

再生可能エネルギーを巡る現状と課題

～市場の現在と適正な処分も含めたこれから～

平成26年8月
経済産業政策局調査課
村上敬亮

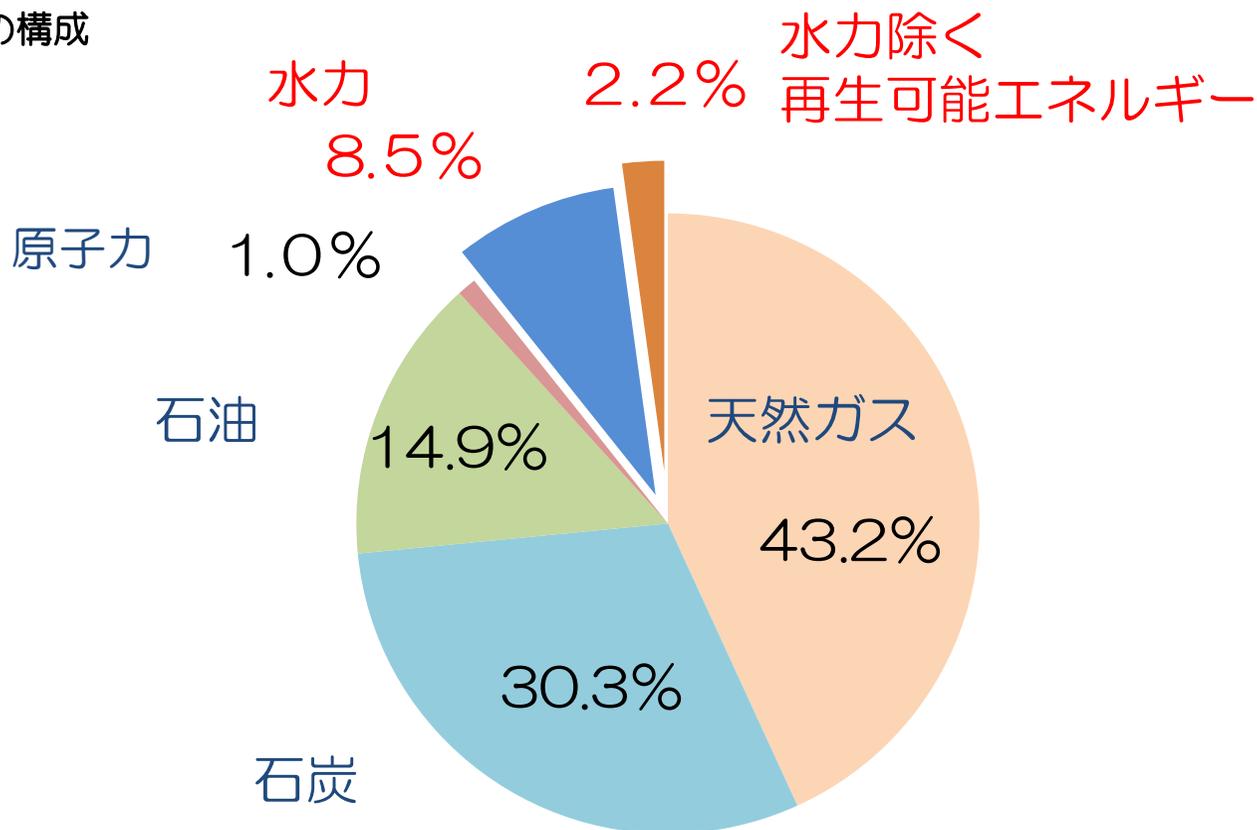


Shin izumo SHIMANE



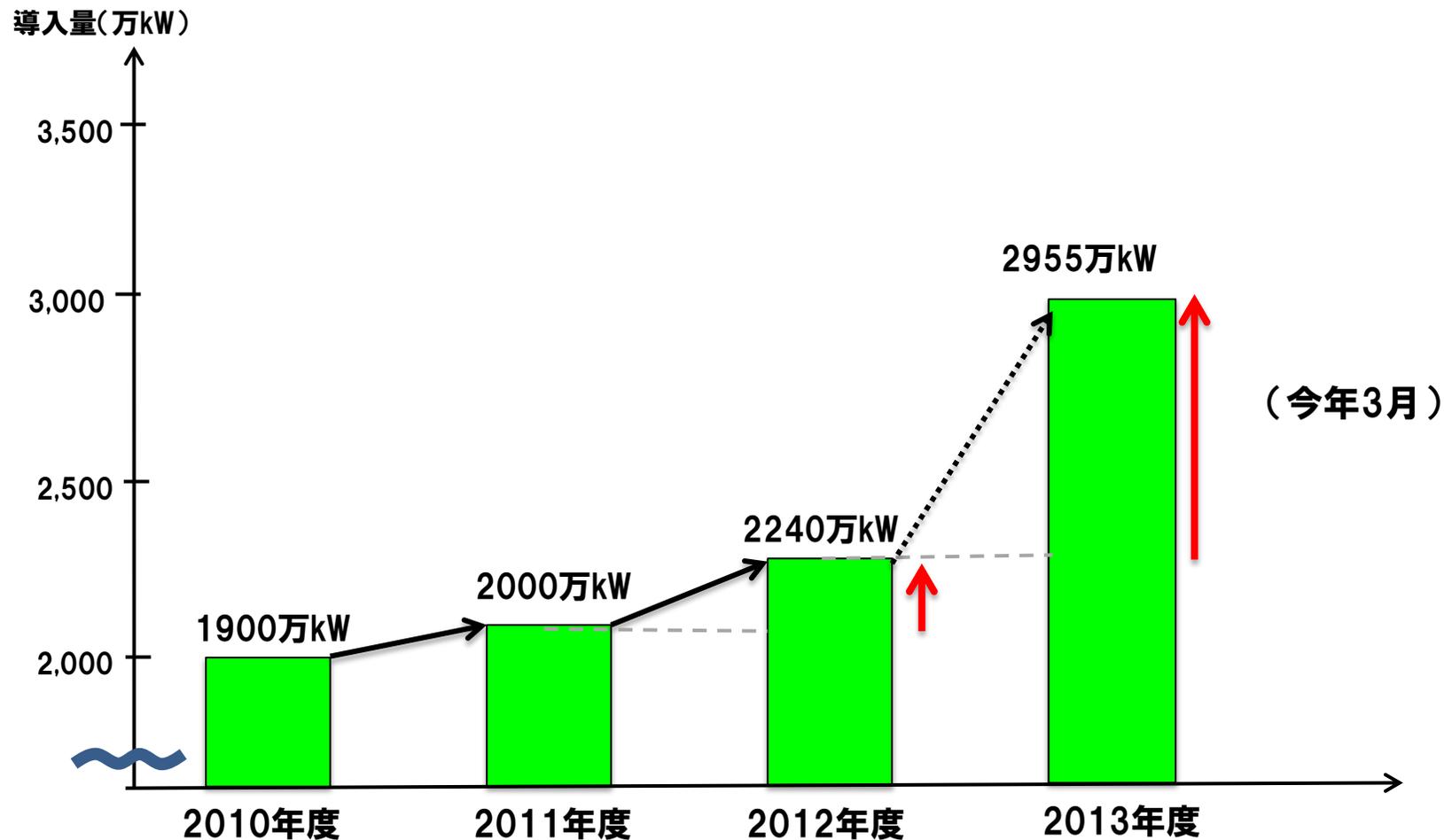
- 2013年度の発電電力量のうち、再生可能エネルギーが占める割合は約1割。その大半は水力発電。
- 水力を除く再生可能エネルギーの発電量に占める割合は、1.4%(2011年度)から、固定価格買取制度導入後2年間で、2.2%(2013年度)に。

【我が国の発電電力量の構成
(2013年度)】



(出所)電気事業連合会「電源別発電電力量構成比」

再生可能エネルギー導入量の推移

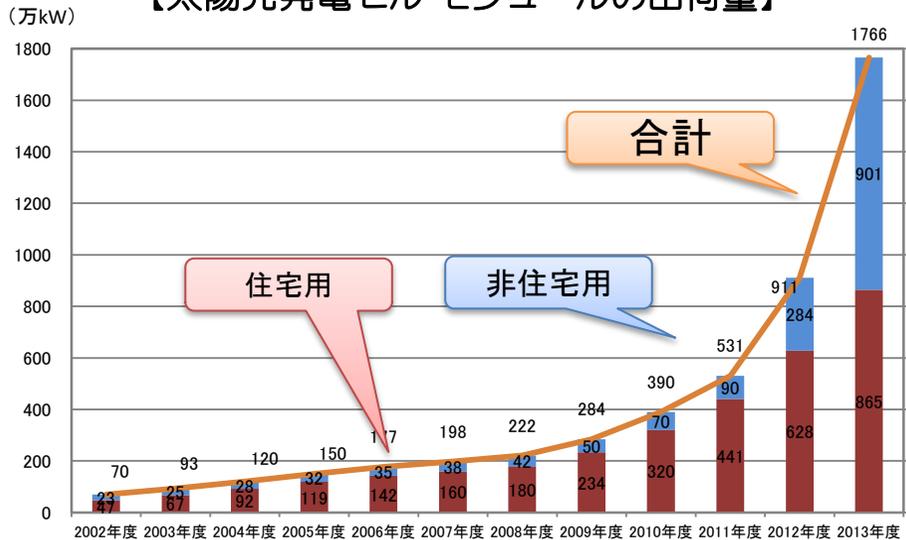


(注)水力は含まない(ただし、中小水力を含む)。

太陽光発電市場の動向と国内経済への波及効果

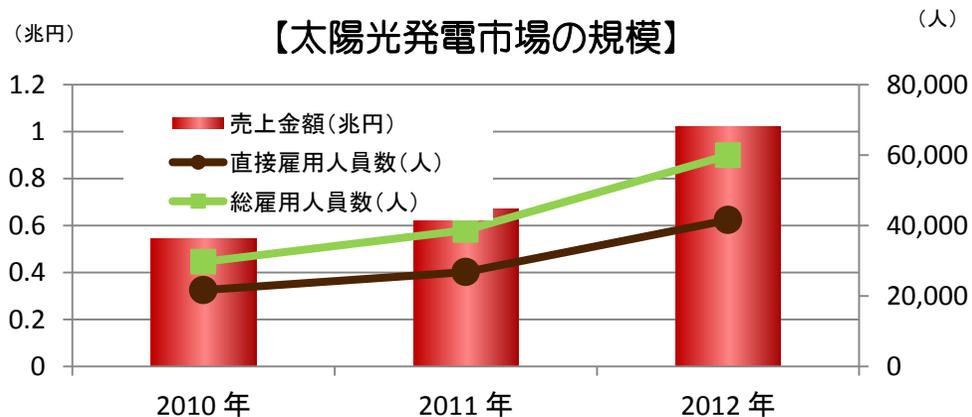
- 固定価格買取制度開始後、市場が大幅拡大。2013年度の年間出荷量は9GW、累積市場規模も18GW超に。2012年度時点では約1兆円の市場を創出。2013年度は更なる市場規模拡大。
- 太陽光発電事業の費用のうち、約4割を占めるモジュールの日本企業のシェアは7割。残る約5割の費用も、パソコンや架台等の国産設備や地元における施工工事が占めており、地域経済や国内産業への一定の波及効果を生んでいる。

【太陽光発電セル・モジュールの出荷量】



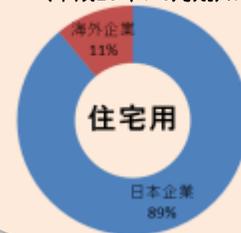
※太陽光発電協会「セル・モジュール出荷統計」における出荷ベースの値であるため、実際の運転開始状況とは必ずしも一致しない。

【太陽光発電市場の規模】



出典(一社)太陽光発電協会データ他から資源エネルギー庁作成

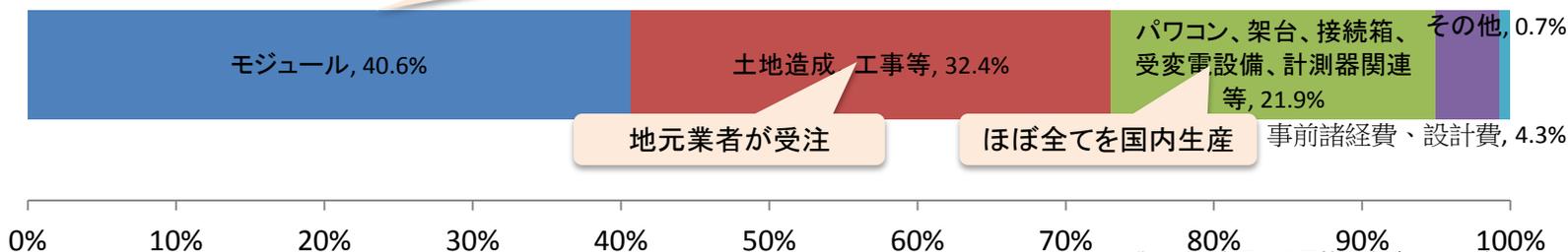
【パネルの出荷量に占める日本企業のシェア】
(平成26年1-3月期)※容量ベース



【パネルの出荷量に占める国内生産のシェア】
(平成26年1-3月期)※容量ベース



【太陽光発電の費用構造(2MW級)】

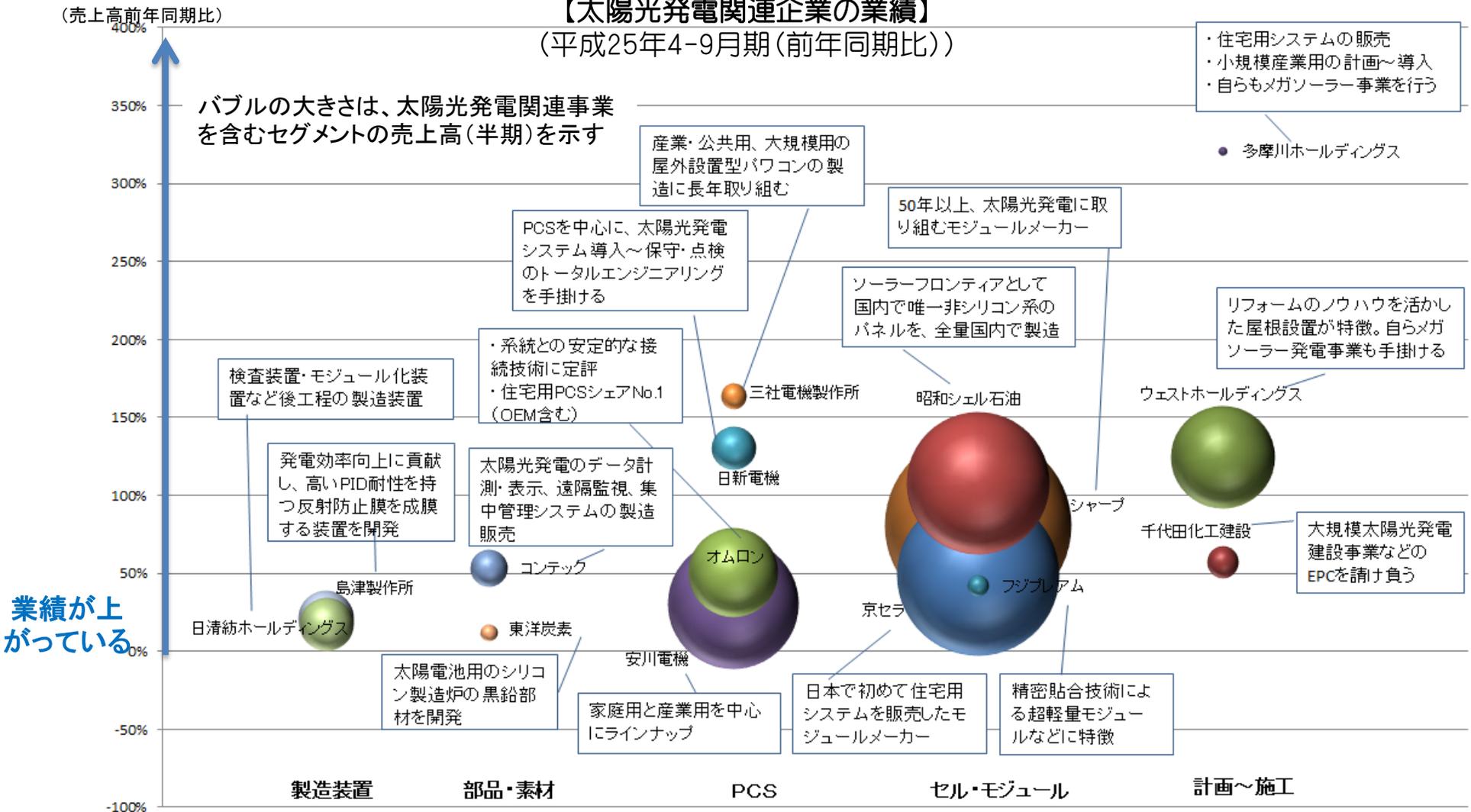


出典(一社)太陽光発電協会等データから資源エネルギー庁作成

■ 太陽光発電関連企業では、製造装置から、部材、施工に至る各段階において、固定価格買取制度の開始以降、業績が上がっている企業が多く、関連産業まで広く、経済効果が波及していることが確認される。

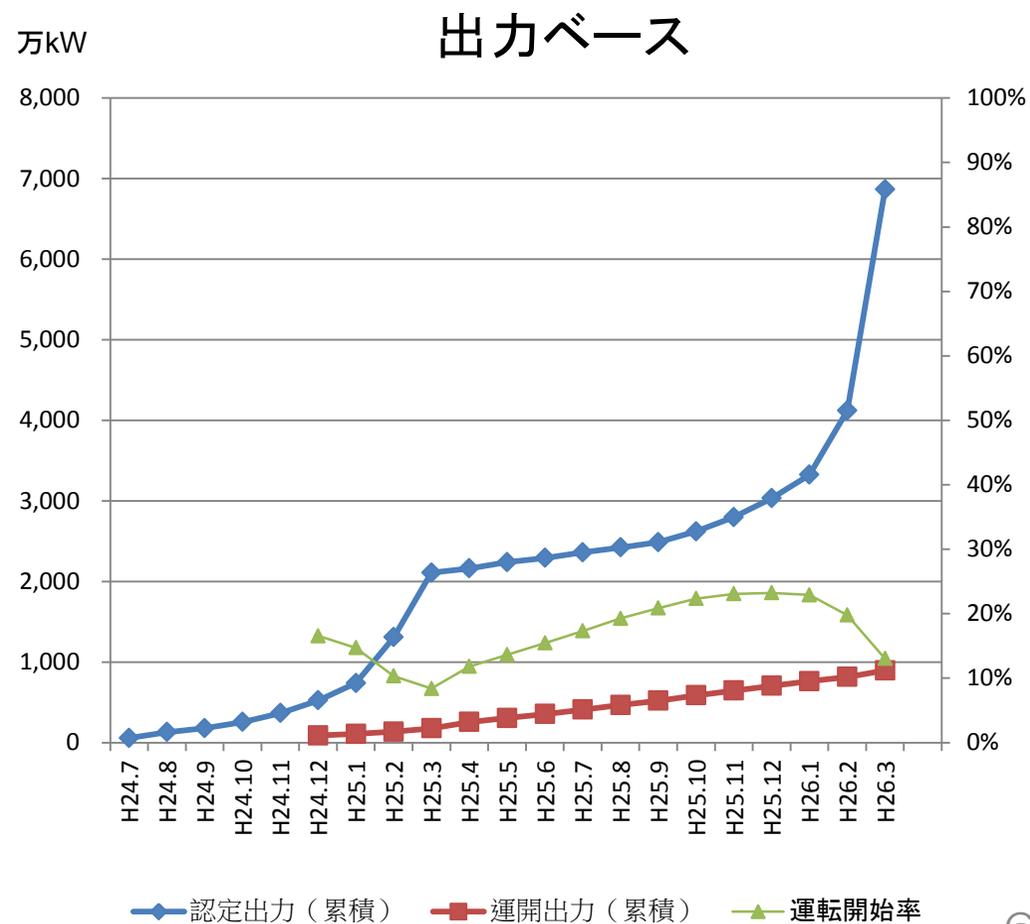
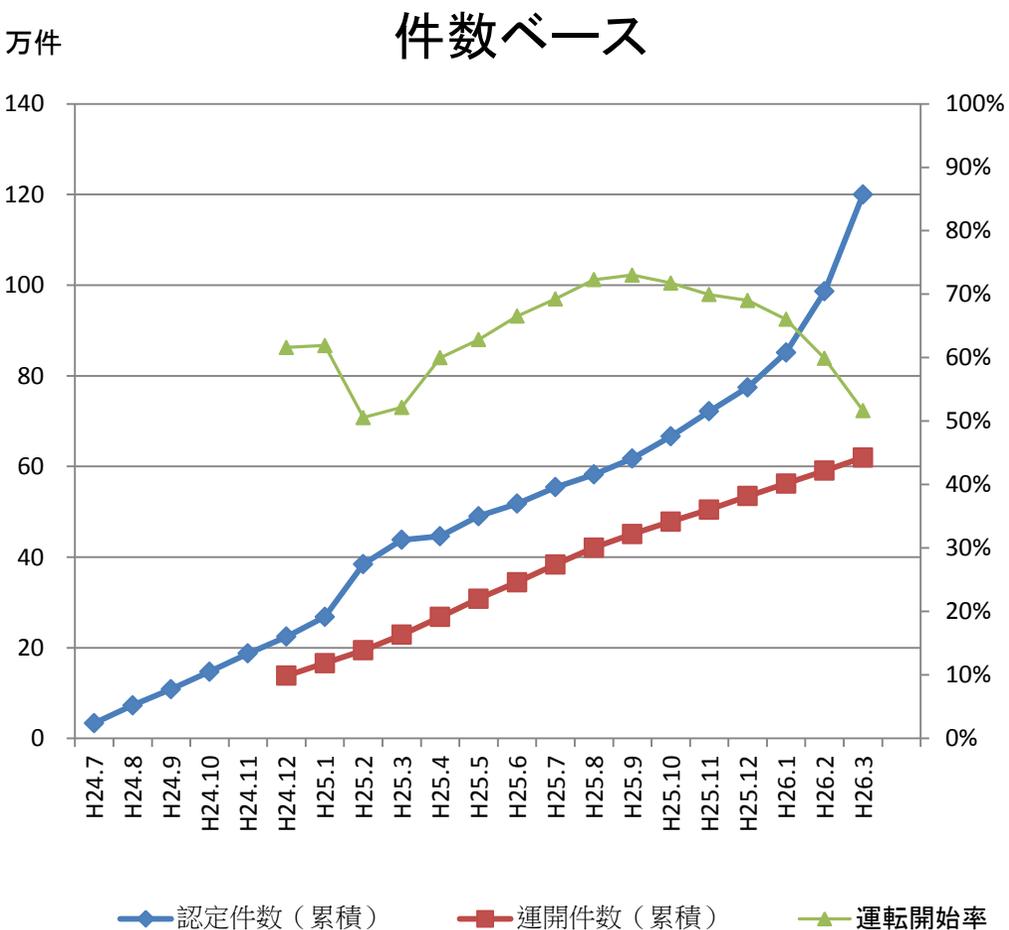
【太陽光発電関連企業の業績】

(平成25年4-9月期(前年同期比))



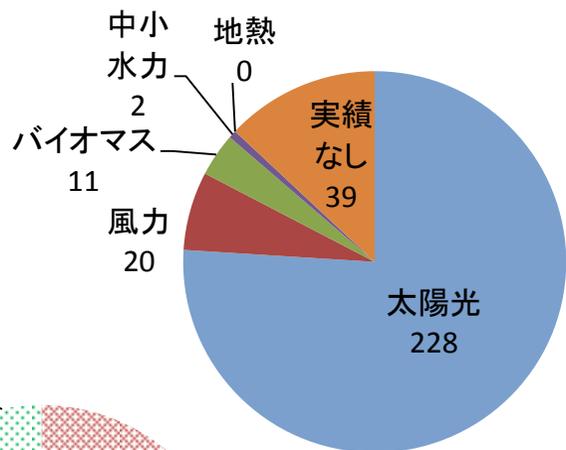
※以下三社は、それぞれ比較可能な前年同期比データを活用
安川電機：平成25年3月21日～9月20日(前年同期比)/昭和シェル石油：平成25年1月～6月(前年同期比)/東洋炭素：平成25年6月～9月(前年同期比)

- 設備認定から運転開始までは一定の期間を要するため、件数ベースで見ると、認定件数のうち、運転開始に至ったものは約5割（H26年3月末時点）。他方、出力ベースで見ると、相対的に出力の大きいメガソーラーが運転開始までに1年以上を要するため、運転開始に至ったものは約1割にとどまっている（H26年3月末時点）。
- なお、価格の切り替わる年度末にそれぞれ大きな駆け込み申請が見られる。

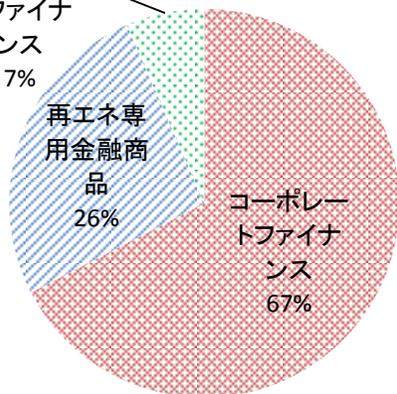


- 再生可能エネルギー種別への融資実績について、全国の地方銀行・信用金庫を対象としたアンケート結果（対象375行中268行が回答。回答率72%）をみると、太陽光が85%を占めるが、他の発電設備への融資も広がりを見せている。担保以上の金額を融資しているケースも目立つ。
- 固定価格買取制度開始前後の1年間を比較すると、融資件数は約6倍、融資実行額は約50倍となっており、急激に増加。現在は、これを更に上回る規模で拡大中。

【再エネ融資実績(金融機関数)】



【事業者が利用した金融商品】

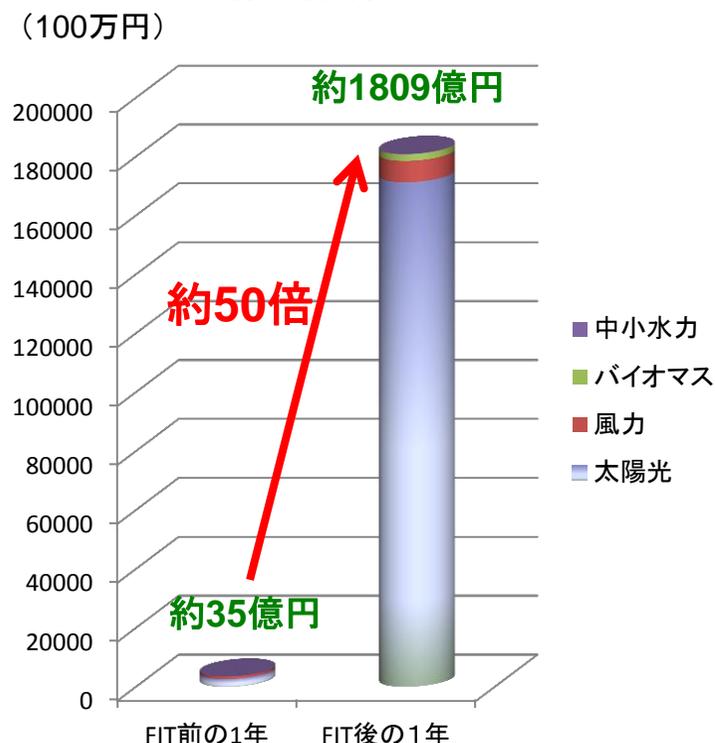


【FIT開始前後での融資件数及び融資実行額の推移】

＜融資件数＞



＜融資実行額＞



- 同一の土地を巡る複数事業者によるトラブルが多数発生している。具体的には、土地の共有者間の同意の確認が難しいケース、地権者が逆に複数の事業者に同意を出してしまうことにより混乱が生じるケースが代表的なケースとなっている。
- こうしたケースに対する詳細な判断基準がなく、現状、当事者同士の合意の形成に委ねていることが、土地及び設備の確保を遅らせる大きな原因にもなっており、ひいては、系統連系枠の無駄な確保につながっているとの批判も少なくない。
- このため、以下のとおり、こうした事例に対しても、厳格に対応することとした。

ア) 共有地において、共有者間で争いがあるケース

【事案例】 土地の共有者の一部から、土地全体の処分権があるかのような同意書が発行されたものの、残りの共有者全員からの同意が無く、土地全体の処分ができない。

【対応】 認定申請時点で、必ず当該土地に係る登記簿謄本を添付させるとともに、当該土地の全ての地権者の同意を完全に書面で確認することとする。

イ) 地権者が、複数の事業者に同意書を出すケース

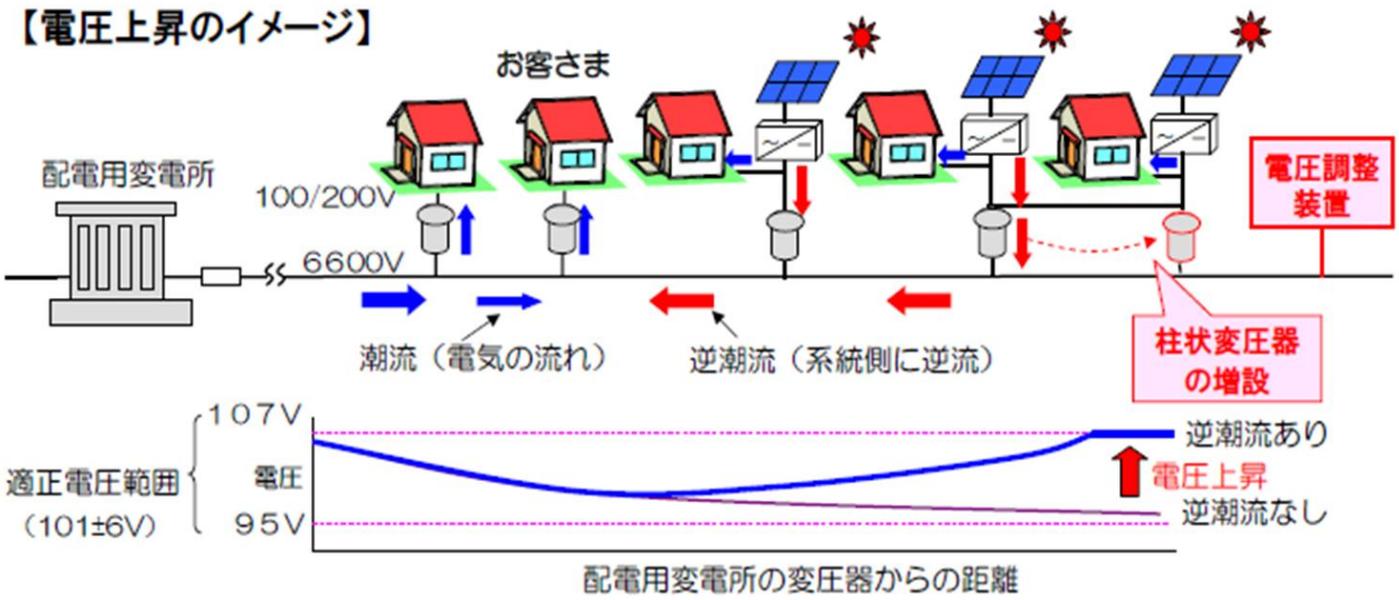
【事案例】 地権者が、複数の事業者に同意書を発行して契約条件を競わせたり、当初同意書を発行した事業者ではなく、別の事業者に事業を実施させることを意図し、当該事業者に新たに同意書を発行する。

【対応】 認定の審査に当たり、同一の土地に関し、両立しないと認められる複数の権利者の証明書が発行されていることが確認された場合は、当該申請を行った者は、当該権利者の証明書の発行者から、最終的な意思に基づく同意を一に決定したことを証する文書を入手し、認定に係る経済産業局に対し文書で提出されるまで、認定の審査を留保する。

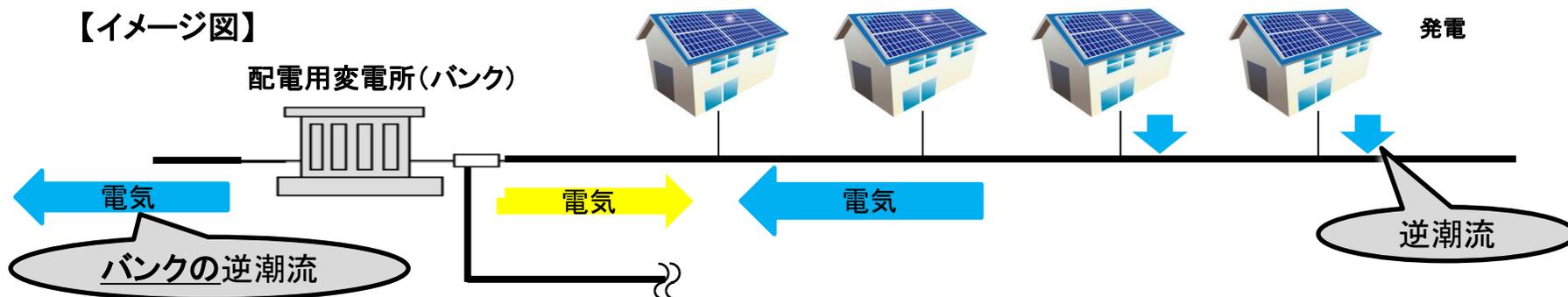
接続問題が発生する主なケース②（接続ポイント近辺の容量不足）

- 接続ポイント近辺の容量不足が、全国の太陽光集中エリアで発生。ただし、マクロの問題と異なり、適切な接続ポイントや技術的対策を探せばいずれかの地点では接続可能。
- こうした接続を可能とするための系統対策費用や、そのポイントまでの接続費用の上昇が課題。また、接続に対する予見可能性を確保するための情報公開が課題。

ミクロの問題	接続ポイント近辺の容量不足⇒接続ポイントの変更が必要。
適正電圧超過、バック逆潮流問題	<ul style="list-style-type: none"> ■ 一般家庭等への配電には、一定の電圧範囲を維持することが必要。太陽光からの逆流電力が一定以上になると、電圧上昇により配電に必要な電圧範囲を維持できず、一般家庭等への電力の供給に支障が生じる。
熱容量超過	<ul style="list-style-type: none"> ■ 送配電線や変電所の変圧器が受け入れ可能な電力が一定以上になると、変圧器が受容可能な熱容量を超過し、適正な機能が喪失する。



- 「バンクの逆潮流」とは、太陽光等による発電量が過大となり、配電に必要な電圧範囲が維持できなくなったため、配電用変電所を超えて上位の系統へ電気を流すこと。
- 従来、バンクの逆潮流は、（i）電力の品質に悪影響を及ぼすこと、（ii）系統の保安管理上の問題から認められていなかったが、全国各地で太陽光による配電網の容量不足問題が発生したため、必要な技術的対策を施すことを条件として、逆潮流を認めるよう規制緩和を行うこととした。
- その結果、配電網の容量不足問題は、一定程度解消することとなった。



対応① 規制の緩和

- 課題解決のため、改めて技術的検討を進めた結果、配電用変電所に一定の技術的対策(事故時に逆潮流を遮断するための開閉器の設置など)を施すことで、上記の(i)、(ii)の問題は生じないことが認められた。
- そこで、平成25年5月31日、一定の対策を行った場合には、「バンクの逆潮流」を認めるという規制緩和を実施した。

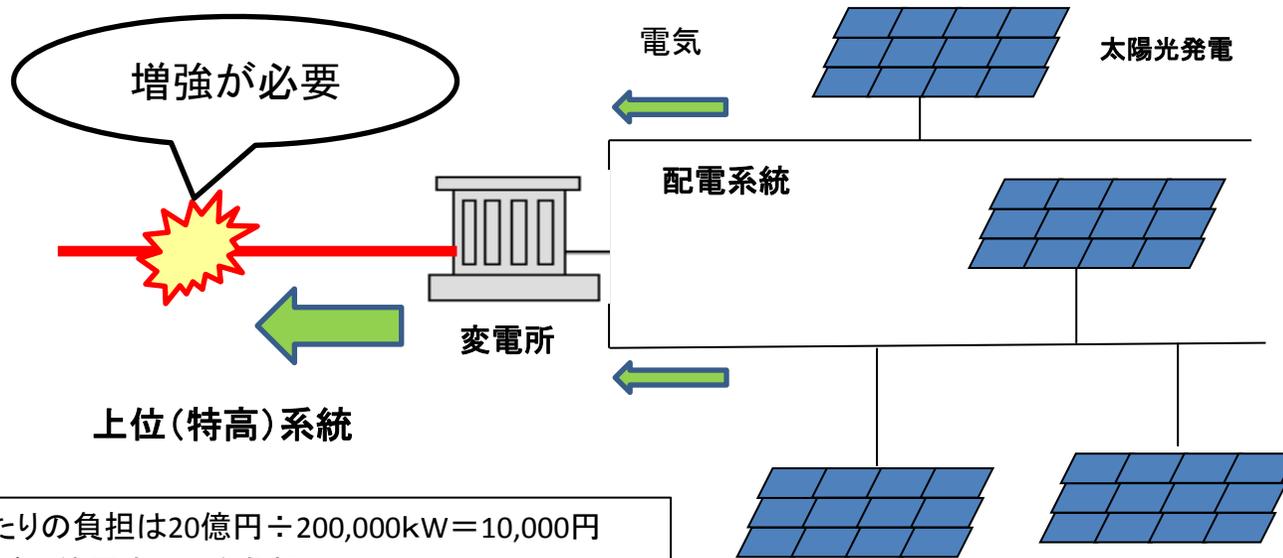
対応② 負担コストの緩和

- 系統接続のための費用については、原因者負担を原則としている。しかし、「一定の対策」の費用をバンクの逆潮流を発生させた最初の事業者にすべて負担させた場合、過大な負担となってしまう、結果的に系統接続は行えない。
- そこで、問題を実質的に解決するための合理的な費用負担を検討したところ、バンクの逆潮流が発生することとなった以降に当該系統に接続するすべての事業者が平等に負担することが適当という結論に至った。
- 具体的には、工事費負担金について、接続を行う設備の出力容量(kW)に一定の単価を乗じて算定することとした。なお、平成25年7月23日より、当該工事費負担金のルールが適用となっている。

- 太陽光発電等が集中した地域においては、熱容量の問題から系統接続が困難な状況が発生している。最近では、上位の特別高圧系統においても容量不足が問題となるケースが発生している。
- 現在の接続ルールにおいては、最初に系統接続を行う事業者が工事費の全額を負担し、その後3年以内に複数の再生可能エネルギー発電事業者が増強した系統設備を共用する場合、増強費用を適切に按分して負担することとなっている。
- しかし、増強後にどの程度の事業者が系統接続するかが不明確であり、さらに、上位系統の増強に係る費用負担の中には数十億円から数百億円規模となる場合もあるため、発電事業者にとって予見可能性が低く、場合によっては、過大な投資負担を求められているケースがある。

【イメージ】

系統増強費用合計	20億円
再エネ事業者A	10,000kW
再エネ事業者B	1,000kW
再エネ事業者C	500kW
再エネ事業者D	30,000kW
⋮	
合計	200,000kW



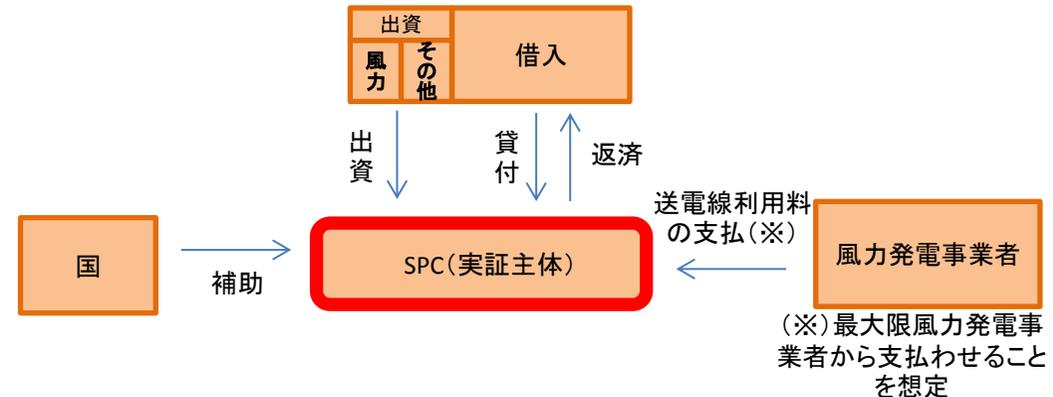
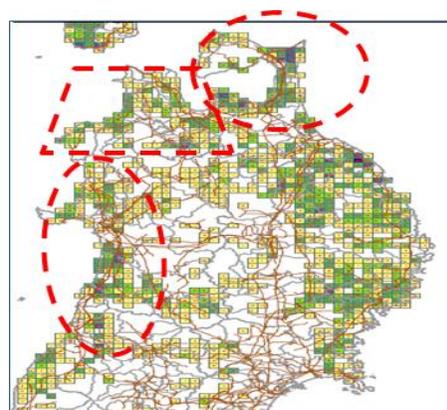
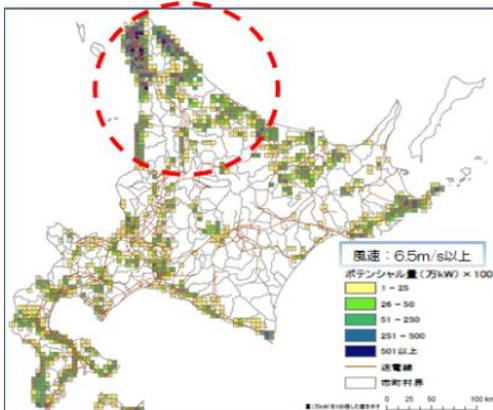
- 再エネ事業者全体が申し込んだ場合、kWあたりの負担は20億円÷200,000kW=10,000円
 - 再エネ事業者Aしか申し込まなかった場合、Aが20億円すべてを負担
- 結果的に、どの程度の費用負担になるかが確定せず、すべての事業者が系統接続を行うことが困難な状況となっている。

- 北海道・東北の北部地域といった風力最適地での風力発電事業を拡大するためには、脆弱な地域内送電線の整備・増強が不可欠。ただし、地域内の電力需給が既にバランスしている一般電気事業者にとって、これらの追加的送電線整備費用を全額負担することは事業上困難。他方、託送料金による回収も非現実的。
- このため、風況が良く、かつ送電線が脆弱な地域を「特定風力集中整備地区」と特定。プロジェクトファイナンスの成立性※に配慮し、風力発電事業者が過半を出資し、風力発電事業者からの送電線利用料により送電線整備実証の投資回収を目指す特別目的会社（SPC）に限って、国がその整備実証費用の一部を補助する制度を創設。
 （※）風力発電事業者が過半を出資し送電線敷設内容に決定権を持てば、①最も早く、②最も安く、③最も確実に使われる送電網が整備されることになるため、民間金融機関にとって、唯一、ファイナンスが安心して組める仕組みとの評価。
- 余剰利益が出た場合は、適切な収益納付を行うことを前提に、補助率は1/2と設定。ただし、風力専用送電線として全国に適用できる、低コスト化、系統安定化などの技術の開発・実証による技術課題の解決も条件。こうした技術の確立と併せ、民主導による送電インフラ整備のスキーム確立を目指す。

【風力発電のための送電網整備実証事業】(平成26年度予算150.5億円)

・北海道・東北の一部を特定風力集中整備地区と定め、送電線整備実証を実施。平成25年度は北海道にて事業を開始するとともに、平成26年度は東北地域においても事業を開始予定。

- ・集中整備地区ごとに、風力関係の民間事業者が過半を出資するSPC（特別目的会社）を設立し、有料送電線を設置し技術の実証を行う。
- ・費用の回収は電力料金ではなく、送電線の利用料金を風力発電事業者から徴収し、返済に充てる（「有料道路」的な考え方を送電線に導入）。



- 北海道地域における送電網整備事業の補助対象事業者として、商社や再生可能エネルギー発電事業者などが出資する特定目的会社を2社採択（平成25年10月）。詳細な開発可能性調査を開始している段階であり、ルート選定など具体的な内容は今後調整。
- 同地域の風力発電の導入ポテンシャルは、最大で200万kW程度と見積もられている。
- 本年度は、青森、秋田の両地区で、東北地区に関する送電線SPC事業の立ち上げを行うこととなる見通し。

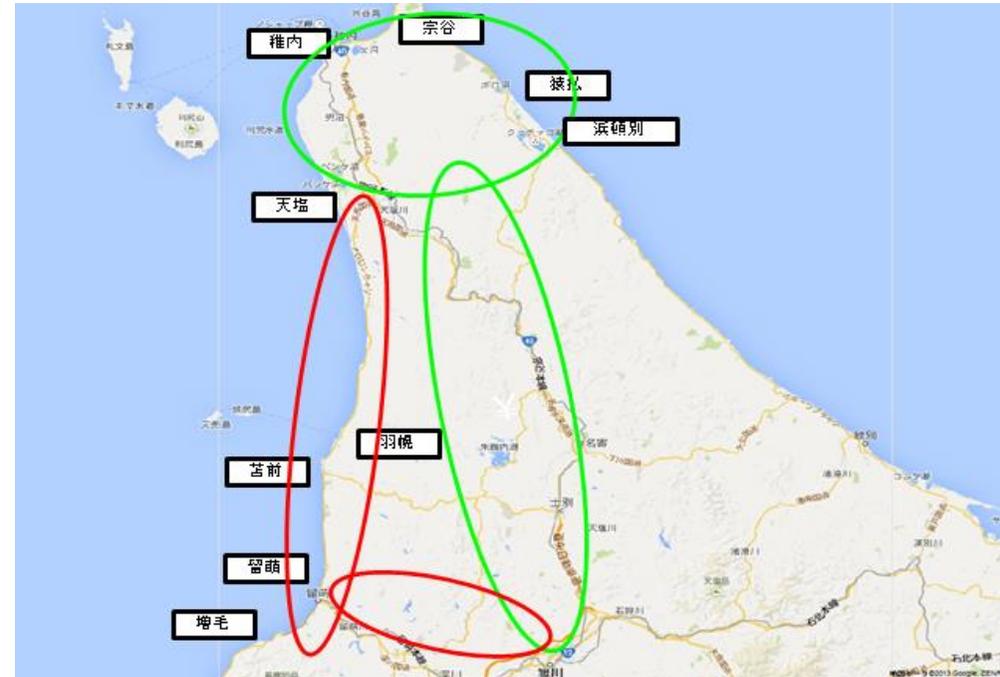
【北海道における採択事業者及び事業内容】

①日本送電株式会社

- 三井物産株式会社、丸紅株式会社、SBエナジー株式会社の出資による特定目的会社
- 増毛町から手塩川以南に至る日本海側ルートを想定
- 風力発電の導入ポテンシャルは30万～60万kW

②北海道北部風力送電株式会社

- 株式会社ユーラスエナジーホールディングス及びエコパワー等の出資による特定目的会社
- 稚内・宗谷エリア、手塩川エリア及び猿払・浜頓別エリアに至るルート（道央－オホーツクルート）を想定
- 風力発電の導入ポテンシャルは最大で140万kW程度

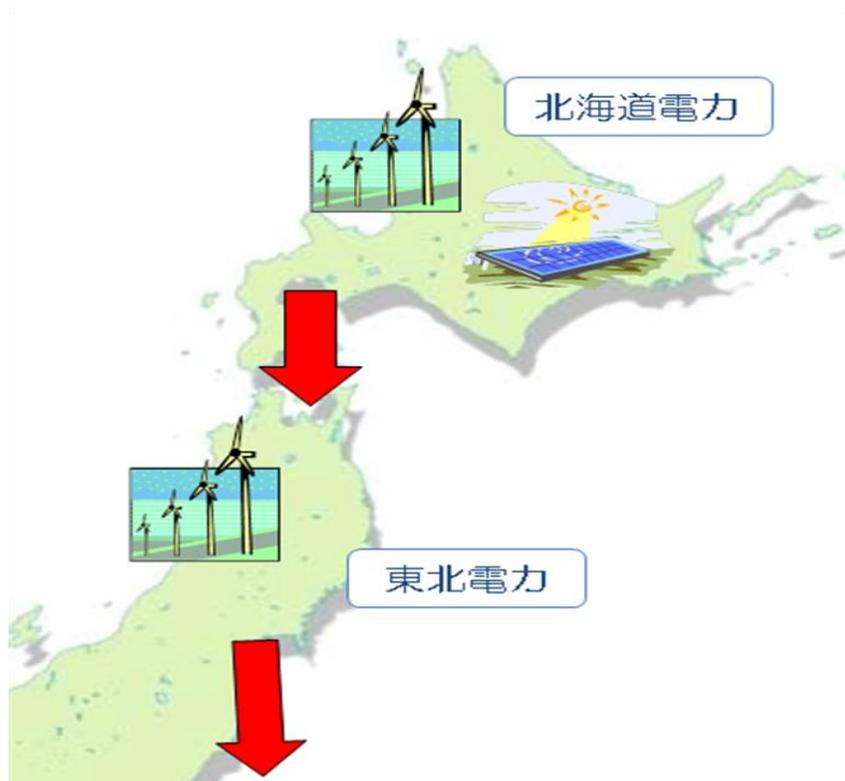


— 日本海側ルート

— 道央－オホーツクルート

- 出力が変動する太陽光・風力の電気を、各地域内の需給調整力を超えて受け入れるには、十分な調整電源を持つ他のエリアとの広域連系の実現が、解決策の1つとして考えられる。
- 北海道・東北エリアについては、北本連系線の追加増強を始めとした送電インフラ投資が実現すれば、風力発電の立地環境の改善に資する（風力を中心とした590万kW（※）の導入拡大を行おうとした場合には、地域間連系線増強のため、9,000億円程度の投資が必要との試算あり）。（※）590万kWは、北海道・東北における受付応募量・連系検討申込み量に相当（平成23年度）

【北海道電力・東北電力からの送電イメージ】



【電力会社の風力発電の連系可能量】

(万kW)

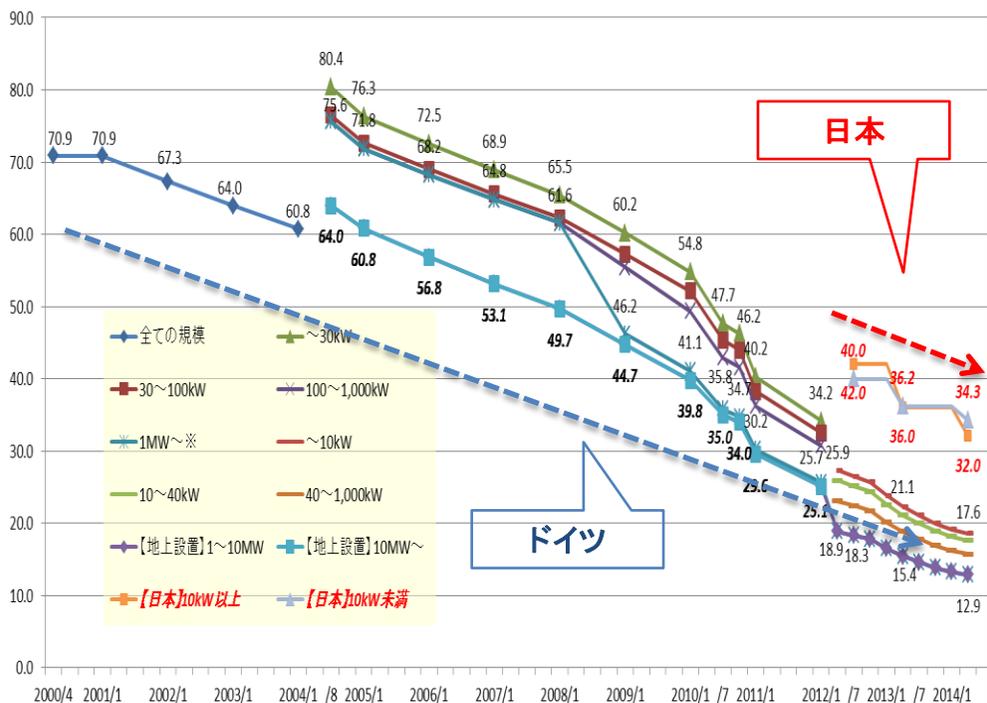
	風力連系可能量	既連系量 (H25年度末)
北海道	56	31.6
東北	200	56.5
東京	設定なし	37.1
中部	設定なし	22.4
北陸	45	14.6
関西	設定なし	7.8
中国	100	29.9
四国	60	16.6
九州	100	36.5
沖縄	2.5	1.4
合計	563.5～	254.4

- 太陽光発電システム価格は、量産効果等により年率約1割と、ドイツとほぼ同様のペースで下落。このペースで下落が続いた場合、5~6年程度で発電コストが家庭用電力料金を下回る見込み。
- メガソーラー建設コストも、徐々に低下の傾向。次世代モジュールの技術開発支援による早期自立化（2020年までに発電コスト※14円/kWh、2030年以降に7円/kWhを目指す）や、モジュール以外の周辺技術（架台や施工方法）の低コスト化支援により更なるコスト低減を目指しているところ。2020年には、発電コスト14円/kWhと、買取価格20円以下を達成するために必要な技術をそろえるのが目標。

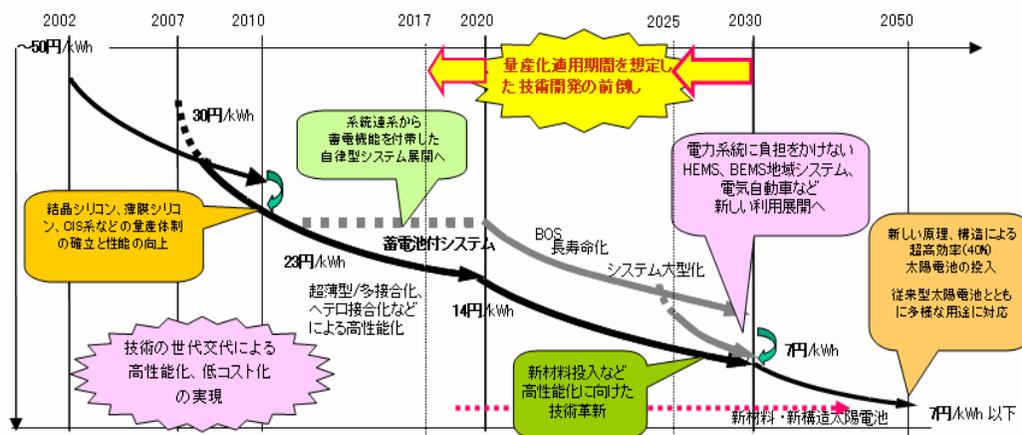
※システム費用のみで評価したコスト（運転維持費用、系統接続費用、土地造成費用は含まない）。

【ドイツ・日本における太陽光発電設備の買取価格の推移】

※1ユーロ=140円として換算



【太陽光発電の今後の発展に対するロードマップ (PV2030+)】

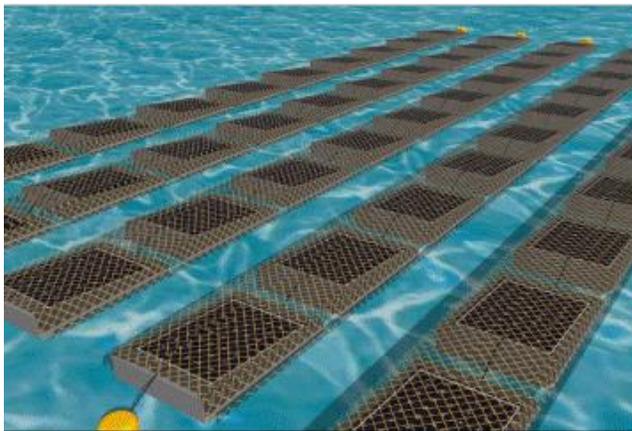


実現時期(開発完了)	2010年~2020年	2020年(2017年)	2030年(2025年)	2050年
発電コスト	家庭用電力並 (23円/kWh)	業務用電力並 (14円/kWh)	事業用電力並み (7円/kWh)	汎用電源として利用 (7円/kWh以下)
モジュール変換効率 (研究レベル)	実用モジュール16% (研究セル20%)	実用モジュール20% (研究セル25%)	実用モジュール25% (研究セル30%)	超高効率モジュール40%
国内向け生産量(GW/年)	0.5~1	2~3	6~12	25~35
海外市場向け(GW/年)	~1	~3	30~35	~300
主な用途	戸建住宅、公共施設	住宅(戸建、集合) 公共施設、事務所など	住宅(戸建、集合) 公共施設、民生業務用、電気自動車など充電	民生用途全般 産業用、運輸用、農業用、独立電源

- 現在未利用のポテンシャル（ビル壁面や農地など）の開拓を目指した実証や、太陽光発電のより使い易いシステムや太陽光発電システムの高機能化等の高付加価値化を目指した様々な可能性あり。

○未利用ポテンシャル開拓

建物壁面、農耕地、傾斜地、水上、移動体など未利用地を開拓することを指向した実証等



蓄電機能付有機系太陽電池（東大・ソニー）



○高付加価値化

低倍率集光太陽電池＋熱利用システムの実証

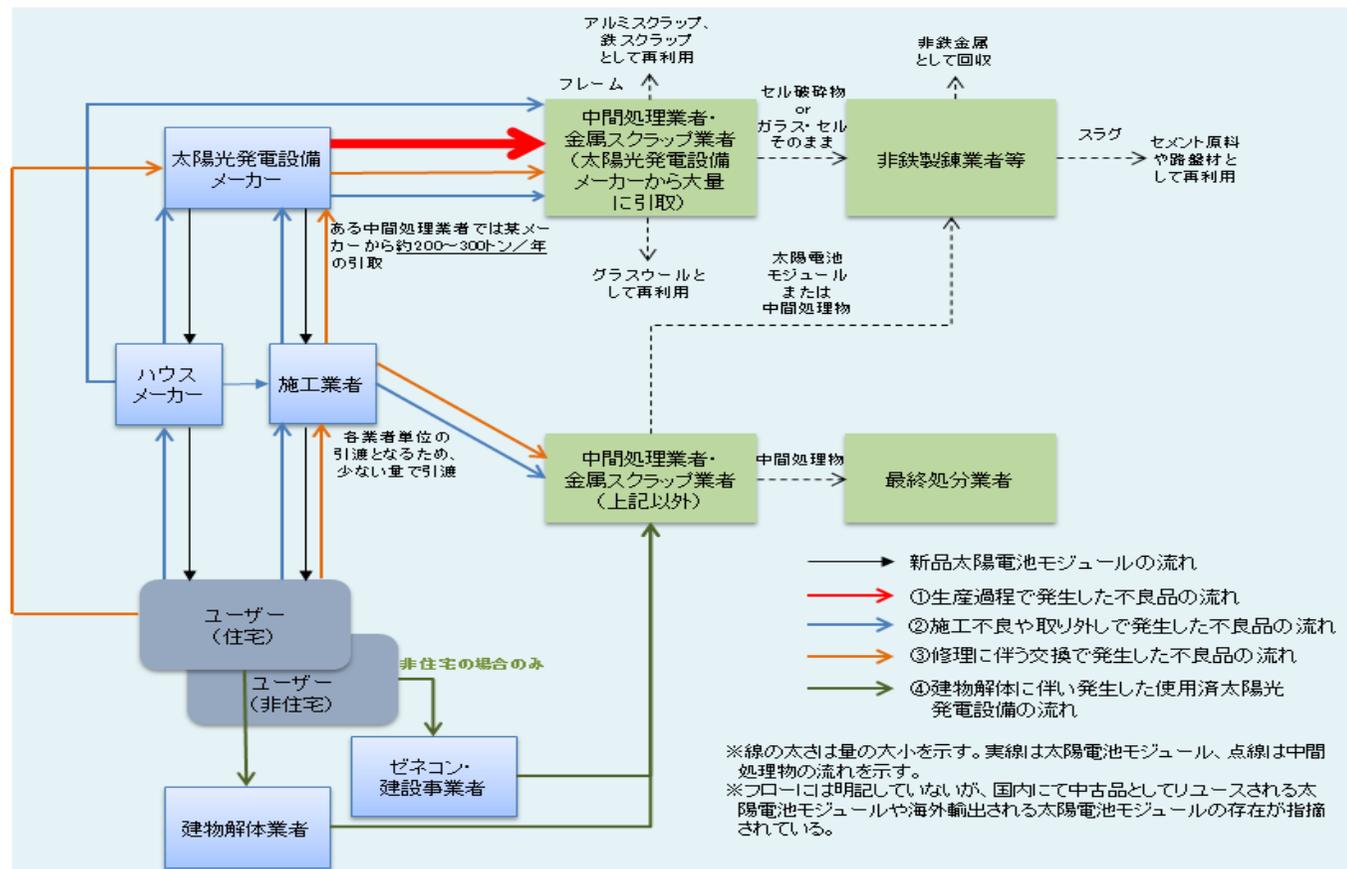
ビルや集合住宅における太陽電池＋熱利用の実証等



デザインソーラーランタン
（日本写真印刷）

- 現状においては、使用済み太陽光発電設備の排出量は、非常に少ないと考えられるため、撤去から処分までのフローは、現時点における限られた暫定的なものである可能性。
- 将来的な国内外における二次利用（リユース等）市場創出等、排出量や市場の変化によってフローが変わりうる点について多様な流通ルートを検討しておく必要。
- 結果概要：太陽光発電設備メーカーから生産不良等として排出されるルートが主。
 - ⇒ 中間処理業者等に引き渡し、銀等の有用資源を回収（有価の場合あり）。
 - ⇒ 建物解体業者や施工業者からの排出は少ない。
 - ⇒ 従来の産業廃棄物処理の流れの中で処分。

【アンケート調査・ヒアリング調査によりフロー調査結果】



(出典)
 経済産業省・環境省共同調査「使用済再生可能エネルギー設備のリユース・リサイクル・適正処分に関する調査結果」より

- 太陽光パネルは、国内外で数十社数百種類以上の製品があり、その種類も多岐にわたることから、リサイクルや適正処分に関する製品特性を把握するため、次の試験を実施した。
 - 素材構成調査：有用資源や有害性の懸念がある物質の使用状況を把握する観点から、部材毎の重量測定を実施するとともに、含有可能性がある物質のスクリーニングを実施。
 - 含有量試験：有用資源や有害性の懸念がある物質の含有状況を把握する観点から、素材構成調査で含有可能性があるものと判断された物質の定量化のため、含有量試験を実施。
 - 溶出試験：太陽光発電設備が埋立処分された際の環境影響を把握する観点から、有害性の懸念がある物質の溶出試験を実施。
- 試験結果においては、試料調製の要因が大きいことから、今年度は、製品の評価について試験時用の試料調製方法について整理を行う。
- 今後は、鉛フリー等の環境に配慮した製品設計等の企業の積極的な取組みについても情報収集を行う。

【素材構成調査・含有量試験・溶出試験の結果】

素材構成調査

- 結晶系のモジュールは、フロントカバーガラスの重量が最も大きく60～70%、次いで、フレームの重量が15～30%程度、Si結晶の重量が14～20%程度となった。
- 薄膜系のモジュールは、フロントカバーガラスの重量が約80%となっており、結晶系に比べて、ガラスの構成比が高い結果となった。次いで、フレームの重量比が10%程度、Si薄膜の重量比が5%程度となった。
- CIS系のモジュールは、フロントカバーガラス及び基板ガラスとCIS系基板の分離ができないものが多く、これらの部材合計で全体の80%程度を占める。フレームの重量比は10%程度である。

含有量試験

- 有用物質として電極材料に銀が数万ppmオーダーで含有。結晶系のモジュールで総じて濃度が高く、薄膜系、化合物系のモジュールでは相対的に濃度が低い傾向。
- 製造年代別では、製造年次の古い製品は銀の濃度が総じて高く、製造年次の新しい製品は濃度のばらつきが大きい傾向が確認。

溶出試験

- 結晶系のモジュールの一部からの鉛の溶出等を確認



太陽電池モジュール背面

(出典)
経済産業省・環境省共同調査「使用済再生可能エネルギー設備のリユース・リサイクル・適正処分に関する調査結果」より

- 欧州では、廃棄時の処理についてシナリオ分析を行い、太陽電池モジュールを欧州WEEE指令に追加することにより、不適切な処理・廃棄により発生する環境影響を低減し、結果として経済的利益が生まれる、という結論を得たため、2012年8月に発効した改正欧州WEEE指令において太陽電池モジュールが対象製品に追加された。今後の課題としては、各国の国内法制定状況、国内法の施行状況、目標値の達成状況を確認し、各国法の機能状況や成果、目標設定の妥当性等の点を見直していく点が挙げられる。
- 同指令の発効以前より、太陽電池モジュールメーカーが主体的に産業団体（PV CYCLE）を立ち上げ、回収・リサイクルスキームを構築している。現在 PV CYCLEにて回収されている太陽電池モジュールの95%以上は、工場でのロットアウト、および輸送時・設置時に損傷を受けたものであり、技術的寿命（30年以上）を全うして廃棄された太陽電池モジュールは全体の1%に満たない。今後の課題としては、今後制定される各国の国内法への対応が挙げられる。国内法の内容が国により大きく異なった場合には、リサイクルシステムの変更等を求められる可能性がある。

【海外動向調査の結果】

<p>改正欧州WEEE指令 (2012年2月発効)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 改正欧州WEEE (Waste Electrical and Electronic Equipment: 廃電気・電子機器) 指令に太陽電池モジュールが追加 ➢ 拡大生産者責任に基づき、加盟国及び生産者に <ul style="list-style-type: none"> ・WEEEの回収・処理システムの構築 ・WEEEの環境配慮設計の促進 ・生産者が回収・処理・廃棄に関する費用負担 ・保険加入等の資金調達に関する保証 等 を義務化し、回収率やリサイクル率の目標を設定。 ※加盟国は、2014年2月14日までに国内法を整備しなければならない。
<p>ドイツ 廃電気・電子機器法</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➢ ドイツでは、欧州WEEE指令への対応として廃電気・電子機器法 (ElectroG) を2007年に全面施行。 ➢ 拡大生産者責任の概念を原則として、メーカーに製品製造段階からの廃棄物の発生抑制、環境配慮設計等の配慮を要求。また、廃棄・リサイクル段階の責任は、メーカーが負う一方、自治体には回収拠点設置義務。 ➢ ドイツでも移行期間である2018年までに国内法を改正する見通であり、現在の回収スキームを踏襲して太陽電池モジュールの対象化を予定。
<p>PV CYCLEの回収・リサイクルサービス</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 太陽電池モジュールの回収・リサイクルスキームの構築を目的とした世界初の産業団体。欧州域内で廃棄される太陽電池モジュールのリサイクルシステムを運営。 ➢ 所有者が撤去にかかる費用を負担(40枚以下の場合、運搬費用も負担)、リサイクルにかかる費用は事業者が会費により負担(負担額は前年度販売実績に基づき決定)。

(出典)

経済産業省・環境省共同調査「使用済再生可能エネルギー設備のリユース・リサイクル・適正処分に関する調査結果」より