

太陽光発電システムの現状と課題

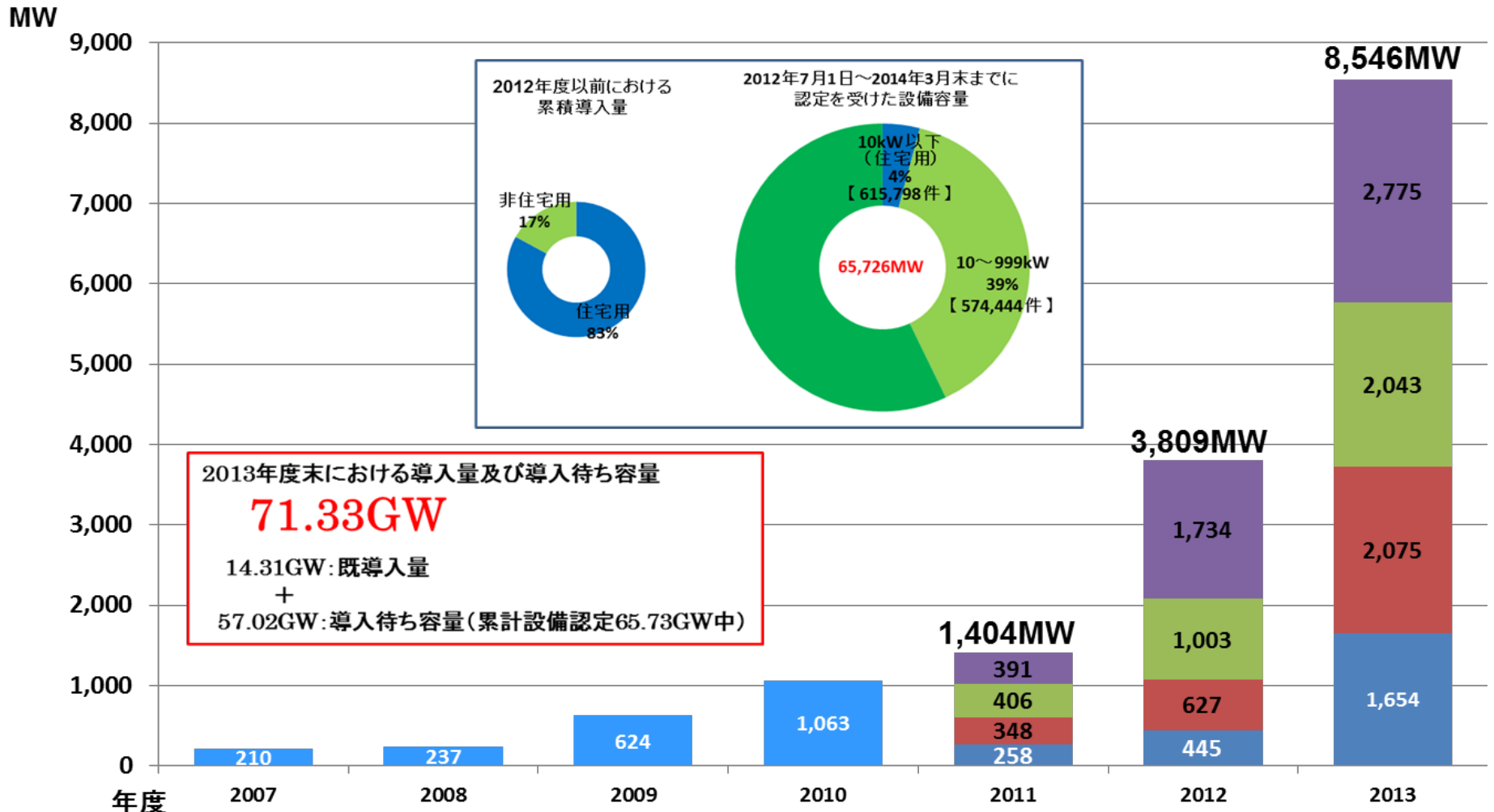
平成26年8月8日
一般社団法人太陽光発電協会

1. 太陽光発電の市場と今後の見通し
2. 太陽光発電の大量導入がもたらす便益と負担
3. 課題と対策

1. 太陽光発電の市場と今後の見通し

日本の太陽電池国内出荷量推移

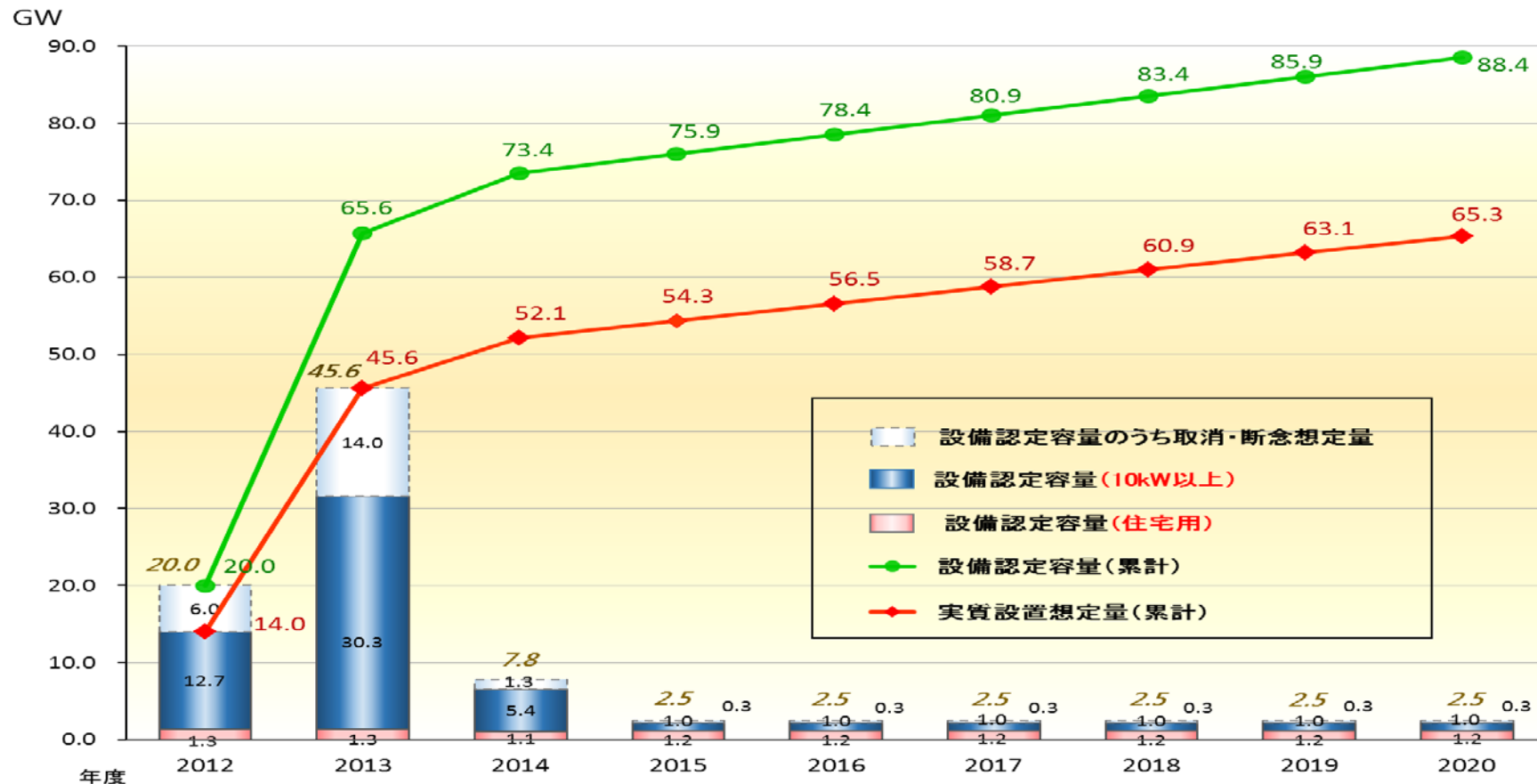
- 2013年度末において、モジュール国内出荷8.55GWを達成(前年度比2.2倍・2011年度比6.1倍)
- 2013年度末の設備認定量は65.73GW、既に導入されたものも合計すると71.33GW



出典: JPEA出荷統計資料より

設備認定容量と実質設置想定量試算の推移(単年度・累計)

- 2012年度、2013年度は設備認定量のうち、「取消・断念」量を想定して「実質の設置想定量」を試算
- 2014年度以降は、一定の取り下げ率を適用して「実質の設置想定量」を試算

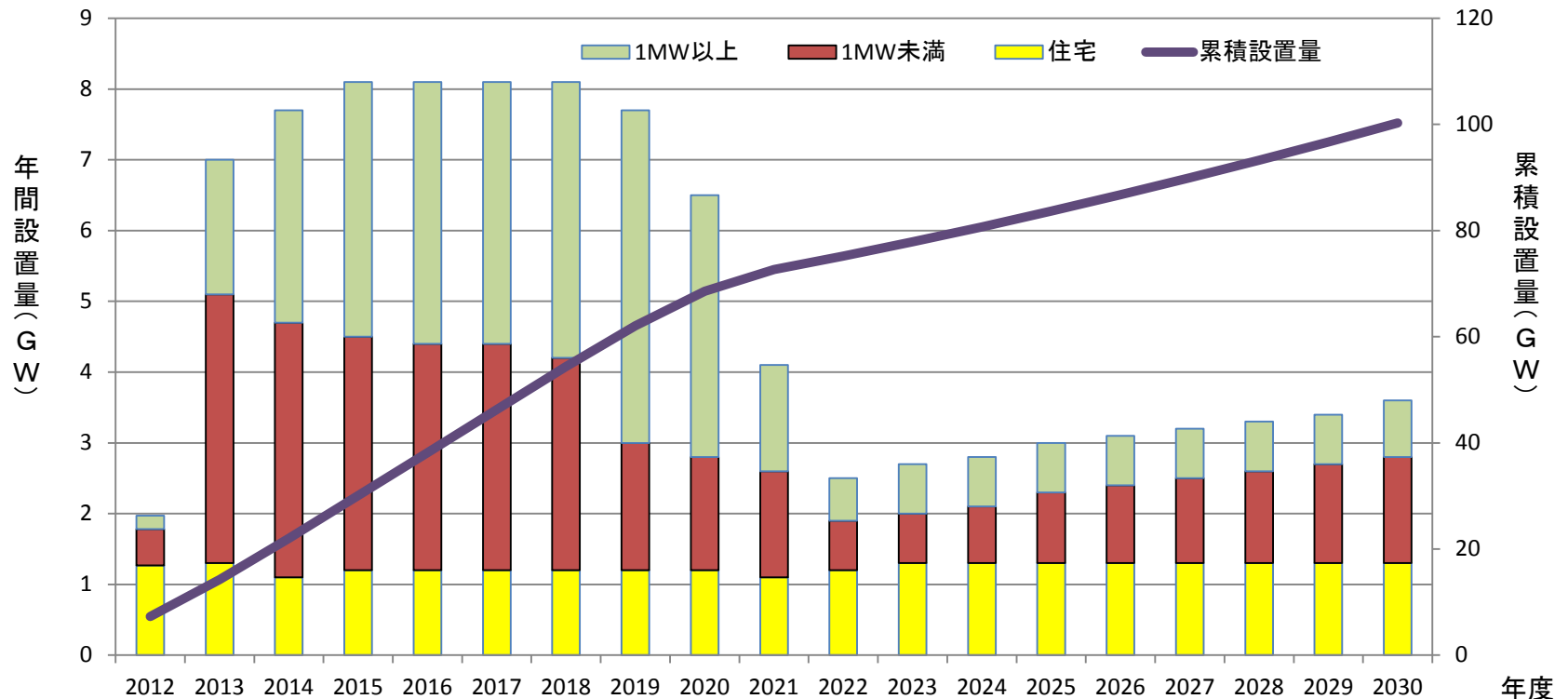


<取消・断念想定量の前提条件>

- ・10kW未満は取消・断念はないものとして試算
- ・2012年度の認定設備に対して実施された報告徴収の「設置断念設備」及び「徴収後廃止・取下設備」合計の構成比を試算し、その数値を2012年度、2013年度の設備認定量に乗じて、取消・断念の量とし、設置想定量を試算
- ・2014年度以降は、10kW以上の設備認定量を協会内で試算し、その中で一定の取消・断念率(過去の補助金キャンセル率)とし、設置想定量を試算

2030年までの設置量

- 2014年度以降、年度ごとの設置想定量を試算した結果、2020年には約69GW、2030年には100GWの設置を見込む

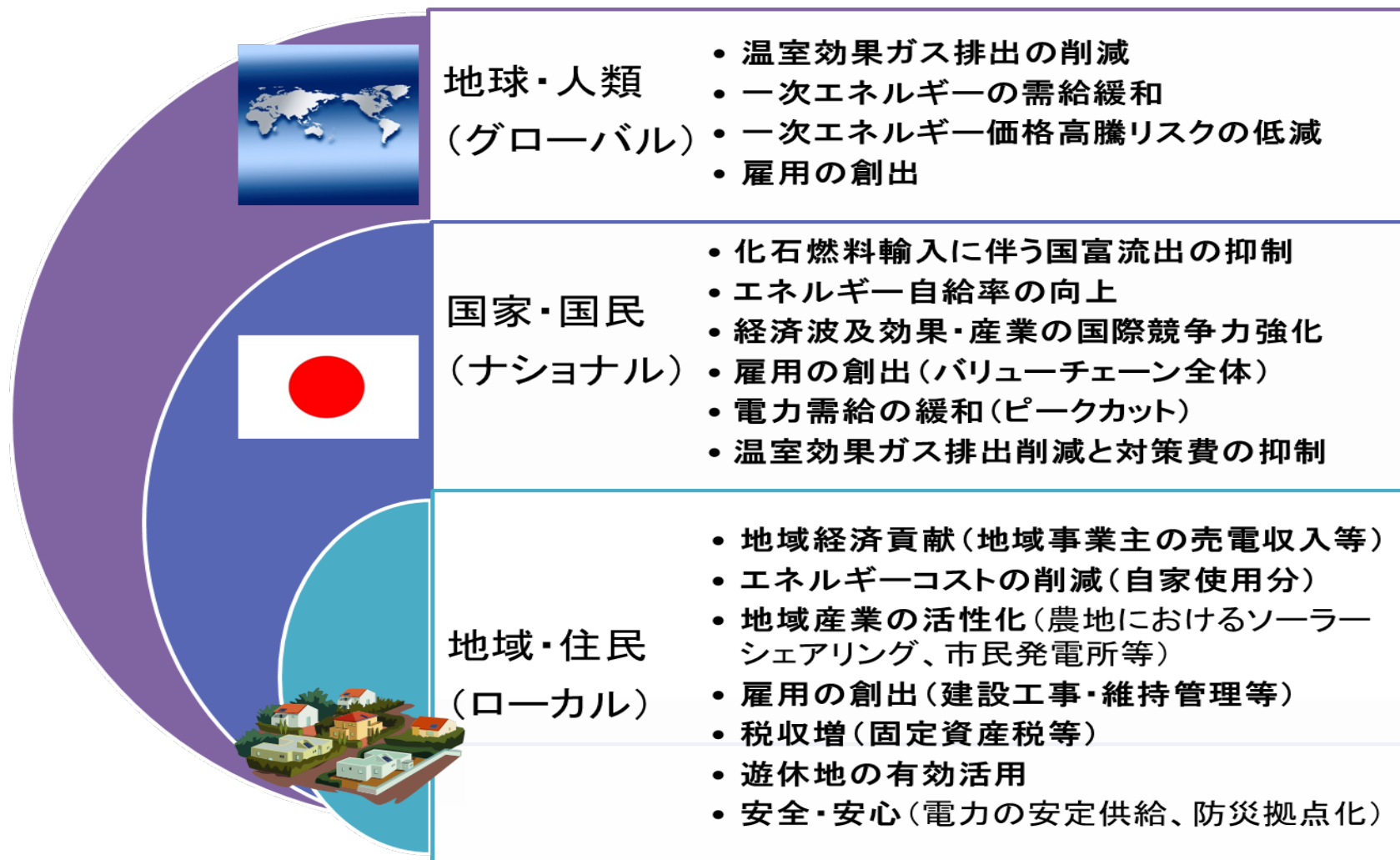


<年度ごとの設置量試算の前提条件>

- ・系統連系課題による設置断念等は反映しないで試算
- ・2012年度、2013年度の設備認定量の内、取消・断念を除いた設置想定量に基づき、年度ごとの設置想定量を試算
- ・2014年度以降は、設置の最大ネックとなる施工能力の上限値を年度の設置上限値として試算
太陽光発電協会内の主な発電事業者に対して実施したヒアリング結果により、施工経験値等を踏まえて翌年度以降を試算。2013年度実績(7GW)に対して2014年度は前年比110%、2015年度以降は2014年比105%を施工能力の上限として試算

2. 太陽光発電の大量導入が もたらす便益と負担

- 再生可能エネルギー(太陽光発電)は、地域・住民からグローバルまで、幅広い便益を創出
- 特に、自給自足のエネルギーとしてライフラインの安定化による国民の安全・安心に寄与
- 経済活性化に対する貢献も大きく、かつその殆どが国内への還流寄与を実現



- 負担・課題は、「国民(電力利用者)による賦課金負担」と「送配電系統網の強化及びそのコスト」に集約される
- ただし、送配電網対策については、再エネ対策としてだけではなく、これからの新たな電力システムインフラとしての必要性からも検討必要と認識

負担

賦課金
(電気の使用者に課せられる)

課題

送配電系統対策とそのコスト
(系統接続問題、周波数変動対策等)

- 累計設置量 2020年69GW(*1)、2030年100GW(*1)におけるエネルギー自給率貢献、化石燃料輸入コスト削減効果、地球温暖化ガス削減効果を試算
- エネルギー自給率 貢献 2013年1.5%→2020年8.4%→2030年12.2%
- 化石燃料輸入コスト削減効果 石油火力代替 2020年12,574億円/年→2030年18,255億円/年
- 地球温暖化ガス削減効果 日本全体への削減率効果 2020年2.9%→2030年4.2%

太陽光発電の規模		2020年	2030年
太陽光発電 累計設置容量 *1	単位 GW	69	100
太陽光発電 総発電量	GWh	77,424	112,412

エネルギー自給率の向上

国内総発電電力量に占める割合	%	8.4%	12.2%
----------------	---	------	-------

化石燃料輸入コスト削減効果

石油火力(熱効率39%)代替ケース *2	億円/年	12,574	18,255
LNG火力(熱効率45%)代替ケース *2	億円/年	9,689	14,067

地球温暖化ガス削減効果 LNG火力代替ケース(ライフサイクルで評価)

CO2削減総量 LNG火力代替ケース	トン/年	38,580,571	56,014,812
発電に伴うCO2排出量に対する削減率	%	8.1%	11.7%
日本全体の温室効果ガス排出量に対する削減率	%	2.9%	4.2%

*1: 6ページの試算で想定した累計設置量

*2: 2013年度の輸入実績価格(財務省貿易統計)を用いて試算した結果であり割引率は適用していない。

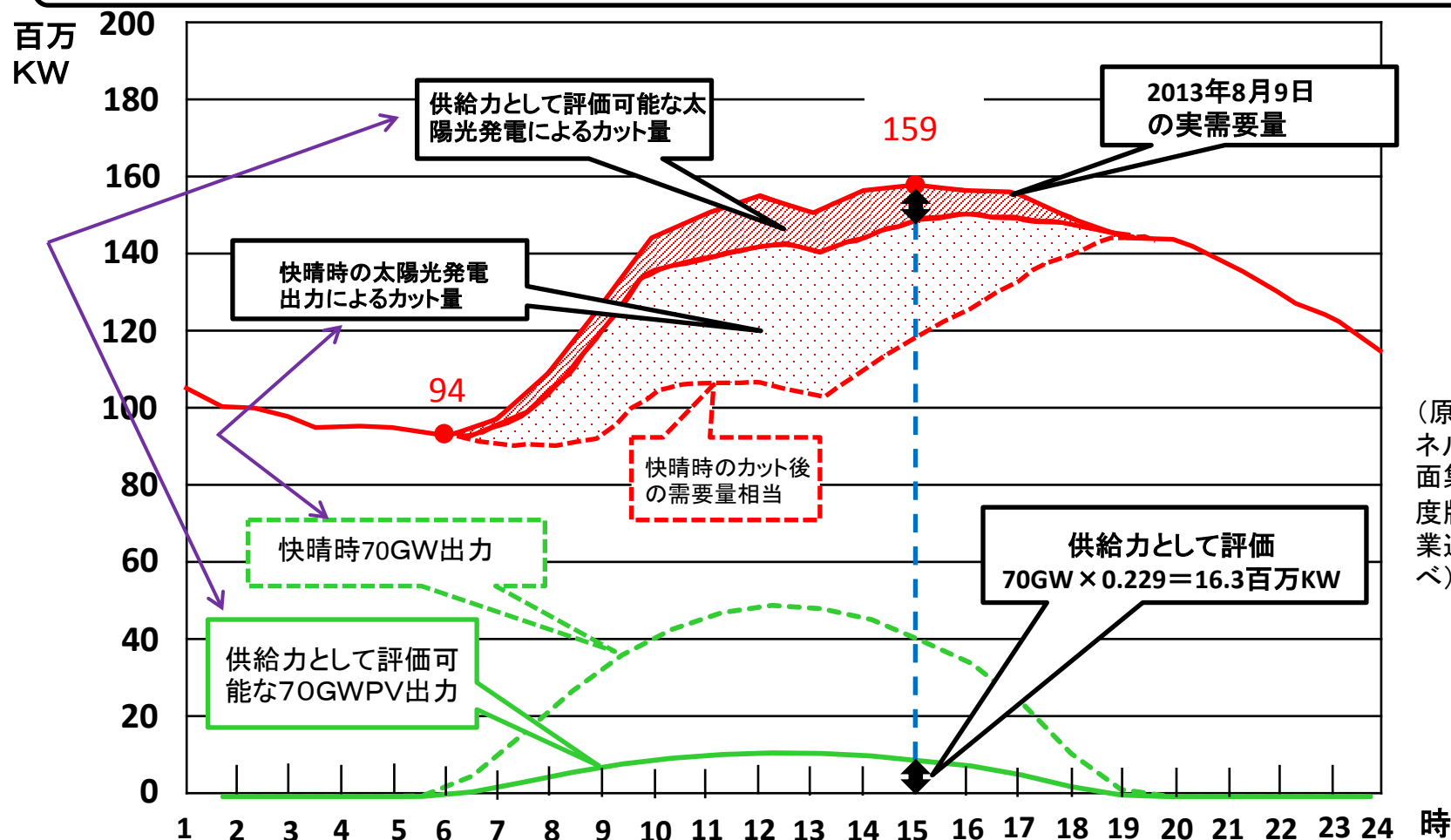
便益の試算：前提条件



太陽光発電導入量	2020年：69GW	2030年：100GW
設備利用率	・10kW未満：12% ・10kW以上：13% （調達価格等算定委員会報告書より）	
自家消費率	・10kW未満：40% ・10kW以上：2% （JPEA推定）	
国内電力発電量	922,900 GWh／年（2013年度 発電電量実績 電気事業連合会）	
代替え火力発電所	・石油火力：熱効率39% コスト等検証委員会報告書 参考資料1の各電源の諸元一覧より ・LNG火力：熱効率45% CC発電と1970年代導入のLNG火力の平均熱効率を東電資料より推定	
燃料輸入価格	・石油火力用燃料： 69,222円/KL 財務省貿易統計の2013年度の原油輸入価格(CIF)をベースに算出 ・LNG火力用燃料： 83,697円/トン財務省貿易統計の2013年度のLNG輸入価格(CIF)をベースに算出	
温室効果ガス削減効果 (ライフサイクル排出係数)	ライフサイクルの排出係数として下記を用いて試算 ・太陽光発電：38.0g-CO₂/kWh、 ・LNG火力平均：498.3g-CO₂/kWh（LNG火力(複合)の係数473.5とLNG火力(汽力)の係数599を平均） 上記排出係数は電力中央研究所の「日本の発電技術のライフサイクルCO₂排出量評価 ―2009年に得られたデータを用いた再推計―」に基づく	
温室効果ガス排出量 (2012年度実績)	・日本全体の総排出量 ・発電に伴う国内排出量	1,343,000,000 t-CO₂/年 478,000,000 t-CO₂/年

最大電力発生日の電気の使われ方と70GW(注③)PVによるピークカットイメージ

■電力需給小委員会は天候により変化するPV出力のピーク時での供給力を定量化して示した。



(原子力・エネルギー図面集2013年度版;電気事業連合会調べ)

電力需給検証小委員会 第5回配布資料3より、

①太陽光発電は天候によって、供給力が大きく左右されるため、高需要が発生した日に確実に見込める分を供給力として計上。具体的には、夏季上位3日の電力需要が発生した日の太陽光出力について、直近20年間分を推計(計60データ)し、このうち、下位5日の平均を安定的に見込める出力として評価。

②同資料より自家消費も考慮した「出力比率」は22.9%(361万KW/1578万KW)となり、これをピーク時間帯の15時に適応。

③2013/3末時点での既設プラス設備認定分として約70GW。

■JPEA ビジョン(PV OUTLOOK 2030)でPVの普及拡大は産業に新たな参入を招き、新しいビジネスモデルが生まれるとした。
FITによる普及促進はこれを加速、この経験は海外展開のシーズともなり世界市場も視野に入れることになる。

《具体的産業》

未利用地開発

- ・土地開発・不動産事業者
- ・賃貸事業者の事業拡大
- ・倉庫事業者未利用空間開発

金融・ファイナンス産業

- ・発電事業投資ファンド
- ・各種金融機関新スキーム
- ・保険会社新サービス
- ・市民参加型ファンド

インタフェース開発

- ・PCSメーカー／需要側との調整
- ・インテリジェンス機器対応
- ・受変電設備メーカー
- ・系統連系にともなう調整機器

O & M事業

- ・幹旋業
- ・メンテナンスサービス会社
- ・遠隔監視機器技術開発会社
- ・主任技術者紹介・派遣事業
- ・保障サービス会社

エネルギー供給産業

- ・エネルギー供給産業の業種拡大(電力・ガス・石油・水道、PPS, IPP)
- ・EPC(新たな建設形態)
- ・SPC(新たな事業形態)
- ・発電事業代行業者
- ・新規参入産業(重電、電気機器メーカー、通信キャリア、ゼネコン、エンジニアリングメーカー、プラントメーカー、ハウスメーカー)

需要側の新しい産業

- ・デマンドレスポンスサービス
- ・電気料金メニュー提供
- ・HMS/BEMS/CEMS
- ・エネルギーアグリゲーター事業者
- ・ESCO事業者
- ・ホームサービス事業者
- ・セキュリティサービス事業者
- ・安心安全サービス(高齢者宅含、定期診断健診サービス)

エネルギー貯蔵蓄電池産業

- ・新型蓄電池技術(Li/I)
- ・キャパシタ開発
- ・充放電システム技術
- ・利用技術の開発(非常用、家庭用、電力系統用等)

IT・通信・情報サービス産業

- ・クラウドサービス(ビックデータ)
- ・インターネットサービス
- ・通信機器・通信事業会社
- ・データ分析会社
- ・ソフトウェア設計サービス
- ・センサー会社(PV計測機器)

《普及拡大で期待される新しい成長分野》

新電力事業	新サービス産業	連系技術	電・通事業開発
計測・制御技術	ファイナンス	系統対策	新価値創造
法規制・制度	新ビジネスモデル	蓄電技術	ベンチャー育成

- 太陽光発電システムは地域参加・市民参加型のエネルギーとして拡大
- 防災拠点としても広く定着認識されつつある

太陽光発電は、地域市民や地元企業を巻きこんだ普及として拡大している
また、ライフスポットや、防災拠点としても 社会インフラを支える役割が拡大

- ❑ 地域資源である分散型再生可能エネルギーは地域が主体となって、地域の持続的な発展へ地域市民を巻き込んだ広がりになりつつある。
- ❑ 市民参加の方法については、太陽光発電の様な出資モデルが、先行的な役割。(市民発電)
- ❑ 固定価格買取制度導入以降、メガソーラーに市民参加のケースも新たに生まれる

- ❑ 一般住宅での自立運転
(個人住宅での緊急時自立運転機能)
- ❑ ライフスポット防災拠点
(給油所施設で緊急車両へ燃料供給)
- ❑ 学校防災拠点
(エコスクール(全国3000校以上))
- ❑ グリーンニューディール防災拠点
(全国区自治体による防災拠点)

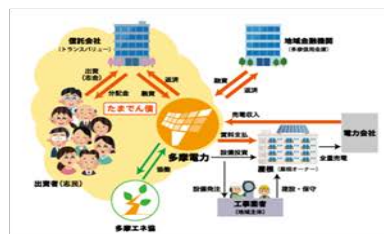
埼玉県支援する市民発電



小田原市と地域企業協力



多摩電力合同会社 市民からの信託方式による 屋根借り、市民共同太陽光発電事業



家庭用自立運転
コンセント



ライフスポット給油所



学校が地域防災拠点



地域防災拠点

太陽光発電システム販売・施工会社 都道府県別マップ

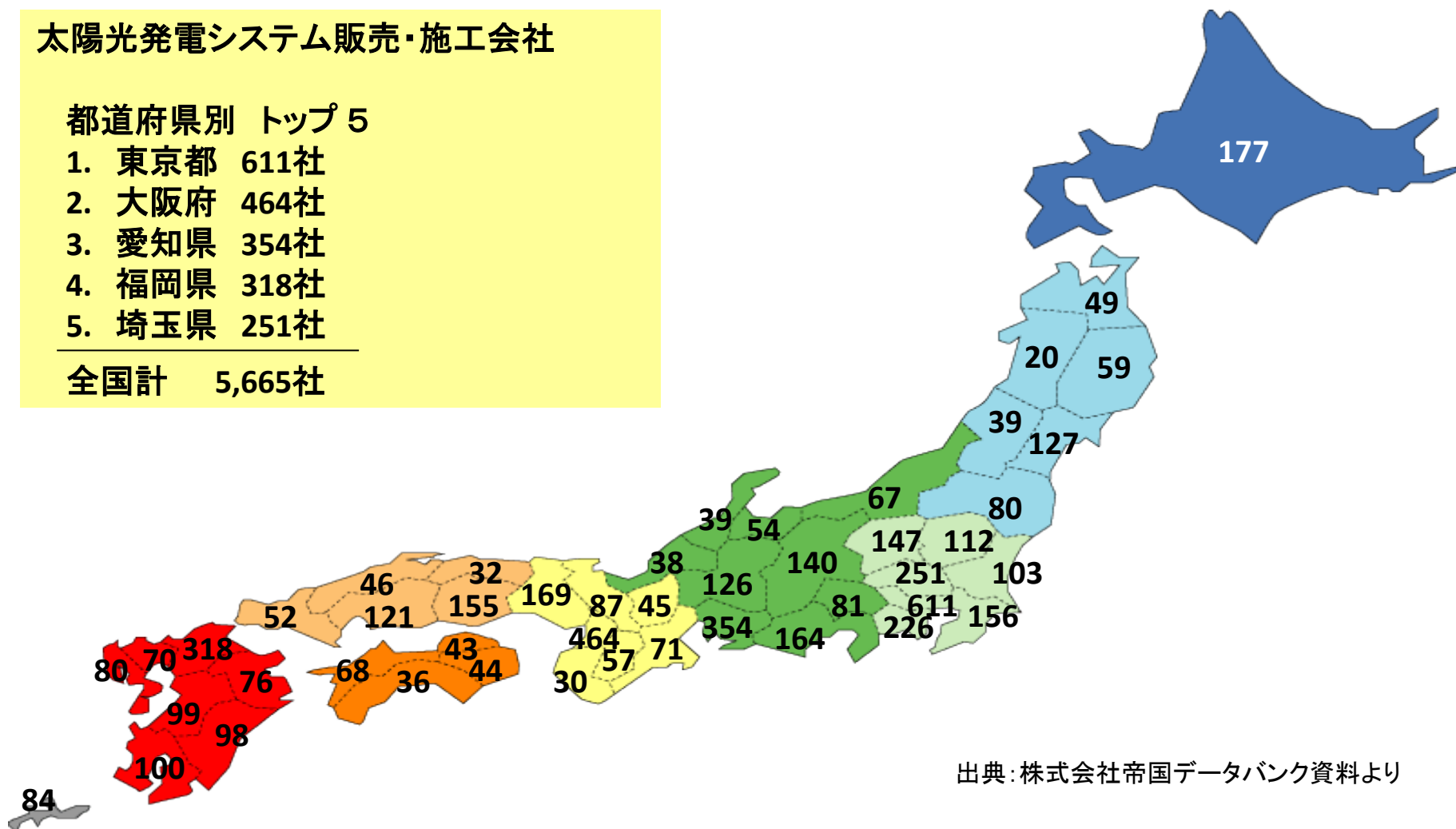
- 首都圏・大都市圏に集中することなく、日本全国各地への流通・施工業の活性化に寄与
- メンテナンス、サポート体制についても、地元密着型インフラとして安心安全を確保

太陽光発電システム販売・施工会社

都道府県別 トップ 5

1. 東京都 611社
2. 大阪府 464社
3. 愛知県 354社
4. 福岡県 318社
5. 埼玉県 251社

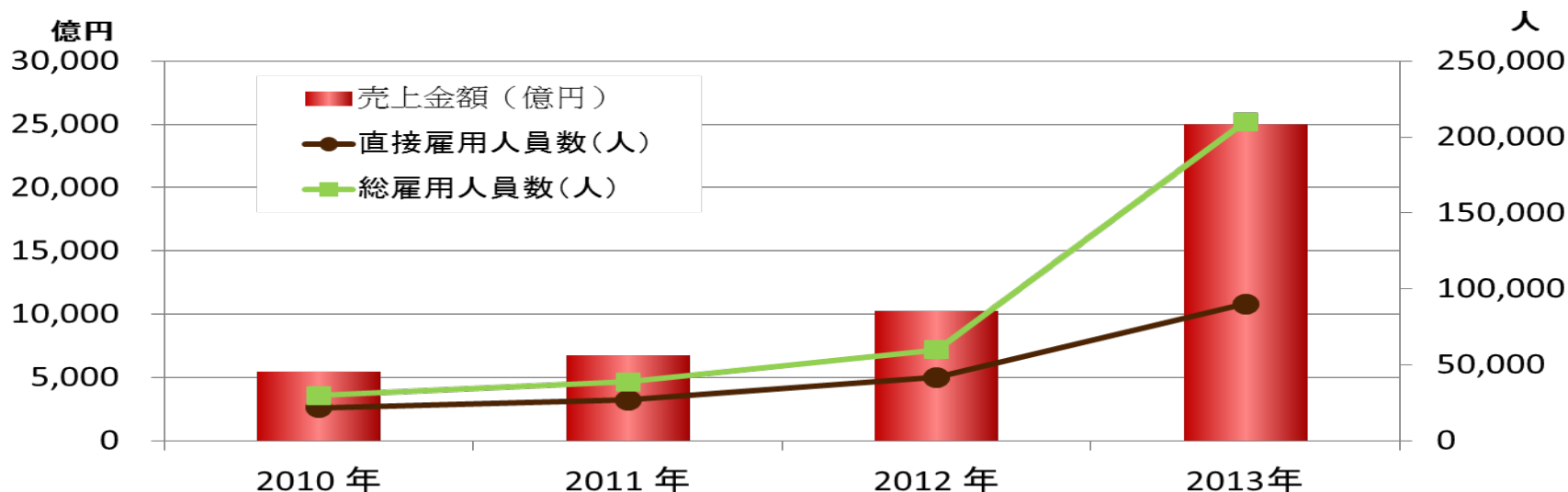
全国計 5,665社



出典:株式会社帝国データバンク資料より

太陽光発電国内市場と雇用創出

- 僅か3年で白物家電市場と同等の約2.5兆円市場が創出
- 耐久消費財としてだけではなく、設備・インフラ産業として幅広い産業連関と裾野による雇用を形成



	2010年	2011年	2012年	2013年度
売上金額	5,455 億円	6,700 億円	10,200 億円	25,000 億円
直接雇用人員数	21,820 人	26,800 人	40,800 人	90,000 人
総雇用人員数	29,700 人	38,700 人	60,000 人	210,000 人

直接雇用：太陽光発電の生産、販売、施工従事者数

総雇用：直接雇用＋周辺産業従事者数

*** 家庭電化製品小売市場規模74,000億円(内、白物家電は25,000億円)**

* 各数字はJPEAによる想定

* 2013年度の各数値は速報ベースの暫定値

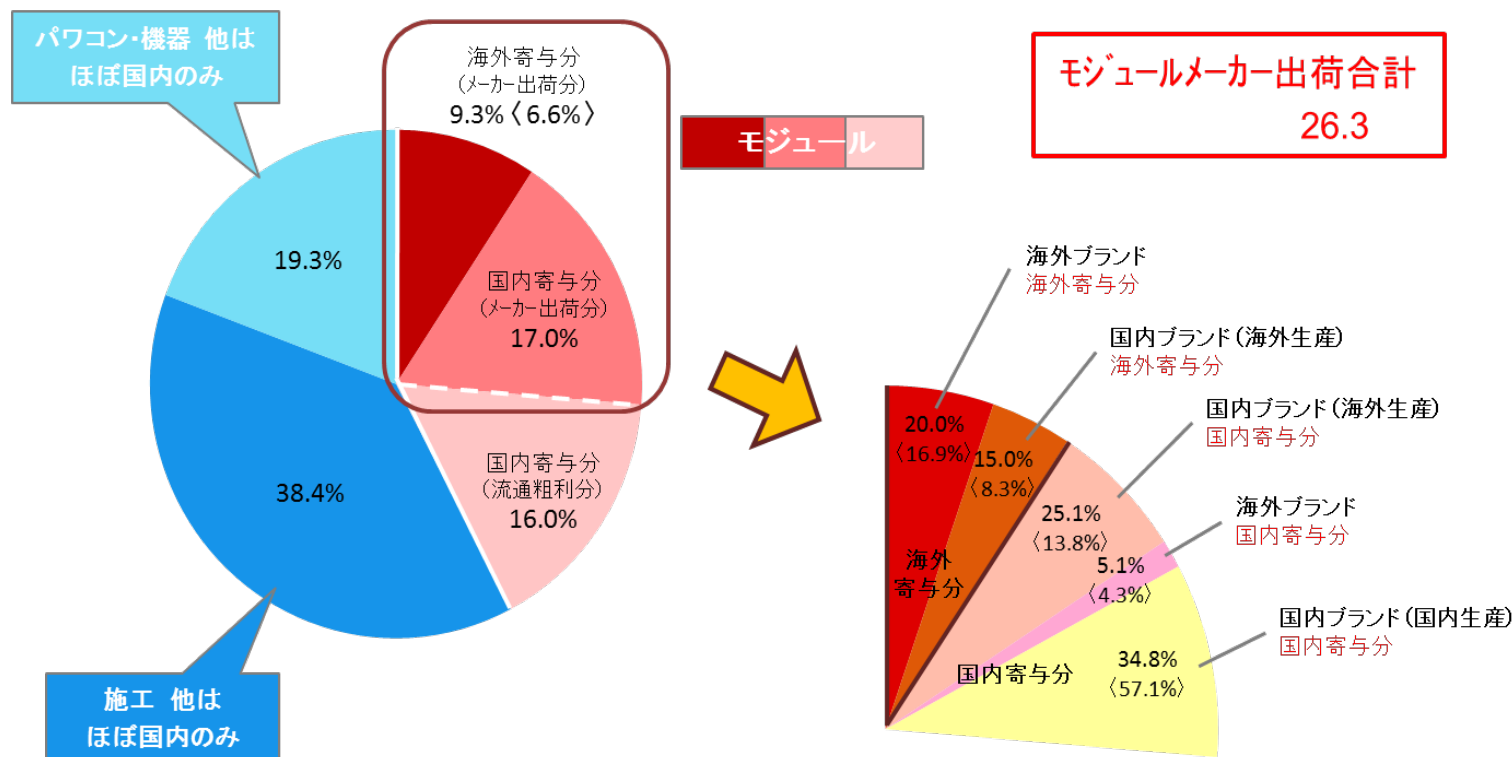
前提条件：売上金額は発電設備のシステムコスト、造成コスト、昇圧コスト、その他をベースに試算
雇用人員は総務省統計局資料他をベースに試算

- 太陽光発電システムの国内市場規模を100とした場合、海外への売上額流出が発生しているのは主に太陽電池モジュールであり、販売出荷（流通粗利）額での海外流出率は2013年度において9.3%程度と推計され、基本的にはその殆どが国内へ還流されている
- 一方で、2012年度における海外流出率は、6.6%と推計され、海外モジュールの輸入増によりその比率は増加していることがわかる

太陽光発電 2013年度 国内システム市場規模（金額）を100とした場合

〈 〉内は2012年度の推計値

注：海外ブランド・モジュール売上中、国内寄与分は「日本販売法人分」が相当

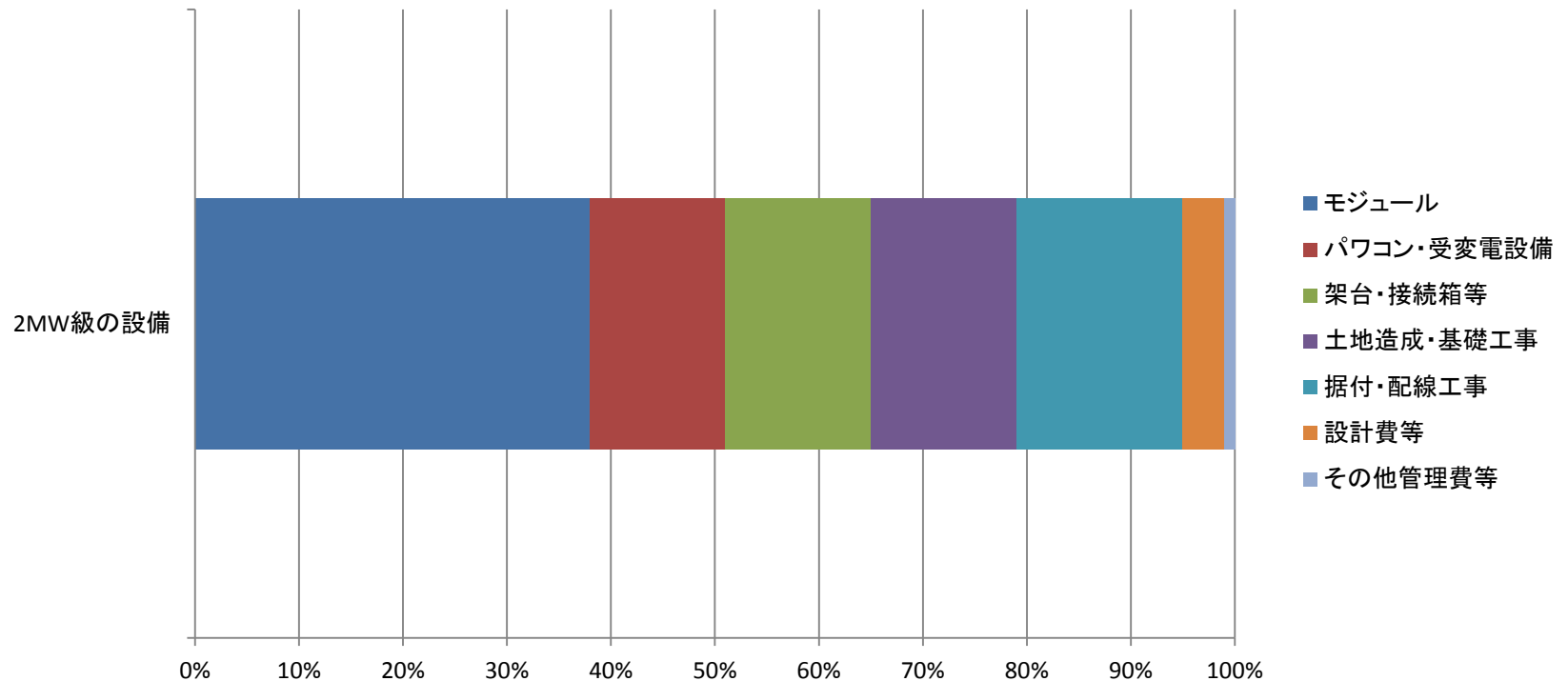


出典：JPEA出荷統計からの推計

3. 課題と対策

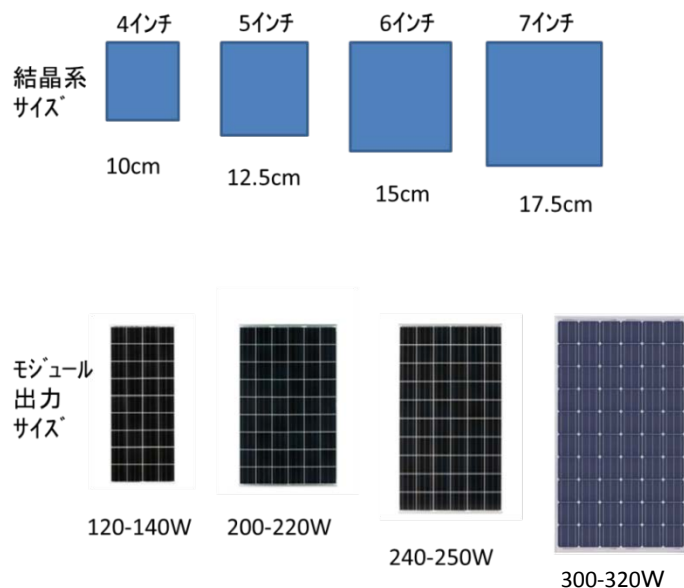
1. コストダウン
2. ポストFITへの取り組み
3. 適正処理・リサイクル

- 2MWクラスのコスト構造を分析
- 約7割近くを構成する3つの項目に焦点をあててコストダウンを目指す
- 1. セル・モジュール
- 2. パワーコンディショナ
- 3. 基礎・架台(モジュールの支持構造物)



1、セル・モジュールのコストダウン

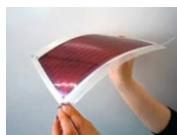
- セルの技術進歩として、大型化、薄厚化、高効率化を目指し、更に生産性向上による歩留り改善を図る事でコストダウンを実現する
- モジュールは大型化や面積比率向上でコストダウンを実現する



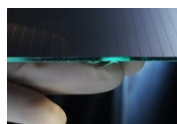
セルの厚さを薄く 120μ



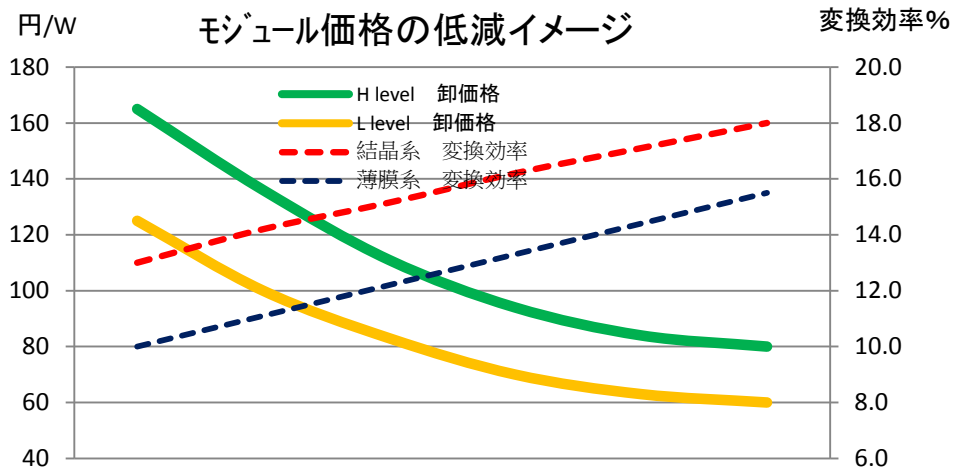
有機薄膜太陽電池



CIS太陽電池



区分	改良要素	コスト低減ならびに高効率化
結晶セル	セル大型化	4インチ(10cm) → 7インチ(17.5cm)
	セル厚さの薄厚化	300μ→200μ→180μ→150μ →120μ検討
	高効率化	バックコンタクト、ヘテロ接合など、面積効率向上
薄膜セル	各積層構造の均一化	各プロセスの均一水準向上 (含む大面積化)
	生産速度・歩留り向上	生産技術の向上 生産速度の向上
	高効率化	最適積層技術、成薄材料構造の最適化
モジュール	W当たりの発電量向上	発電効率向上により、kWhコスト低減
	面積当たり出力	面積当り発電出力向上、設置コスト低減
	大型化(1モジュール当り)	200W → 250W → 280W → 320W



1、セル・モジュールのコストダウン

- セルの薄厚化、大型化と共に、「ヘテロ接合＋バックコンタクト」等の新技術の革新でコストダウンを実現する
- 薄膜の均一化技術や膜構造の最適化でコストダウンを実現する

<結晶系セルのコストダウン>

- ・セルの厚さを薄くする
薄くすることでシリコン価格の低減化を図る。5年間で約30~40%のセル厚を達成したが、120 μ 以下になると生産プロセスで割れ・そりなどが出る。カーフロスも限界
- ・セルサイズの大型化
10年前までの4インチセル系が今や6~7インチセルまで拡大。生産ではセルリボン付等の工数削減に貢献。また、大型設置では配線回路数やケーブル価格を低減
- ・バックコンタクトセル
表面電極をなくし裏面での集電により、集電バスバーの面積分の受光面積向上
- ・ヘテロ接合セル
n型単結晶シリコンとi型アモルファスシリコンを含むヘテロ接合技術で発電効率向上。高温特性に優れ、実発電量向上への貢献大。最近では、バックコンタクトとヘテロ接合を組合せた研究開発も進んでおり、更なる高効率化が期待される。

<薄膜系のコストダウン>

- ・一貫生産の為コストダウンは、いかに生産効率(部留り向上、生産速度向上)が鍵
- ・大面積化については、薄膜の均一化技術を向上する
- ・効率向上に関しては、成膜構造の最適化や、膜構造の最適化を実施する

2、パワーコンディショナのコストダウン

- パワーコンディショナは部品点数も多く、技術の改良・進歩により、高効率化、大型化、長寿命化、高電圧化の実現等でコストダウンを実現する

□ 変換効率の高効率化

＜次世代パワー半導体の採用による高効率化の追求＞

Si(シリコン)IGBT→SiC(シリコンカーバイド)、GaN(ガリウムナイトライド)等の次世代パワー半導体デバイス採用によるスイッチング損失低減による変換効率の向上、小型化の追求

□ PCS単機容量の大型化等、単機容量ラインナップ対応

＜メガソーラー向けの単機容量大型化によるスケールメリット追求＞

特別高圧連系される大型メガソーラー用途において、PCS単機容量大型化によりPCS単価を低減
500kW→1000kW→1500kW→2000kW超級

□ 長寿命化

＜部品点数の削減、採用部品の長寿命化によるランニングコストの低減＞

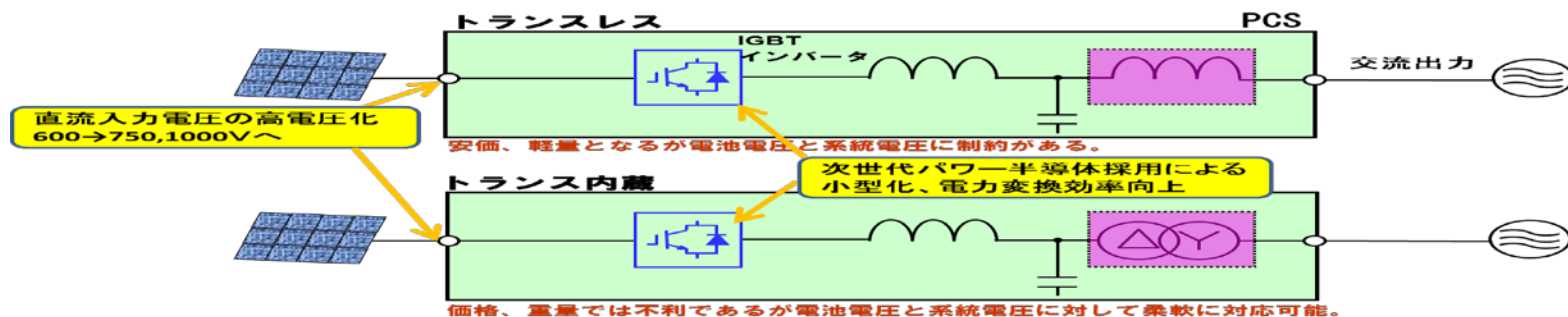
次世代半導体の採用等、最新の部品採用による最適設計で部品点数の低減、冷却技術の向上によるファンレス等交換部品の低減

□ 高電圧化

- ・ 直流入力電圧の高電圧化による電流低減(損失低減)でシステム効率向上、コストダウンに寄与
DC600V→DC750V、1000Vへの拡大を大容量機のみならず、単機小容量PCSでも拡大
- ・ 国際競争力の追求:海外で主流のDC1000V対応(全容量帯)で、海外市場を目指した取り組みの強化

□ 国際競争力の強化

- ・ 上記4点の追求による、国際競争力あるPCSを開発、市場投入(インバータユニット等部品、PCSの国内外共用化等含む)
- ・ 海外規格、海外認証制度への準拠(単機小容量～大容量機における国内での認証試験対応実現)
- ・ 量産体制の継続・拡大(国内外市場への展開による生産量確保による量産→コストダウンの継続)



3、基礎・架台（支持構造物）のコストダウン

- 一定品質を確保し「企画・設計段階」からのコスト削減を実現する
- 架台は工場生産部分もある為、材料費・加工費・施工費其々でコストダウンを実現する

【コストの構成と分析】

直接基礎の材料費と施工費

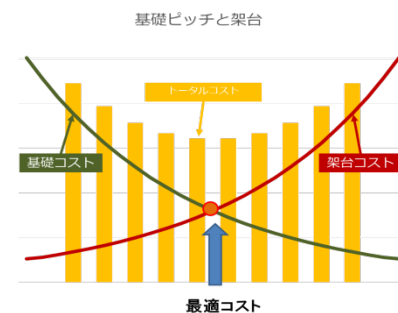
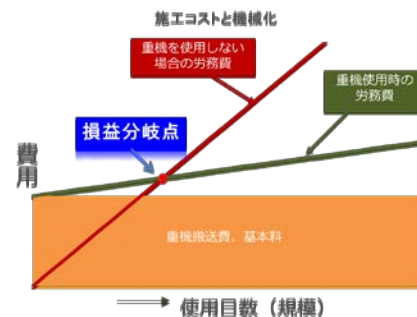
- ・ 直接基礎のRC最低限必要量は多雪、特殊地盤を除き主に風圧荷重の負圧＝「引抜荷重」によって決定される。
- ・ 基礎の形状はべた、布、独立が代表的であるが、アレイ面積、角度、風速が一定であれば、概ね同様の重量、体積であり、其々の設計段階で重量と負圧での最適ポイントで設計する
- ・ 施工の指標となる「型枠費」は基礎の垂直部表面積と比例し型枠費は増大する為、垂直部表面積と負圧との最適ポイントで設計する

杭基礎の材料費と施工費

- ・ 杭基礎施工費は砂質土と粘性土等、土質による性能、コスト差が大きい為、最適な杭工法の選択でコストダウンを図る
- ・ 杭基礎施工費は地盤・規模によって大きく変動するため、直接基礎と比較した上で最適な工法を選択する事でコストダウンを実現する

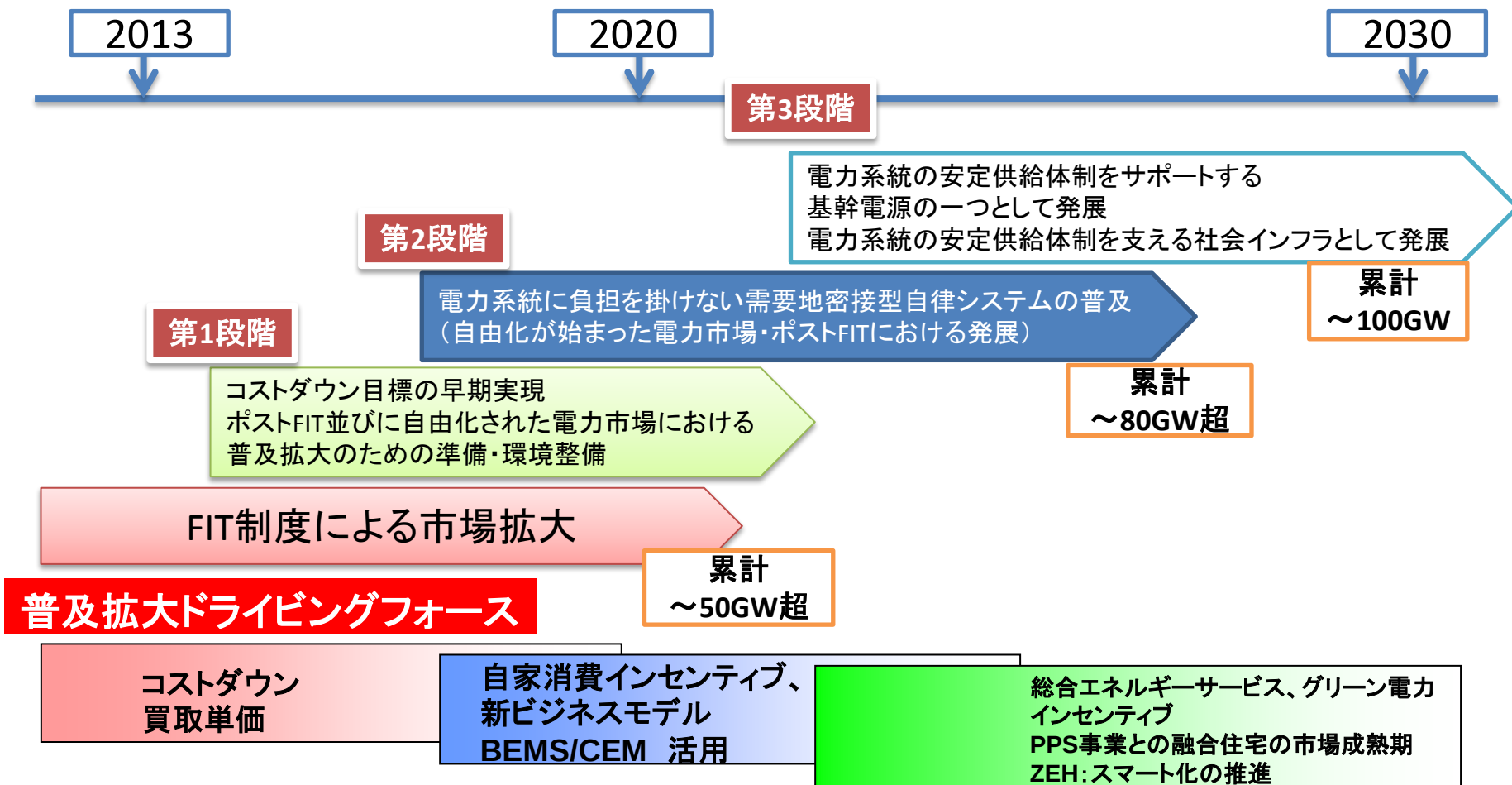
架台の材料費・加工費・施工費

- ・ 架台の材料費、加工費の比率は概ね2:1程度であり、大半を占める材料費に関しては、品質を確保した上で限界まで削減する
- ・ 加工費は量産化により削減する
- ・ 架台の軽量化については、基礎の支持間隔（スパン）と関係しており、基礎部分で検討した地盤の変化と風、雪、地震などによる架台重量の変化を配慮したベストレンジでの設計で施工費を含めコストダウンを実現する



ポストFITに向けた取り組み

- FITにより国内産業として大きなコストダウン効果、技術力醸成効果を創出→自立の為の加速剤
- これを背景に早期にコストダウン目標を実現し、以降はFITに依存しない自立したエネルギー産業を志向
- FIT後は主としてZEH普及等との連動による自家消費インセンティブ、スマグリ/HEMS/BEMS等エネルギーマネジメントシステムとの連動による自律型システムとしての定着化普及を志向



適正処理・リサイクルへの取り組み

- 太陽光発電システムが大量に導入され、数十年後に大量の排出が予測されるため、JPEA内にリサイクル関連部会を設置し、同システムの実情に即した情報の収集・共有並びに意見交換を実施
- 平成21年以降、政府関連の委員会活動に参画、また委員会に関連した委託調査事業を実施

【排出時処理への取り組み】

1. JPEA独自の活動

- ・JPEA内に設置したリサイクル関連の部会において太陽光発電システムの適正処理・リサイクルにつき情報の収集・共有並びに意見交換を行ってきた。
- ・一般及び関連事業者の理解に資するため、JPEA-HP内で、適正処理・リサイクルについての解説を掲載している。

2. 政府関連の活動への参画

(1)委員会への参画

- ・政府関与の委員会に委員、オブザーバとして参画し、また委員会事務局に情報を提供した。

<平成21-22年度>

(株)三菱総合研究所における、「ソーラー住宅の普及促進に係る架台検討委員会」、「太陽光発電システムのリユース・リサイクルワーキンググループ」(経済産業省委託)

<平成25年度>

(株)三菱総合研究所の「使用済再生可能エネルギー設備のリユース・リサイクル・適正処分にに関する検討会」「太陽光ワーキンググループ」(環境省・経済産業省共同事務局)

<平成26年度>

平成25年度同様、(株)三菱総合研究所の「使用済再生可能エネルギー設備のリユース・リサイクル・適正処分にに関する検討会やワーキンググループ(予定)

(2)調査事業実施<平成25年度>

(株)三菱総合研究所より受託した「使用済再生可能エネルギー設備のリユース・リサイクル・適正処分にに関する業務」を実施した。(経済産業省の平成25年度新エネルギー共通基盤事業、みずほ情報総研(株)と共同実施)
その内容の一部は、上記「検討会」における検討に反映され、また両省が平成26年3月に公表した「使用済再生可能エネルギー設備のリユース・リサイクル・適正処分にに関する調査」に反映されている。

- リサイクル関連技術開発事例として、「NEDOプロジェクト」や「環境省プロジェクト」等があり、そこで具体的なリサイクルの技術開発が行われている

3. リサイクル関連技術開発の事例

将来の大量排出時においては、モジュール重量の大部分を占めるガラスの効率的回収・再利用が重要である。そこでこれらの技術開発が各団体等(一部JPEA会員を含む)で行われ、また行われようとしている。以下はその一例である。

実施団体	テーマ等
<NEDOプロジェクト> ・(公財)北九州産業学術推進機構、 昭和シェル石油(株)等	低コスト汎用リサイクル技術の開発 (CIS膜のガラスからの除去を含む)
・平成26年度新規採択プロジェクトから: (株)エヌ・ピー・シー等	可溶化法を用いた使用済太陽電池からの 資源回収技術の開発等
<環境省プロジェクト> ・ガラス再資源化協議会、 (株)イースクエア等	廃液晶ガラス・廃自動車ガラス等(太陽電池モジュール のガラスを含む)の高度再資源化システムの研究開発
東日本PVリサイクルネットワーク構築事業 (財)秋田県資源技術開発機構、秋田県、東北大学他	秋田県内の技術を活かした太陽光発電システムのリ ユース・リサイクルシステムの構築

～太陽光発電システム普及がもたらすもの～

1. **海外に依存しない国産電力・エネルギーの確保**
→国民の暮らしの安心と安全、日本のエネルギー・セキュリティへの貢献
2. **温室効果ガス排出削減による日本及び地球環境保護への貢献**
→未来の子供たちの為の地球を守る
3. **産業・市場創出拡大による国内経済活性化への貢献**
→豊かな国民生活への一助として
4. **電力システム・EMSを含めた技術革新への機会**
→日本の新たなエネルギーインフラ構築への貢献