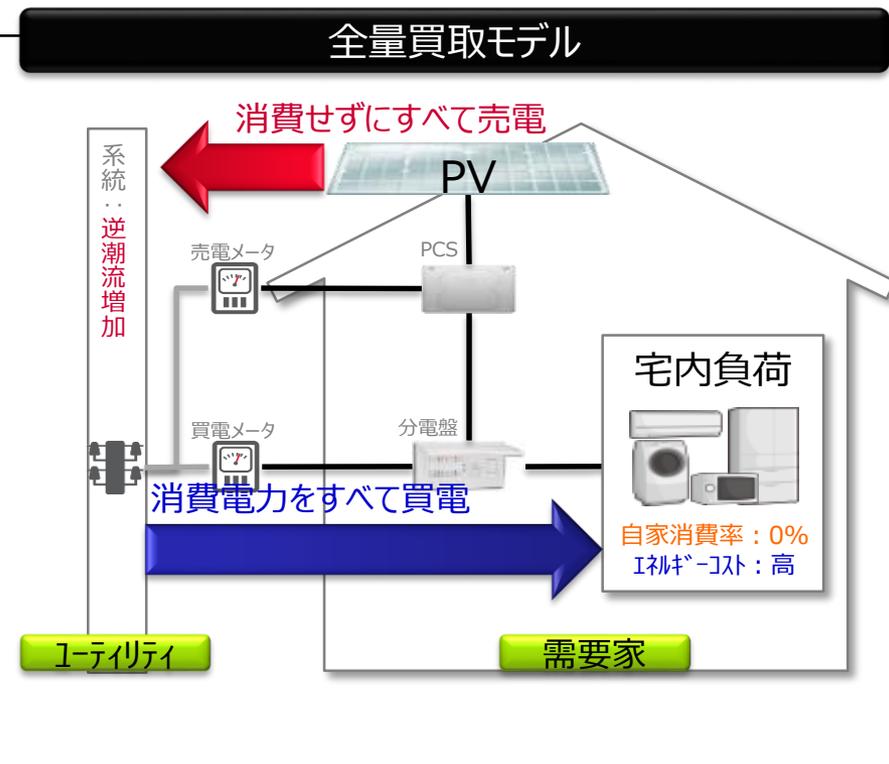
Note: ¹Model calculation for rooftop systems, based on 802 kWh/kWp (Frankfurt/Main), 100% financing, 6% interest rate, 20 year term, 2% p.a. O&M costs. ² based on 5,000 cycles, C2, 87% efficiency. Sources: Own calculation; System Prices: BSW 2016; Model Calculation: Deutsche Bank 2010; Electricity Prices 2007-2015: Eurostat 2016; Electricity Prices 2016-2020: own estimate at 0.29ct/kWh.

1. 事業の位置付け・必要性(1-3. 意義)

◆ 1-3-1. 自家消費モデルのメリット

・PV発電電力をできる限り宅内で消費する「**自家消費モデル**」の確立により、系統側にもメリット

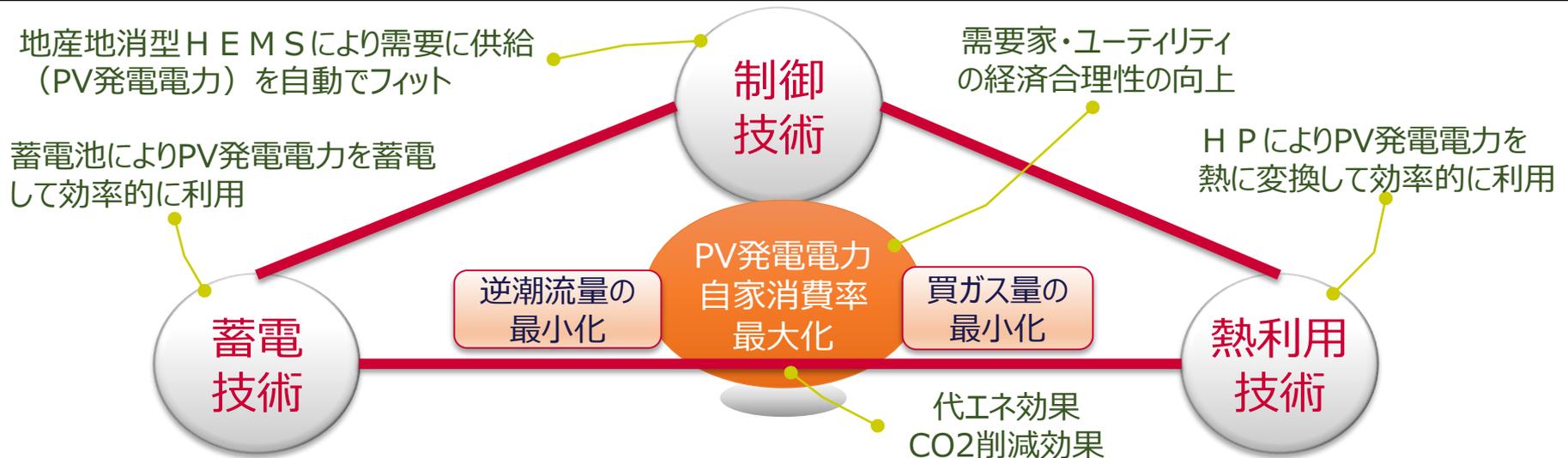
| | |
|-----------------------|---|
| <p>需要家</p> | <p>FIT価格の減少/買電価格の上昇に伴い、自家消費を推進することで、相対的エネルギーコスト減により経済性が向上する。</p> |
| <p>ユーティリティ</p> | <p>逆潮流が減少し、配電系統の安定化対策コストが減少する。 (自由化競争激化の中、顧客の困り込みならびに、PV普及による販売電力減少に備え、電気を売る以外の新たなビジネスモデルを模索)</p> |



1. 事業の位置付け・必要性(1-3. 意義)

◆ 1-3-2. 実証のコンセプト

- ・本実証では、PV発電電力の**自家消費率を最大化**するシステムを開発
- ・本システムは、**蓄電池**および**ヒートポンプ(HP)**とこれを最適にコントロールする**地産地消型HEMS**(Home Energy Management System)から構成され、居住者の生活パターンを変えることなく需要に供給を自動でフィットさせる新しいアプローチを実現



2014年当時のドイツでのHEMS実証の展開状況

| HEMSサービスモデル | 実証事業 | サービス | 内容・評価 |
|-------------|--------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| 地産地消型 | Vattenfall社 SmartHarfencityプロジェクト | SMA社 「Flexible Storage System」 | PVと蓄電池は導入されているが高度な制御システムは導入されていない |
| 省エネ型 | | ドイツテレコム「QIVICON」 | 宅内機器の制御・電力見える化 |
| ピークシフト型 | MOMAプロジェクト | | ピークシフトのために宅内機器制御 |
| マーケット参加型 | Lichtbich社バランシングマーケット参加実証 | | 当時は十分な収益を得られず |

1. 事業の位置付け・必要性(1-3. 意義)

◆ 1-3-3. 日本の優位性

- ・自家消費モデルを実現する「**地産地消型HEMS**」の技術開発を含めて、我が国が先進的な取り組みを行っており、知見を蓄積
- ・2014年時点では、ドイツにおいて同一コンセプトの技術は展開されておらず、我が国技術の優位性を訴求可能

| 対象技術 | 主要な設備 | 我が国の強み |
|-------|--|--|
| 蓄電技術 | 蓄電池 | <ul style="list-style-type: none">・我が国では、先進的な蓄電池の技術開発が行われてきている・近年では、韓国、中国勢の台頭によりシェアは低下しているが、未だ世界的に高いシェアを有する・家庭における蓄電技術の利用として、災害対策としての意識から、蓄電池を搭載した住宅や蓄電池のレンタルサービスなど、実用化が進んでいる |
| 熱利用技術 | ヒートポンプ | <ul style="list-style-type: none">・我が国は、他国と比較してヒートポンプの普及と開発が進んでおり、多様な環境でのヒートポンプの利用に関する技術とノウハウを有している・我が国のヒートポンプメーカーは、ボイラー利用の暖房が主流である欧州において、ヒートポンプへの置き換えによる市場の開拓を進めており、既に販売実績を蓄積しつつある |
| 制御技術 | HEMS ※Home Energy Management System | <ul style="list-style-type: none">・我が国では、住宅に設置した太陽光発電の自家消費を促進するHEMSについて、既に実世帯におけるトライアルや実証を実施しており、制御ロジックのノウハウを有している |

1. 事業の位置付け・必要性(1-4. 政策的必要性)

◆ 1-4-1. 政策的必要性

ドイツのニーズ

蓄電池パリティを控え、需要家・ユーティリティ双方にとって、分散電源の「地産地消」のニーズが高まっているが、(大手住宅メーカーが無く) HEMSの技術・ノウハウの蓄積が無い

日独双方の「Win-Win」関係

日本のニーズ

ドイツの課題を解決する制御技術 (HEMS)ならびに高い蓄電・熱利用技術を有している。本課題を解決し当該分野における技術水準を高め、周知することで、将来蓄電池パリティを迎えることになる我が国の再エネの普及を推進すると同時に、インフラシステム輸出戦略へ貢献したい

我が国の技術

制御技術

蓄電技術

熱利用技術

今後の我が国の再エネ普及推進へ



住宅における熱を含めた
トータルのエネルギーコストを低減



PV発電電力を自家消費

我が国の
インフラ・システム
輸出戦略への貢献



ドイツにおける自家消費モデルの確立

出典) 経済産業省「エネルギー基本計画」より

1. 事業の位置付け・必要性(1-5. NEDO関与の必要性)

◆ 1-5-1. NEDO関与の必要性

NEDOが推進すべき事業

「NEDOのミッション」

エネルギー・地球環境問題の解決、産業技術の強化

「国際エネルギー実証のミッション」

将来の先行実証、エネルギーセキュリティへの貢献、
日本企業の海外展開支援

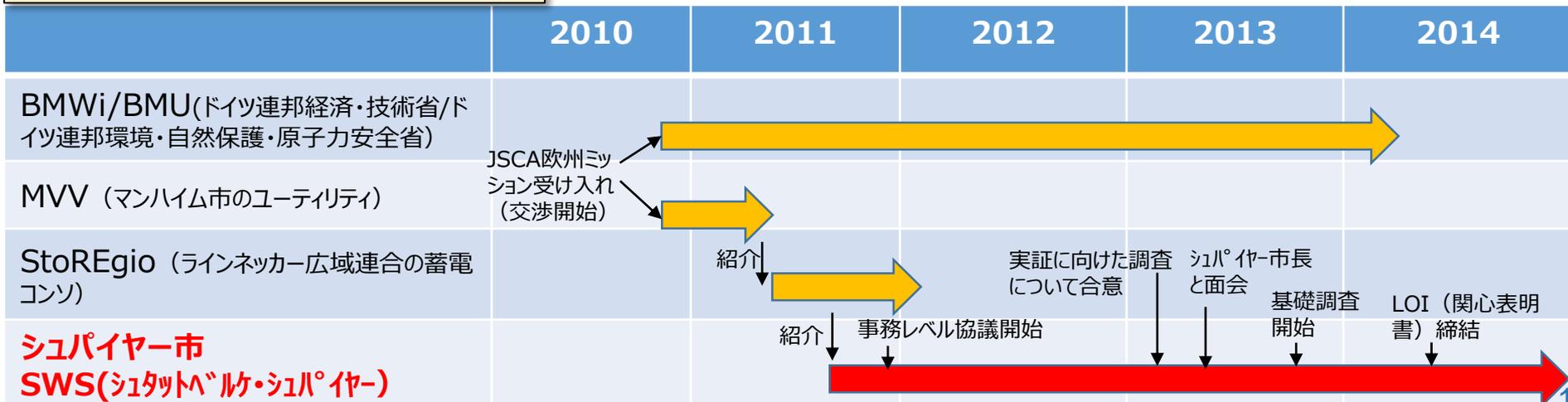
『実証の場』を創出

- ✓ 実証サイトを確保し、公共性の高い電力インフラでの実証を実現
- ✓ 一般市民の実証への参画を獲得
- ✓ 現地環境に即して技術をカスタマイズし、分析・検証
- ✓ 各プレイヤーに一定の便益をもたらすビジネスモデルを検証

実証事業を円滑に遂行していくためには、**官民一体となった取り組み**が必要であり、**政府機関とのネットワーク**を活用し、民間企業の海外市場での取り組みをサポート



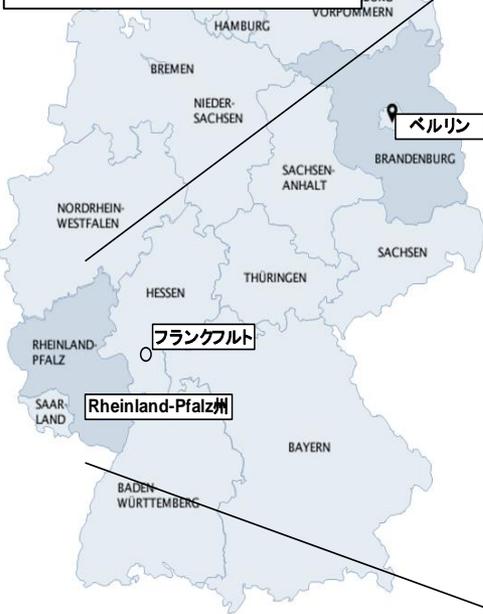
NEDOのドイツ側との交渉経緯



1. 事業の位置付け・必要性(1-5. NEDO関与の必要性)

◆ 1-5-2. シュパイヤー市の概要

◆ シュパイヤー市



Landkreise und kreisfreie Städte in Rheinland-Pfalz



- 立地：ドイツ中西部のラインラント-プファルツ州に属する都市
- 人口：約5万人、
- 世帯数：約2万3千世帯
(この10年程度微増・微減を繰り返し大きな変化なし)
- 気象条件：年平均気温10.9度(盛岡と同程度)
(7月:20.3℃、1月:1.9℃)
降水量は東京の1/3程度、日照時間は2000時間を超え、東京より若干多い



シュパイヤー市の再生可能エネルギー導入目標

電力を2030年までに100%再生可能エネルギーで賄う

Stromversorgung – 100 % regenerativ
Die Stadt Speyer setzt sich das Ziel, bis 2030 den in Speyer benötigten Strombedarf zu 100 Prozent regenerativ zu erzeugen

熱を2040年までに100%再生可能エネルギーで賄う

Wärmeversorgung – 100 % regenerativ
Die Stadt Speyer setzt sich das Ziel, bis 2040 100 Prozent der in Speyer verbrauchten Wärme regenerativ zu erzeugen.

2030年の再生可能エネルギーによる発電比率目標(%)

| | |
|---------|------|
| ドイツ政府 | 50% |
| シュパイヤー市 | 100% |

ドイツ政府よりもチャレンジングな目標を設定しているため、その実現に向けて、シュパイヤー市での実証に意義あり

1. 事業の位置付け・必要性(1-5. NEDO関与の必要性)

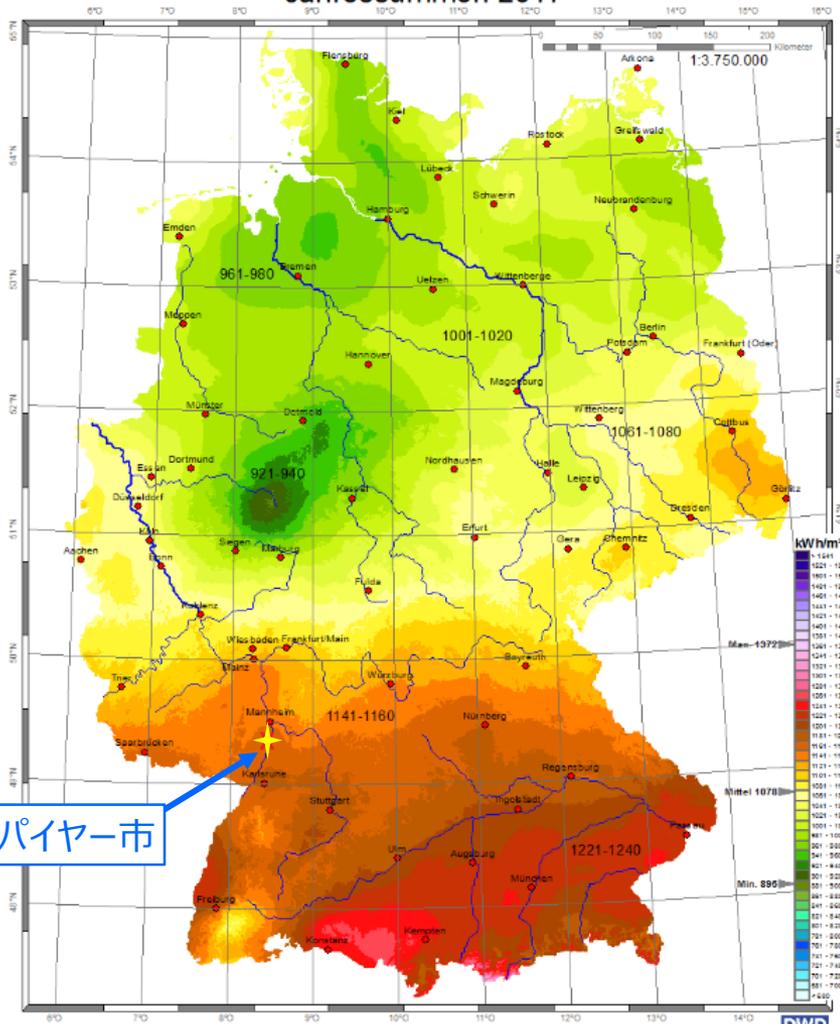
参考：シュパイヤー市の特徴

シュパイヤー市の日照条件

Globalstrahlung in der Bundesrepublik Deutschland

Basierend auf Satellitendaten und Bodenwerte aus dem DWD-Messnetz

Jahressummen 2017



一般家庭でのエネルギー消費 (参考)

- 平均的な電力消費：2600kWh/年
(3人家族、アパート形式、電気温水なし)
- 平均的な熱消費：8220kWh/年
(シュパイヤー市：アパート形式、60m²)

Type-A 電力 920 ~ 3100kWh
熱 900 ~ 7200kWh
Type-B 電力 平均 2442kWh

2. 実証事業マネジメント(2-1. 相手との関係構築の妥当性)

◆ 2-1-1. 相手国との関係構築

・実証期間中には、ステアリング・コミティを計5回開催し、ドイツ側との関係を構築

【2014年5月13日】
NEDOとシュパイヤー市との間で実証前調査にかかるLOI(関心表明書)を締結しました。



【2015年7月23日】
NEDOとシュパイヤー市、SWS(地域公共事業会社)との間で実証事業にかかるMOU(基本合意書)を締結しました。



【2016年5月30日】
運転開始式をシュパイヤー市で開催しました。
在ドイツ日本国大使館八木特命全権大使にもご出席いただきました。



【2018年3月9日】
成果報告会をシュパイヤー市で開催しました。
在ドイツ日本国大使館八木特命全権大使にもご出席いただきました。



ドイツ側カウンターパートによるドイツでの講演

【2015年10月】
「日独環境エネルギーフォーラム(ベルリン)」
・エガー市長がシュパイヤー実証の目的と概要を講演

この講演をきっかけとして

【2016年6月】
「ドイツ環境ウィーク」
・NEDOがパネルディスカッションを実施
・SWSビューリング社長が講演

【2016年11月】
「ベルリン日独センターが主催したワークショップ」
・「エネルギーの地産地消」がテーマの一つとなり、SWSビューリング社長が講演

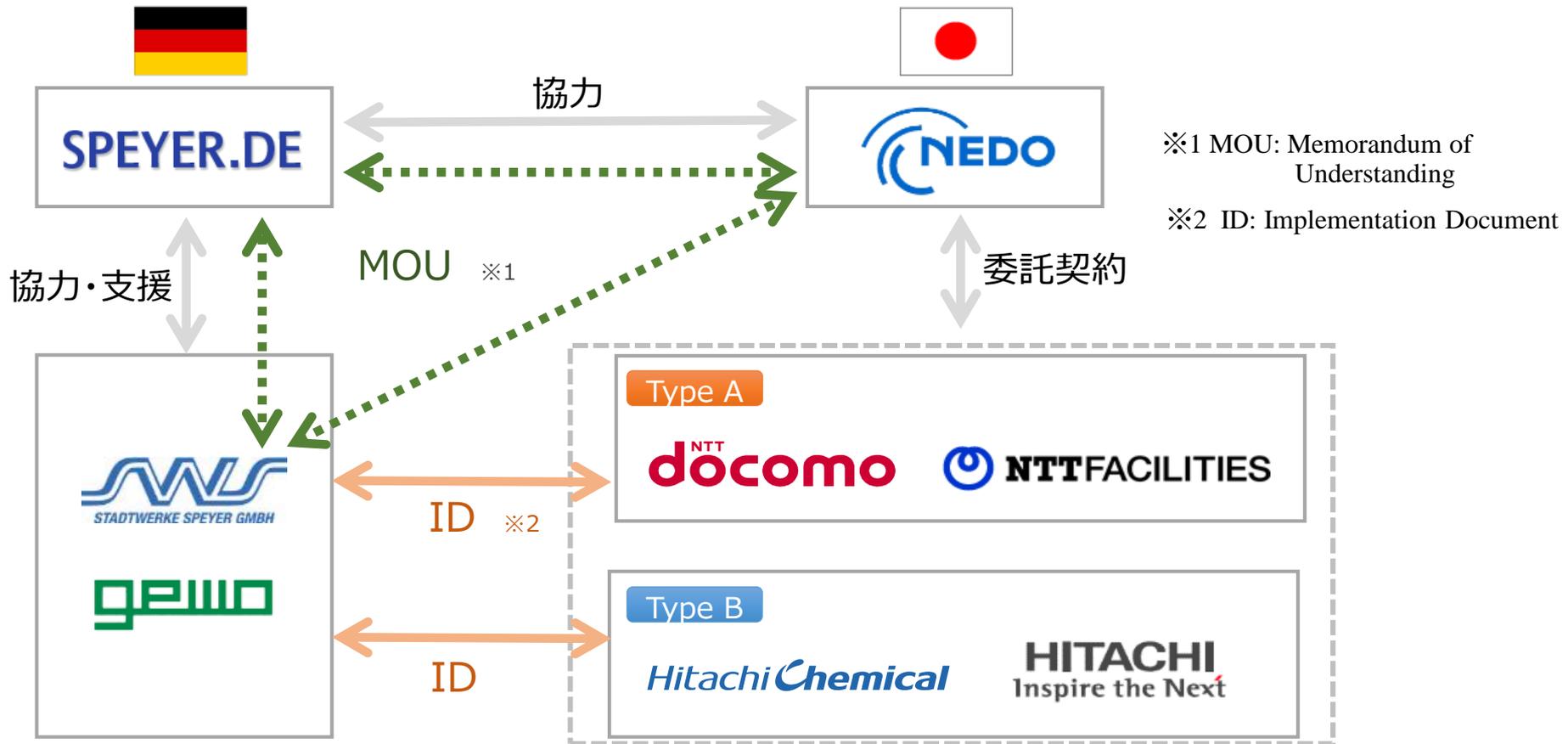
ドイツ側カウンターパートによる日本での講演

【2016年6月】
「スマコミサミット(日本)」
・エガー市長がシュパイヤー実証について講演

【2018年6月】
「スマコミサミット(日本)」
・SWSビューリング社長が「ドイツのエネルギー構造の変化」について講演

2. 実証事業マネジメント(2-2. 実施体制の妥当性)

◆ 2-2-1. 実証の体制の構築



SWS (シュタットベルケ・シュパイヤー) : Speyer市が株式を100%保有するGmbH (日本の株式会社に対応するドイツの「有限会社」)。Speyer市および周辺都市において、電力、天然ガス、浄水の供給を運営している。さらに、公衆浴場、街路灯、廃棄物処理会社も運営している。

業員数 : 230人、顧客数(電力) : 36,060

総資産 : 92.3m€

GEWO Wohnen GmbH (ゲボ・住宅公社) : Speyer市が大半の株式を保有するGmbH。Speyer市および周辺都市において、既設住宅の管理、リフォーム(省エネ改修、バリアフリー化を含む)、リペアを行っている。

従業員数 : 40人、保有物件 : 3,608

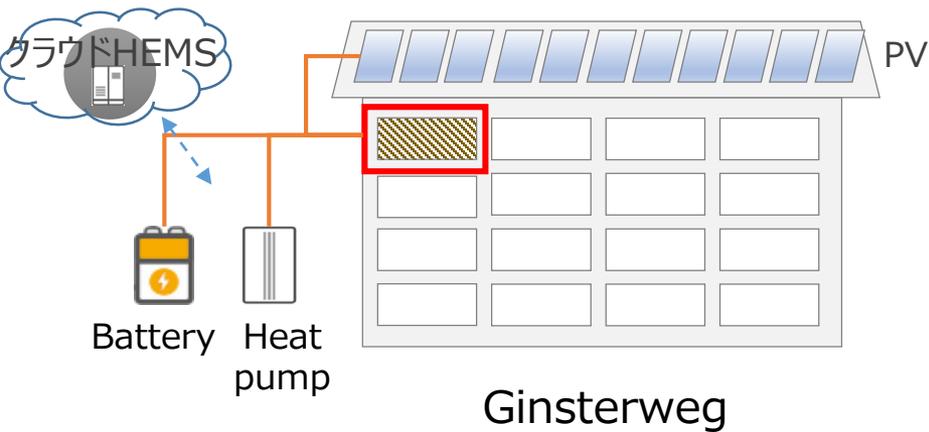
総資産 : 92.7m€

2. 実証事業マネジメント(2-3. 事業内容・計画の妥当性)

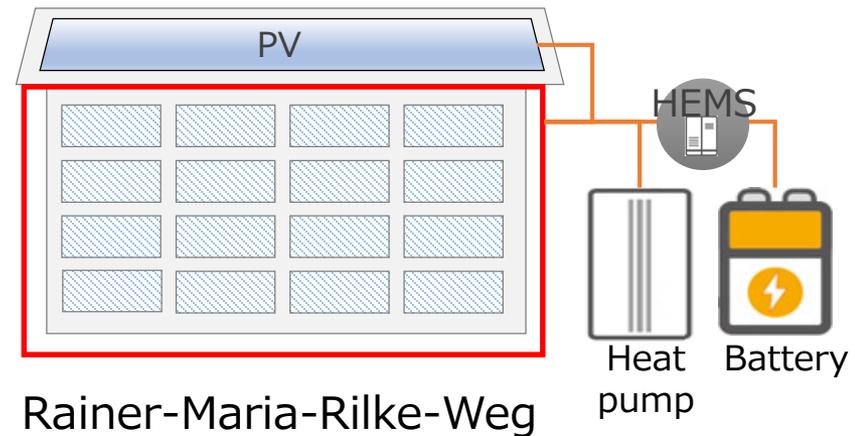
◆ 2-3-1. 事業内容

- ・戸建て住宅向け、集合住宅向け、2種類のH E M Sの普及を目的として2パターンの住居形態（戸建て・集合）を設定し、それぞれに対応した機器の仕様を選定。
- ・住宅選定の結果、シュパイヤー市内の2棟の集合住宅(各16世帯)を利用し実証することになった。

タイプA 世帯単位の自家消費モデル



タイプB 建物単位の自家消費モデル



NTT
docomo
NTT FACILITIES



Hitachi Chemical
HITACHI
Inspire the Next

2. 実証事業マネジメント(2-3. 事業内容・計画の妥当性)

◆ 2-3-2. 役割分担

タイプA

NTT docomo

- ・タイプA 幹事企業
- ・HEMSの開発、自家消費率等
取得データの評価分析
- ・ビジネスモデル案の評価分析

NTT FACILITIES

- ・設備の調達、設計・設置工事
土工工事

- ・ドモエ：「仙台市田子西プロジェクト」にて居住者の生活パターンに合わせてHEMSにて蓄電池・燃料電池の制御を行った実績あり。
- ・NTT-F：多数の実証にて設備の設計・設置を行った実績があり、技術・ノウハウを有している。

タイプB

Hitachi Chemical

- ・タイプB 幹事企業
- ・HEMSのアルゴリズム開発、
- ・設備の調達、設計・設置工事、土工工事
- ・自家消費率等取得データの評価分析
- ・ビジネスモデル案の評価分析

HITACHI
Inspire the Next

- ・ハイブリッドインバータの設計・設置・データ分析
- ・日立グループとして「柏の葉スマートシティ」において住宅内のエネルギーを管理する「柏の葉HEMS」等の構築実績あり。ハイブリッド蓄電池・ハイブリッドインバータの技術・ノウハウを有している。

ドイツ側の役割分担

SPEYER.DE

SWS
STADTWERKE SPEYER GMBH

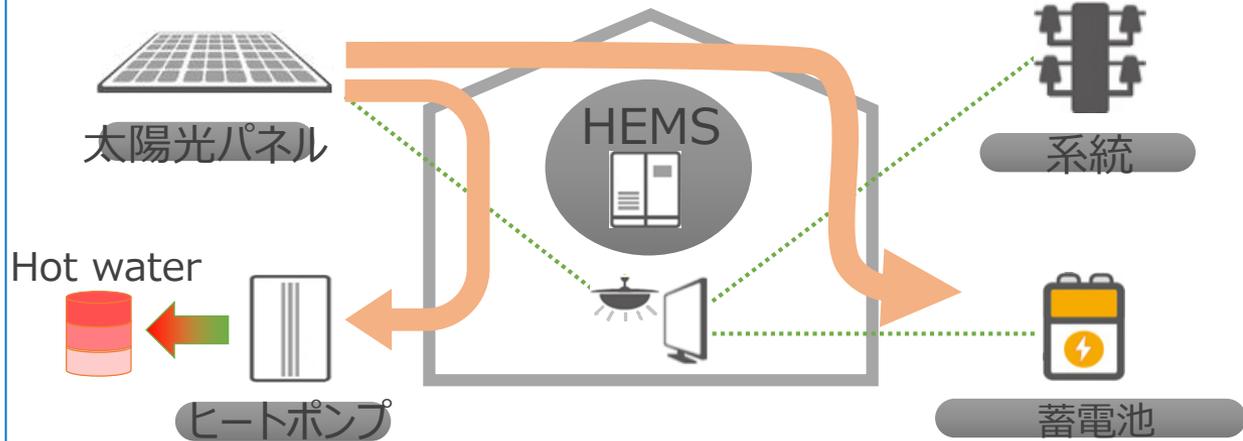
GEWO

- | | |
|------------------------------|-----------------|
| ・実証用の住宅の提供（タイプA：給湯供給に伴う改修工事） | : シュパイヤー市, GEWO |
| ・PVパネルの調達、設置（屋根改修、配線工事含む） | : SWS, GEWO |
| ・課金用計量器、日射計の設置 | : SWS, GEWO |
| ・エネルギーセンターの基礎工事 | : SWS, GEWO |
| ・お客様対応（住民説明会、アンケート支援、不具合対応等） | : GEWO, SWS |

2. 実証事業マネジメント(2-3. 事業内容・計画の妥当性)

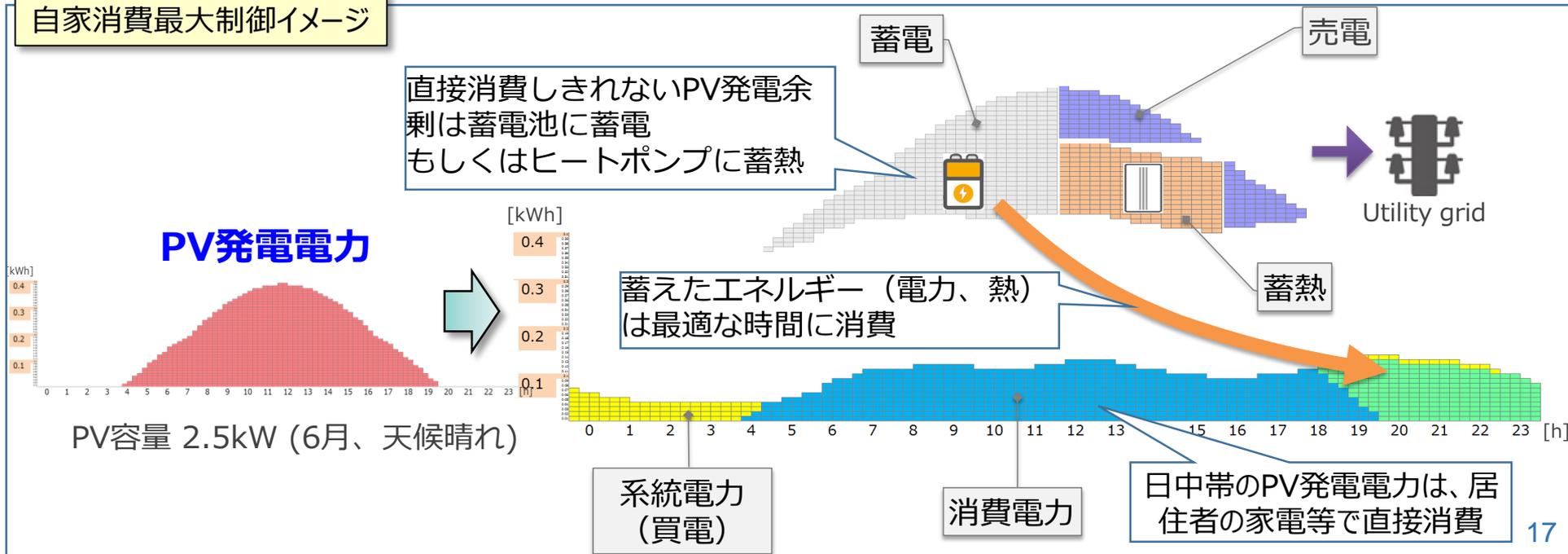
◆ 2-3-3. HEMSによる地産地消→自家消費最大制御

- ・HEMSが蓄電池とヒートポンプを最適制御することで太陽光の余剰電力を自動的に蓄電・熱へ変換し、自家消費を促進
- ・人の操作に頼ることなく、HEMSがPV出力やエネルギー需要、電気料金パターンを自動的に学習し、電気と熱のエネルギーの使用を経済的に最適化



自家消費最大制御イメージ

直接消費しきれないPV発電余剰は蓄電池に蓄電
もしくはヒートポンプに蓄熱



2. 実証事業マネジメント(2-3. 事業内容・計画の妥当性)

◆ 2-3-4. 実施内容

| | 実施内容 |
|-------------------|--|
| ①エネルギー地産地消HEMSの構築 | <ul style="list-style-type: none">・当事者の経済性が成立する場合にPV発電電力の「自家消費最大」を実現する最大利用を可能にするためにHEMS、蓄電池、ヒートポンプ等から構成される実証システムを構築し、世帯単位および棟単位での地産地消モデルの技術実証を行う。なお電気料金モデルに応じて、需要家のエネルギー料金を最小化するための制御ロジックをHEMSに組み込むことで、経済的メリット最適化を前提とした地産地消モデルも構築し、実証する・また②、③を踏まえて、システムの機能追加、改良を行うほか、システムの運用方法を見直す。 |
| ②エネルギー需給予測技術の確立 | <ul style="list-style-type: none">・情報通信技術（ICT）を活用して日射量のデータや各戸の負荷パターンを収集し、PV発電量予測、負荷予測などHEMSの需給計画計算の精度を向上させる。 |
| ③実証システム導入効果の評価 | <ul style="list-style-type: none">・実証システム導入前後における「PV電力の自家消費率」、「電力系統への逆潮流量」、「ガスボイラーのガス」、「地域熱供給の熱」の使用量データ等を比較し、配電会社と※需要家の経済的なメリットを評価する。 ※需要家の経済的なメリットは一定額の電気料金割引 |
| ④ビジネスモデルの構築 | <ul style="list-style-type: none">・本実証システムのドイツおよびその他、システムの普及可能性がある地域での普及展開を考慮したビジネスモデルを策定する。 |

2. 実証事業マネジメント(2-3. 事業内容・計画の妥当性)

◆ 2-3-5. 事業計画

| | | 2014年度 | 2015年度 | 2016年度 | 2017年度 | 2018年度 |
|----------------|------|-----------|--------|-------------|--------|-------------|
| 全体計画 | | F/S調査 | | 実証事業 | | フォローアップ |
| システムの 製造・設置 | タイプA | | | ハイブリッド化 | | |
| | タイプB | | | | | |
| 実証運転 | | | | | | |
| ビジネスモデル構築 | | | | | | |
| 予算執行 (百万円) | | 68 | 1,288 | 903 | 395 | |

NEDOのマネジメント

NEDO負担額合計 (F S 含む) : 2,654 、 (ドイツ側負担額想定 : 約53)

・NEDOは委託先と合計30回の合同報告会を実施して、進捗確認を行うと同時に問題点を早期に把握。解決方法を協議・指示し、問題を解決した。⇒事業は当初の計画通り完了。

●NEDOが主導して遅延リスクを回避した例

- ・2016年3月：ドイツ政府から難民用コンテナを優先するよう指導がありコンテナ納入遅延のリスクがあったが、NEDOが主導してコンテナ製造・パネル製造会社と協議し約1ヶ月の遅延リスクを回避
- ・2016年9月：ハイブリッドインバータ系統連系の認証に伴い、第三者認証機関 (TÜV) での認証に遅れ生じるリスクをNEDOが主導して協議を行い約1~2ヶ月の遅延リスクを回避

【環境・政策変化への対応】

- ・将来的な市場価格の変動 (時間帯による価格差) 考慮し、SWSと協議して市場価格に連動した経済性の評価を実証に追加。
- ・2016年8月26日、ドイツ連邦議会のシンドルフ議員が現地サイトを視察。集合住宅へのPV設置を促進するための「テナント電力促進法」の施行 (2017年7月) に寄与した。
- ・HEMSサービスの状況変化とその対応については、各事業者の非公開資料にて説明。

2. 実証事業マネジメント(2-3. 事業内容・計画の妥当性)

◆ 2-3-6. 広報活動

【講演実績】

- ・H27年10月27日に第7回日独環境・エネルギーフォーラムにて講演（NTTドコモ）
- ・H28年11月1日に日独シンポジウム「次世代電力システムにおける電力網とエネルギーストレージ発電における柔軟性と消費、その解決策」において講演（日立化成）

【展示会実績】

- ・H29年3月20日から24日にCeBITにおいて、“Hybrid Battery System for Efficient Use of Renewable Energy”の名称で展示を実施した。また、H29年4月24日から28日にハノーファーメッセにおいて展示を実施した。（日立化成）

【メディア掲載実績】

日本におけるメディア掲載実績は以下の通りである。

- ・日経産業新聞H27年7月27日11面
- ・化学工業日報H27年7月29日4面
- ・電波新聞H27年7月29日5面
- ・日経産業新聞H28年6月6日11面
- ・日刊電波新聞H28年6月7日3面
- ・化学工業日報H28年6月8日8面

【報道発表実績：タイプA】

- ・H27年7月24日：プレス発表「ドイツにおけるスマートコミュニティシステム実証事業に参加」（NTTドコモ）
- ・H27年7月24日：プレス発表「ドイツ連邦共和国におけるスマートコミュニティ実証事業について」（NTTファシリティーズ）
- ・H28年5月31日：プレス発表「ドイツにおけるスマートコミュニティシステムの実証事業を開始」（NTTドコモ）
- ・H28年5月31日：プレス発表「ドイツ・シュパイヤー市でスマートコミュニティ実証事業の運転開始式を開催」（NTTファシリティーズ）

【報道発表実績：タイプB】

- ・H27年7月24日プレス発表「再生可能エネルギー先進国ドイツにてエネルギー地産地消型実証事業を開始」（日立化成）
- ・H27年7月24日プレス発表「再生可能エネルギー先進国ドイツにてエネルギー地産地消型実証事業を開始」（日立情報通信エンジニアリング）
- ・H28年5月31日プレス発表「再生可能エネルギー先進国ドイツにてエネルギー地産地消システムの運転開始」（日立化成）