

提 言

『将来的な低炭素社会の実現とエネルギーの確保に向けて』

平成 24 年 5 月

 愛媛経済同友会

環境問題委員会

提言の趣旨

社会経済活動を営む上で、安定的なエネルギーの確保は不可欠である。

2011年3月11日に発生した東日本大震災と福島第一原子力発電所の事故により、東京電力及び東北電力の管内で電力不足の懸念が生じ、電力の供給力不足による大規模停電を回避するため計画停電が実施されたことは記憶に新しい。

停電の影響は、経済的・身体的な弱者にしわ寄せがいき、経済を支える企業の活動も生産規模の縮小や勤務時間をシフトする等、社会的にも大きな支障が発生した。

当地域においても、2012年1月13日に四国電力伊方原子力発電所の全号機が停止し、火力発電所の再稼働等により一定の供給力を確保しているものの、今後の安定供給に対する懸念が生じている。

このため、足下においては、住民や企業が総電力使用量を抑制すべく積極的に節電に協力するとともに、ピーク時電力の制約等により社会経済活動に影響が生じないレベルの電力確保に向けて、政府による原子力発電の安全性の議論や、自治体、地域住民による理解の進展が期待される。

一方、長期的に見れば、現在のエネルギーの主原料である化石資源は有限であり、また、化石資源の燃焼により発生するCO₂等の温室効果ガスは地球レベルで環境に影響を及ぼすことから、将来の社会の持続的な発展のためにも化石資源の使用や温室効果ガスの排出を可能な限り抑制すべきである。

これまでも各自治体では環境基本計画や地球温暖化対策促進法に基づく温室効果ガス削減実行計画等を策定し、地域住民や企業とともに温室効果ガス削減に向けた様々な施策に取り組んでいるところであるが、今後とも低炭素社会の実現に向けた努力を継続する必要がある。

このような状況を踏まえ、当委員会では「低炭素社会の実現」というテーマを主に置きつつ、東日本大震災により直面した「エネルギー不足が社会経済活動に及ぼす影響」という点も考慮し、低炭素社会の実現とエネルギーの確保の両立が期待される再生可能エネルギーについて調査研究を行った。

その結果、再生可能エネルギーの商業ベースの実用化には主としてコスト面に課題があり、①コスト低減のための技術開発には長期を要すること、②太陽

光発電や風力発電については、その特性から現段階でベース電源とすることは難しい一方、③太陽光発電は日中のピーク電源として有望であり、設置場所の制約条件が少ないため分散型発電に適していること、などが分かった（資料1及び資料2参照）。

本年7月には再生可能エネルギーを用いて発電された電気を電気事業者に固定価格で買取義務を課す「電気事業者による再生可能エネルギー電気の調達に関する特別措置法」が施行され、これにより再生可能エネルギーの普及促進が期待されるが、低炭素社会の実現とエネルギーの確保の両立を可能な限り早期に実現させるためにも、一層の官民の協力・連携や支援措置が必要である。

以上を踏まえ、当委員会として以下の通り提言する。

1. 節電をはじめとする省エネへの積極的な取り組みの継続とその^{しょうよう}慫慂。

総電力使用量の削減は、化石資源への依存度低下による環境負荷低減に加え、企業にとってはコスト削減にも繋がることから、期限を区切ることなく官民が協力・連携して省エネに積極的に取り組み、役職員にも慫慂すること

2. 地域内のエネルギー自給率を高めるため、当地域の特性等を踏まえて検討推進すること。

①公共施設への太陽光発電設備の設置

②再生可能エネルギーを用いた発電事業者の誘致や事業の支援

③住宅に太陽光発電設備や家庭用燃料電池の設置を促進するための仕組み等

3. 技術的課題解決に向けた産学官連携、予算措置等支援の強化。

再生可能エネルギーの商業ベースの実用化を可能な限り早期に実現すべく、国に対し技術開発の一層の推進を促すとともに、当地域においても産学官の研究機関の連携を推進し、それを支援するための予算措置等を検討すること

最後に、当地域においても短期／中長期の地域内エネルギーミックスについて議論する等、関係者間の真摯な議論や相互理解の進展を期待する。

以上

再生可能エネルギーの技術開発動向

～独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構

新エネルギー部長 和泉 章氏の講演より～

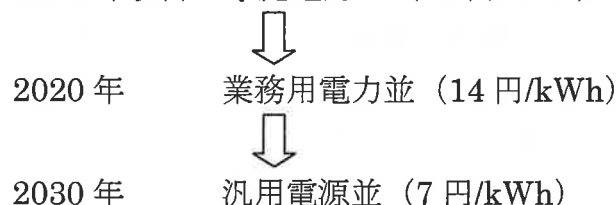
<総論>

- ・日本で導入されている再生可能エネルギーで発電容量が最も大きい水力発電は発電容量全体の 20%程度を占めているが、太陽光発電、風力発電及びバイオマス発電は、それぞれ水力発電の 7.9%、5.3%、4.6%程度と極めて低水準（水力発電を除く再生可能エネルギーで発電容量全体の 4%程度）。
 - ・世界的にも従来型のエネルギーである石炭、石油、ガス、原子力の割合が高いものの、今後、新興国でのエネルギー需要増や化石燃料の価格上昇等により再生可能エネルギー需要が増加していくものと見られており、中でも風力、太陽光、太陽熱の増加率が大きい見通し。
 - ・再生可能エネルギーの導入を進めるための最大のポイントは価格(C)の問題。
 LNG 火力の発電コスト：約 7.5 円/kWh > C なら電力会社で
 家庭用の電力販売価格：約 24 円/kWh > C なら家庭で
 それぞれ導入の進展が期待できる。
- ⇒現在は、太陽光発電 約 48 円/kWh、風力発電 10～14 円/kWh、地熱発電 8～22 円/kWh という状況

<太陽光発電>

- ・欧州を中心に固定価格買取制度等の優遇措置により世界需要が拡大しているが、投資がコスト差を埋めるための政府の優遇策に左右される構造。
- ・太陽電池は中国企業の増産等により価格が低下傾向にあるが、NEDO では発電コストの低減（＝日本の国際競争力の維持・強化）を目的として、①太陽電池の低コスト化（製造コストの低減）、②高効率化（変換効率の向上）に向けた技術開発を実施。

【ロードマップ】 2010 年以降 家庭電力並（23 円/kWh）



<太陽熱発電>

- ・太陽熱で作った蒸気でタービンを回して発電するため、直達日射量が多く、湿度や粉じんの少ないことが条件（日本は適地とはいえない）。
- ・北アフリカ、南アフリカ、豪州、中東、米国南西部等が有望であり、IEA では今後、世界的には太陽光と同じくらい普及すると見ている。

<風力発電>

- ・技術のわかりやすさ等から、世界的には先進国だけではなく発展途上国も導入が進んでおり、特に中国、アメリカ、ヨーロッパで顕著な一方、日本ではあまり導入が進んでいない（日本は世界全体の風力発電容量の1.3%）。
- ・コスト低減のため風車の大型化（＝1基当たりの出力増強）が進んでおり、それに伴い立地場所は海岸、さらに洋上に移りつつある（組立や騒音問題などを考慮）。
- ・NEDO でも日本の気象・海象条件に対応するため、実機での洋上風力発電の実証実験を実施中（銚子沖と北九州沖の2ヶ所）。

【参考】太陽光発電と風力発電は気象条件により発電量が左右されるため、系統全体の安定化が大きな課題であり、導入が進めば進むほど安定化が重要となる。このため、蓄電技術やスマートグリッド（次世代送電網：電力の流れを需要側・供給側の両方から制御し、最適化する送電網）の研究開発も進める必要がある。

<バイオマスエネルギー>

- ・バイオマスには農林水産系廃棄物、産業廃棄物、生活廃棄物のほか、栽培作物系があるが、NEDO では農林水産系や廃棄物の利用を研究。
- ・バイオマスのエネルギー転換技術には、①直接燃焼させて熱を取るもの、②化学的に変換してガスや液体燃料、化学原料を作るもの、③発酵させてメタン、水素、エタノールなどを取るものなど多種多様な方法がある。
- ・液体燃料を直接製造可能なことが他の再生可能エネルギーと異なる点だが、実用化の観点からは、原料の調達や用途を含めたトータルでコストを考慮することが重要（未利用バイオマスの活用を検討する場合も同様）。
- ・NEDO では、ガソリン代替物の製造を目的として、食料と競合しないセルロース系資源作物について、栽培からバイオエタノールの製造に至る技術の研究開発や、セルロース系バイオマスからガス化・精製して液化する研究、藻から油分を抽出してバイオ燃料を製造する技術開発等を実施。

- ・また、ガス・燃料供給事業者への非化石エネルギー導入義務付けをにらみ、バイオマス由来の気体及び液体燃料の円滑な導入に資する技術の実用化開発を実施。

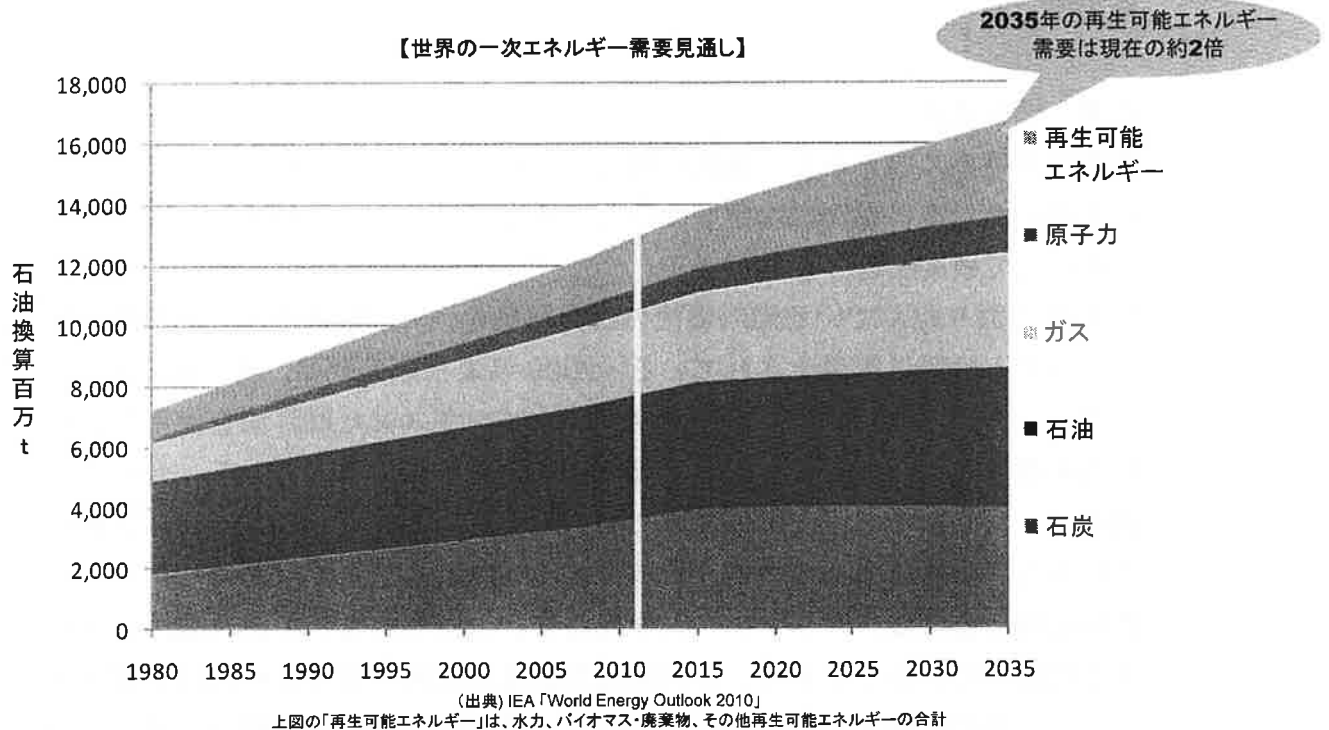
<水素・燃料電池>

- ・水素は天然ガスなどから工業的に製造しているため再生可能エネルギーとはいえないが、燃料電池は水素を使用して発電するため、燃料電池と水素技術は並行して研究を行う必要がある。
- ・NEDO で取り組んでいる燃料電池の研究開発のうち、家庭用の定置用燃料電池システムは既に実用化されている（2009 年より販売開始、統一商品名「エネファーム」）。燃料として天然ガスかプロパンガスまたは灯油を使用し、それらを改質して水素を取り出して運転する仕組みであることから、今の家庭用のインフラにそのまま接続できることもあり、これまでに 1 万台以上販売されるなど普及が進んでいる（世界で本格的な導入は日本のみ）。
- ・燃料電池自動車は、エネファームと異なり、水素そのものを燃料電池に供給する仕組みであることから、燃料電池自動車を普及させるためには水素ステーション等の水素インフラが必要となる。現在、2015 年に一般ユーザーへの普及開始を目指して技術・社会実証事業に取り組んでいる（四大都市圏からスタートして全国に広げる計画）。
- ・エネファームが実用化されたとはいえ、依然として価格が高いため、低コスト化とともに信頼性を向上させるための技術開発を推進。

以 上

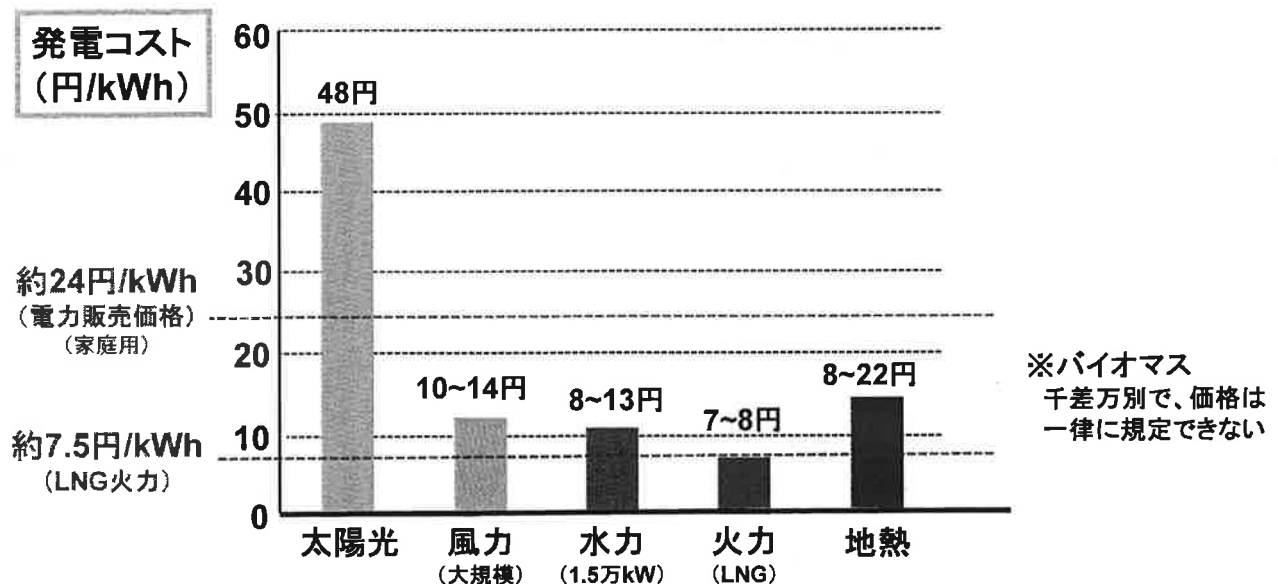
再生可能エネルギー需要の増加見通し

■新興国でのエネルギー需要増、化石燃料の価格上昇などにより、今後、再生可能エネルギー需要が増加し、世界市場が拡大する見込み



再生可能エネルギーの発電コスト

■再生可能エネルギーの発電コストは一般にLNG火力発電よりも高い



※注 上記発電コストは補助金を考慮していない(地熱除く。)

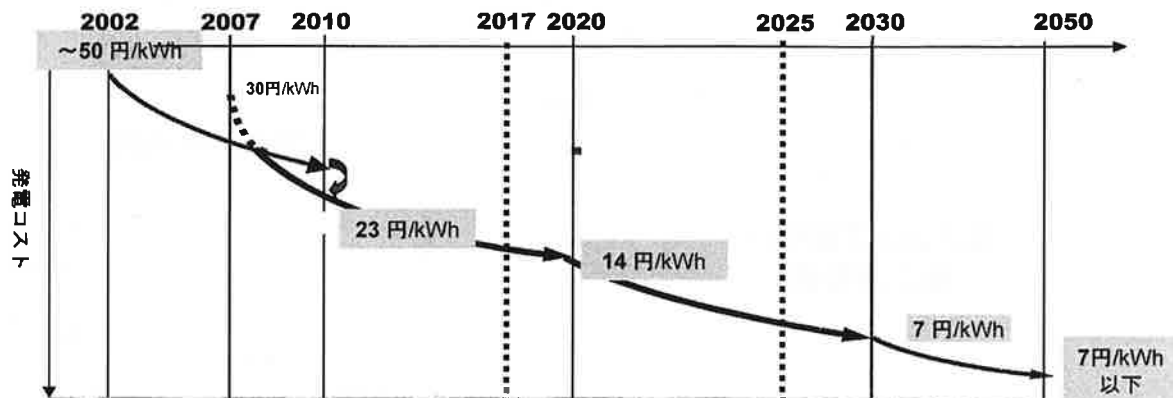
【出典】

太陽光: 太陽光発電協会のデータにより資源エネルギー庁試算、風力: 総合資源エネルギー調査会第7回新エネルギー部会(平成13年6月)、水力・火力: 総合資源エネルギー調査会電気事業分科会コスト等検討小委員会(平成16年1月)、地熱: 地熱発電に関する研究会(平成21年6月)

(出所: 経済産業省)

NEDO太陽光発電ロードマップ(PV2030+)

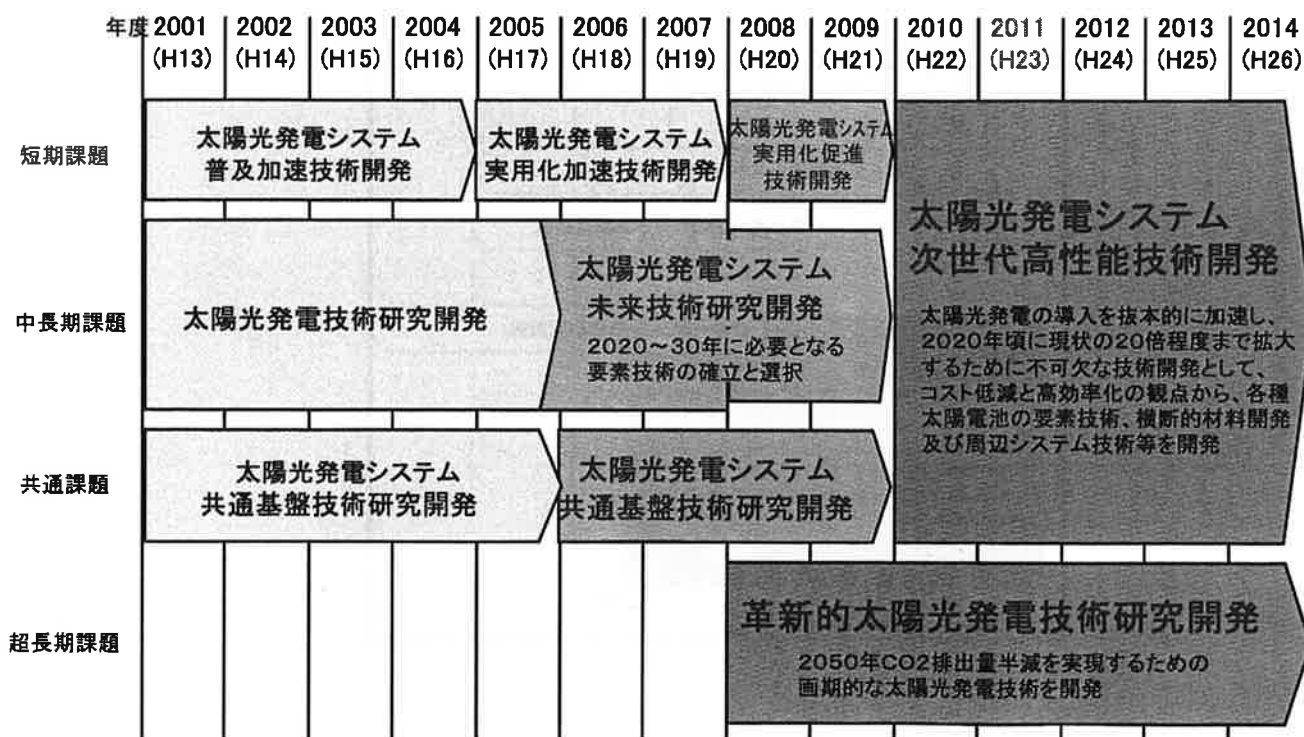
■技術開発では低コスト化に向けた取り組みが重要



実現時期 (開発完了)	2010年以降	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)	汎用電源並 (7円/kWh)	汎用電源として利用 (7円/kWh未満)
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%)	(研究セル 40%)

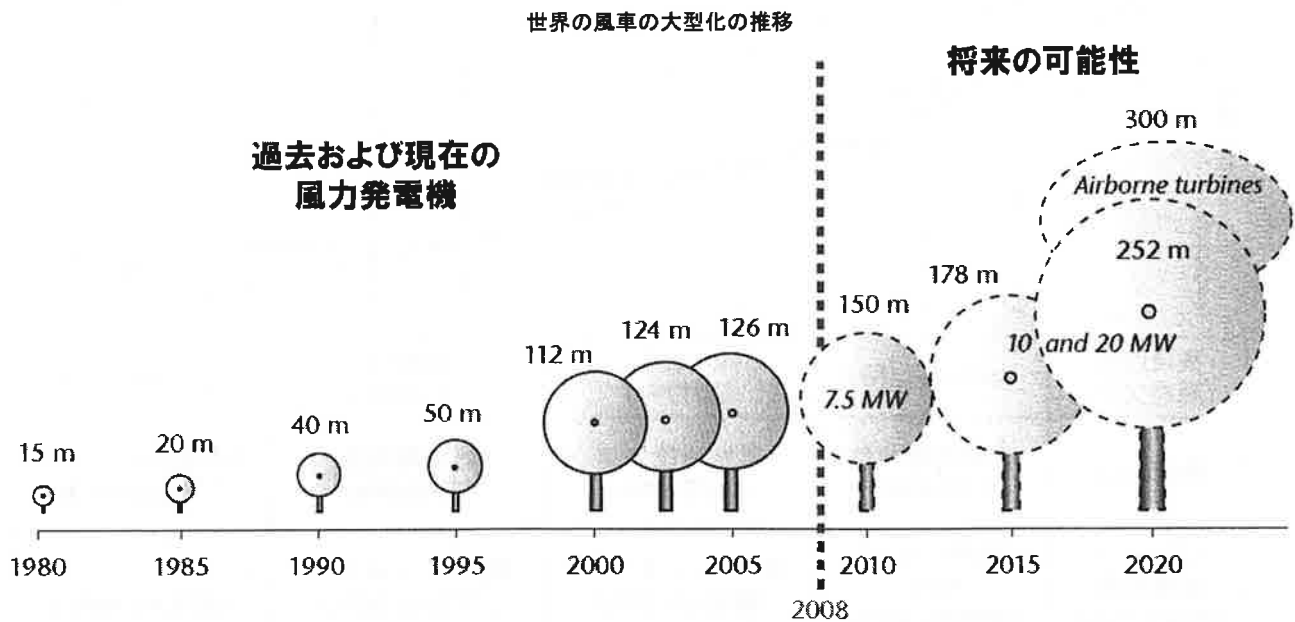
NEDOの太陽光発電技術開発プロジェクト

■各種太陽電池の低コスト化・高効率化等に向けて、短期視野、中長期視野、超長期視野で、技術開発プロジェクトを展開



風車の大型化

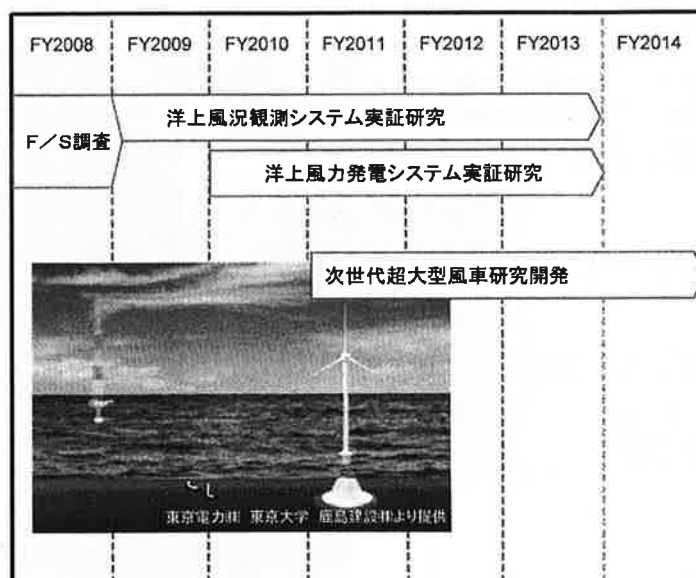
■コスト低減のため世界的に風車の大型化が進捗



出典: "Technology Roadmap Wind energy" (2009, OECD/IEA) より作成

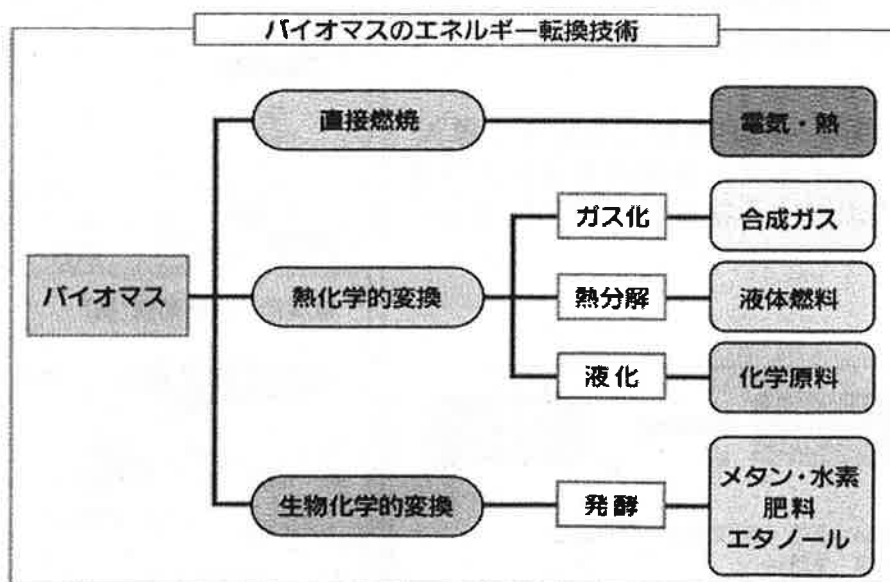
洋上風力発電等技術研究開発

■日本の気象・海象条件に対応した、実機での洋上風力発電の実証等を実施中



バイオマスのエネルギー転換技術

- 気体・液体燃料を直接製造可能
- 実用化の観点からは原料の調達、用途を含めたトータルでコストを考慮することが重要



セルロース系エタノール革新的生産システム開発事業(H21-25FY)

事業の内容

事業の概要・目的

- 食料と競合しないセルロース系資源作物について、栽培からバイオエタノールの製造に至る、革新的技術を用いた一貫生産モデルの開発を実施。
- 2020年までに実用化するために、ラボスケールによる開発と試験プラントによる開発も並行して実施。
- バイオ燃料の持続可能性についての基準、評価指標、評価方法等についての調査研究を実施。

実施スキーム



事業イメージ



戦略的次世代バイオマスエネルギー利用技術開発事業(H22-28FY)

事業の内容

事業の概要・目的

■次世代技術開発

2030年頃の実用化を見据えたバイオマスのガス化及び液体化(BTL)、微細藻類由来のバイオ燃料製造技術開発等の次世代技術開発を実施。

■実用化技術開発

ガス・燃料供給事業者への非化石エネルギー導入義務付けをにらみ、バイオマス由来の気体および液体燃料の円滑な導入に資する技術の実用化開発を実施。

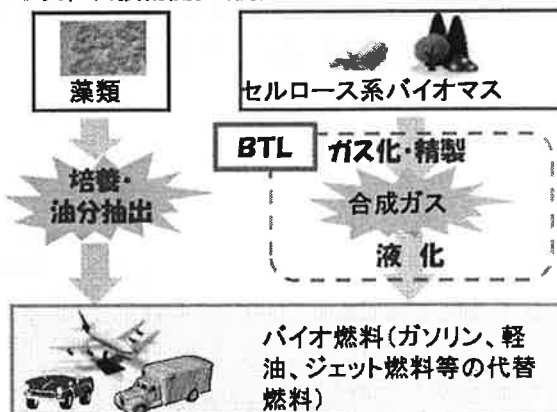
実施スキーム



次世代技術開発：負担率 2/3（産学連携であれば1/1）
実用化技術開発：負担率 2/3

事業イメージ

●次世代技術開発(例)

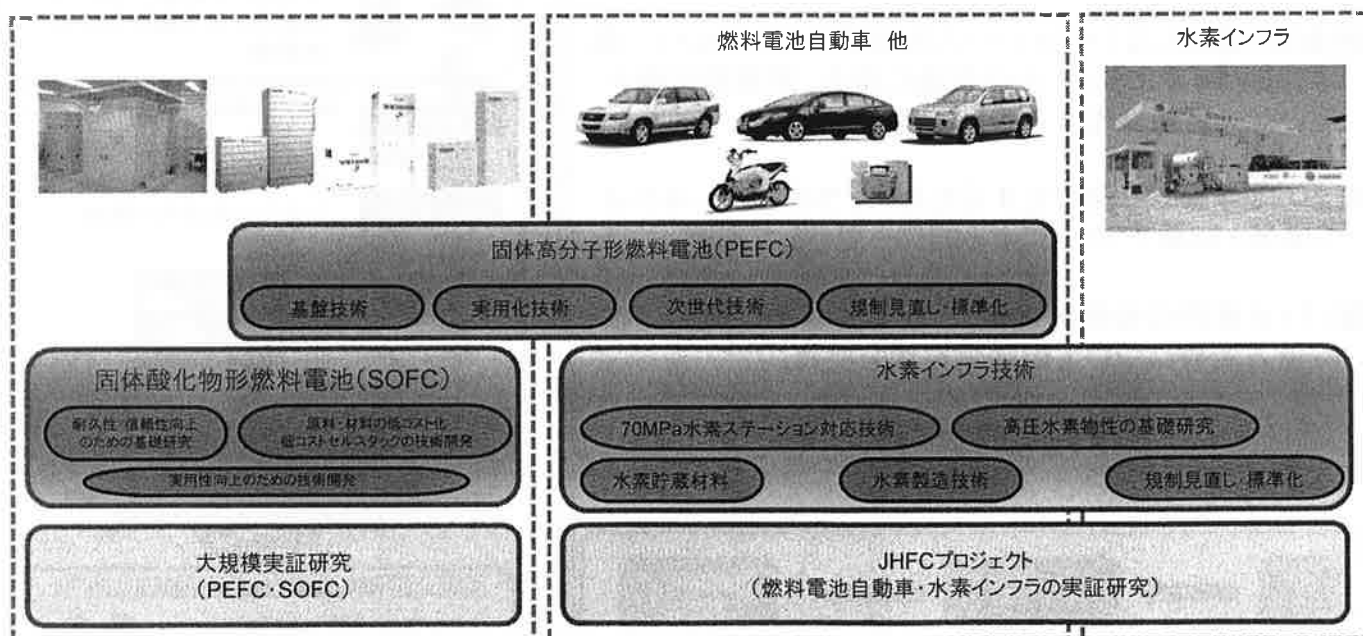


●実用化技術開発(例)



燃料電池・水素技術に係るNEDOの取り組み

■定置用燃料電池システム、燃料電池自動車・水素ステーション(インフラ)を開発

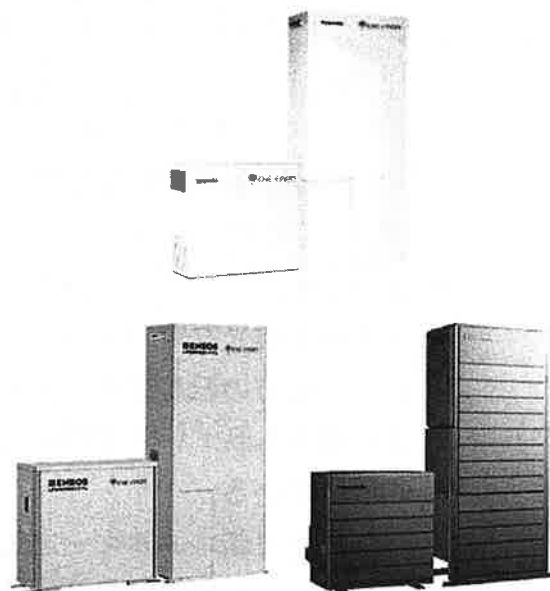


「エネファーム」世界初の商用化

- 家庭用燃料電池の商用化を目指し、NEDOにおいて技術開発、普及基盤整備、実証事業を一体的に推進
- 2009年に商品機「エネファーム」の販売が開始され、市場導入後これまで1万台以上の販売を記録

エネファーム商用化に係る外部表彰

1. 産学官連携功労者表彰 平成22年度内閣総理大臣賞
世界に先駆け「エネファーム」を製品化（東芝燃料電池システム 永田氏）
2. 平成21年度第14回新エネルギー大賞 新エネルギー財団会長賞
家庭用燃料電池「エネファーム」（新日本石油、他7社）
3. 2009年日経優秀製品・サービス賞 優秀賞 日経産業新聞賞
家庭用燃料電池「エネファーム」
4. 第6回エコプロダクツ大賞 環境大臣賞
家庭用燃料電池「エネファーム」（新日本石油、他7社）
5. 日刊工業新聞・第52回十大新製品賞 本賞
家庭用燃料電池 FC-109R13（エネファーム）（パナソニック他）
6. 日本エネルギー学会・平成21年度学会賞（技術部門）
家庭用燃料電池「エネファームの開発」（新日本石油、他6社）



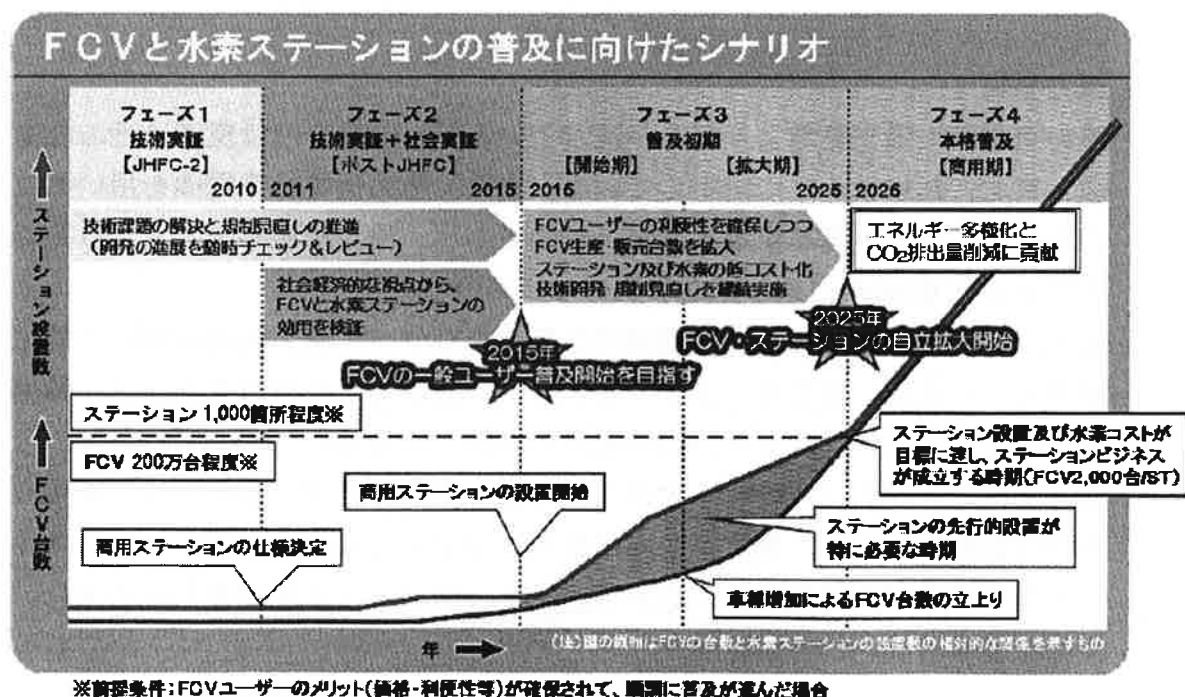
家庭用燃料電池コージェネレーションシステム

ENE-FARM

エネファーム

燃料電池自動車・水素ステーションの普及に向けた取り組み

- 2015年一般ユーザ普及開始を目指した取り組みが進められている



(出所:FCCJ)

再生可能エネルギーを巡る業界・政策の動向と事業性
～株式会社日本政策投資銀行企業金融第5部課長 加藤隆宏氏の講演より～

<太陽光発電>

- ・大規模太陽光発電（メガソーラー）は電力会社を中心に導入・計画が進んでおり、都市の低炭素化のための取り組みとして、自治体や事業者との協働により進められている案件も多い。また、導入量の増加に伴いシステム価格が低減している。
- ・他の再生可能エネルギーと比較して、一定量の日射量の確保以外には立地制約要素が少ないが、設置に当たっては敷地面積を多く必要とすることから、未利用の工業団地や産廃埋立地などの他の転用用途が少なく経済的価値の低い土地が利用される。
- ・建設段階で火力発電のように専門的な技術が必要とされず、運営段階では燃料供給も不要で、維持管理も他の電源よりも比較的容易なため、初期投資のコスト、特にシステム価格の約5割を占める太陽電池のパネルの価格が事業性を左右することになる。
- ・太陽光パネル＋架台という簡易な構成で設置場所を選ばないという特性を持つため、分散型発電に適している。また、電力需要の高まる日中の時間帯に多く発電できるためピーク電源として有望である反面、負荷変動が非常に大きく設備稼働率が低いという課題を抱える。

<風力発電>

- ・風力発電は太陽光発電より導入が進んでいるが、設置場所は環境適地の北海道、東北、九州エリアに集中している。また、風力発電は発電機を用いることから電力会社に関与することが一般的であり、風力発電事業者大手6社で国内シェア65%を占める寡占状態となっている。
- ・安定した上空の風を捕らえて効率的な発電を行うべく風力発電設備の大型化が進んでいるが、落雷等により1基故障しただけでも総発電量が大きく減少する等リスクも大きくなり、設置場所の制約も増える。
- ・風力発電システムは建設時に大きな資本を必要とするが、運転・保守費用の割合は相対的に低く、発電コストは長期に安定している。ただし、気象条件により修繕が必要になることもあり、また、風況により発電量が左右され、設備稼働率も低いことが課題。

- ・周辺環境のデータ取得のための調査や周辺住民への説明等が必要なため、プロジェクトの企画段階で長期を要する。また、居住地から十分離れた場所に設置するため、特別高圧送電線の新增設等による系統連係対策も課題。

【参考】地域振興という観点から太陽光発電・風力発電を見ると、いずれも建設時には一定の効果が期待できるものの、運転や保守は比較的容易なため、継続的な雇用効果等は軽微にとどまる。

<再生可能エネルギー特別措置法の概要と課題>

- ・本年7月1日に施行される電気事業者による再生可能エネルギー電気の調達に関する特別措置法は、電気事業者に再生可能エネルギーを用いて発電された電気の買い取り義務（一定期間・固定価格）を課すことにより、発電事業者の投資回収リスクを低減し、新規投資を促すことが目的。
- ・経済産業大臣が定めることとなっている買取期間及び買取価格がまだ決まっていないほか、法律の詳細や手続き等を定める政令や省令も制定されていないなど課題が残っている。
- ・太陽光発電の買取価格は、当初は高く設定し、徐々に低減させることが決まっているが、買取価格の設定次第ではシステムコストに影響を及ぼす可能性がある。

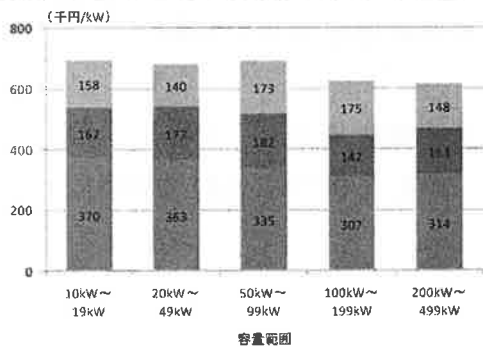
<事業性の見方>

- ・大規模な再生エネルギー発電を行う場合は、関与する企業本体から当該事業に係るリスクを切り離すプロジェクトファイナンスの手法を用いるのが一般的。一方、小規模の分散型発電を行う場合は、事業体の信用力を背景とするコーポレートファイナンスの方が適切。
- ・再生可能エネルギー発電は、長期売電契約を締結するため、大きな天候変動が起こらない限り収入は比較的安定しており、また、発電できた量だけを売電する契約であることから需要変動リスクは負わない。運営費用も固定価格適用期間に合わせた長期契約を結ぶことで概ね一定。
- ・このため、事業採算性を検討する上では、収入面では日照／風況という変動要素があるものの基本的には安定していることから、費用面の初期投資コスト（太陽光発電の場合は太陽電池パネルの選択）、調達金利、地代等を如何に抑えるかがポイントとなる。

以 上

I-5 太陽光発電のシステムコスト(メガソーラー等)

非住宅用太陽光発電システム平均価格推移 (新エネルギー導入促進協議会「2010年度新エネルギー等事業者支援事業」)



■ 太陽電池 ■ 付属機器 ■ 工事

単位: 価格(千円/kW)・件数(件)

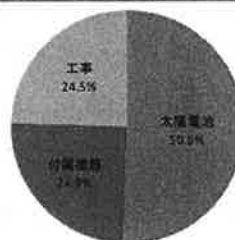
	太陽電池	付属機器	工事	計	設置件数
10kW~19kW	370	167	158	695	178
20kW~49kW	363	177	140	680	88
50kW~99kW	335	182	173	690	78
100kW~199kW	307	142	175	624	35
200kW~499kW	314	153	148	615	17
平均	331	163	160	654	396

※ 価格は、補助金交付申請時のものであり、採択先では、補助金採択後に設置事業者の入札などを実施して価格を決定する為、実際の導入コストはここに掲載された価格より安価となる可能性がある。

※ 付属機器の価格はパワコンと架台の価格を足したものの。

- ・ 非住宅用のシステム価格について、新エネルギー導入促進協議会「2010年度新エネルギー等事業者支援事業」におけるシステム価格の平均値は65.4万円/kW。
- ・ 規模が拡大するにつれ、システム価格が低くなる傾向が見られる。
- ・ システム価格の内訳比率(平均)は、太陽電池が全体の約1/2、付属機器と工事がそれぞれ1/4を占めている。
- ・ 中国を始めとした各国のパネルメーカー間の競争が激化する中、太陽電池の価格は下落傾向にある。なお、海外においては、FIT制度のタリフが減額されると、投資リターン低下により投資意欲が減退し、太陽電池の需要減少を招くため、投資家のリターンを一定水準以上に保つべく、タリフの減額に合わせてシステムコストが下落するケースが多い。期待リターンが類似プロジェクトの平均リターンを大幅に下回る場合は、システムコストの削減を検討する必要がある。
- ・ 我が国においては、新制度における買取価格次第でシステムコストが大きく変わる可能性もある点に留意。

システム価格内訳比率(平均)



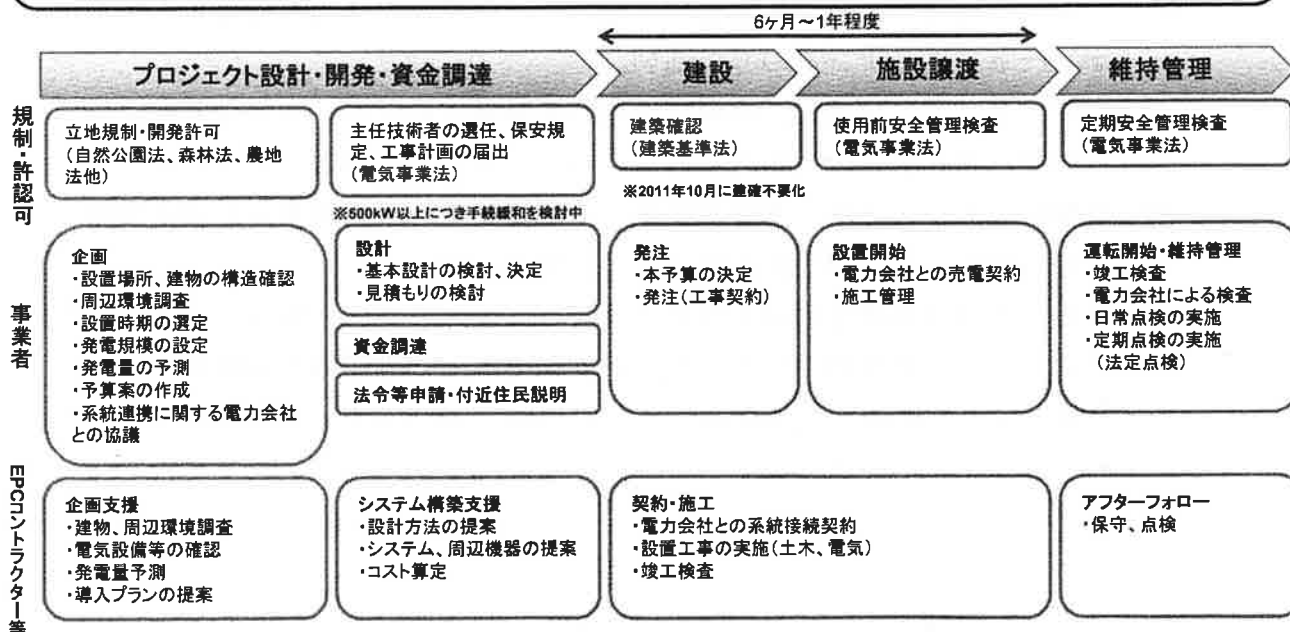
出典: 資源エネルギー庁「太陽光発電システム等の普及動向に関する調査」(平成23年2月)



日本政策投資銀行

I-8 太陽光発電所導入工程

- プロジェクトの設置・開発にあたっては、周辺環境(日射量、気候、地盤、生態系等)もさることながら、国や自治体への許認可提出、周辺住民への説明及び系統接続における電力会社との協議も必要になってくる。
- 建設に当たっては、太陽光パネル設置のための整地作業や架台組み立て等の土木工事、太陽光パネルと周辺機器の接続や系統接続等の電気工事が必要になってくる。
- 維持管理は、他の電源よりも比較的容易であり、定期的な巡視(パネルに破損が無いかなどを目視)及び法令点検が主なもの。



出典: 太陽光発電協会HP等を元に当行作成

日本政策投資銀行

I-9 太陽光発電のコスト競争力

- 太陽光(PV)は現段階では発電コストが高いが、将来に向けてのコスト低減余地が最も大きい。長期的には太陽熱発電と同程度まで、発電コストが低下すると考えられている。
- 発電が日中の太陽の光が得られる時間帯に限られるため、負荷変動が非常に大きく設備利用率が低いという課題を抱える。一方、蒸気タービンを必要としないため、他電源に比べプラント規模が小さくても発電単価があまり変わらず、また、設置場所を選ばないという特性を持つため、分散型発電に適している。
- 電力需要の高まる日中の時間帯に多く発電できるため、ピーク電源として有望である。

電源別の発電コストと設備利用率(2010年現在)

		発電単価 (円/kWh)	設備利用率 (%)	プラント規模 (MW)
既存エネルギー	LNG	5.8-7.1	60-80	100-
	石炭	5.0-6.5	70-80	100-
	原子力	4.8-6.2	70-85	100-
再生可能エネルギー	水力	8.2-13.3	45	10-
	地熱	4-7	70	1-
	風力	10-14	20	1-
	太陽光発電	25-80	12	0.003-
	太陽熱発電	15-23	24-70	50-

※ 設備利用率(%)=1年間の発電電力量/(定格出力×1年間の時間数)×100%

※ 太陽熱発電の設備利用率70%は蓄熱システムを搭載したケース

出典:新社会システム総合研究所 環境&エネルギー戦略特別セミナー(2011年8月26日)



出典: 当行にて作成

日本政策投資銀行

I-10 太陽光発電事業の特徴

①開発段階

- 他の再生可能エネルギーと比較して、一定量の日射量の確保以外には立地制約要素が少ない。
(例えば、太陽熱は、「サンベルト」と言われる熱量が高く確保できるエリアに限定され、風力は良好な風況地に限定される)
- 設置にあたっては、敷地面積を多く必要とすることから、未利用の工業団地や産廃埋立地など他の転用用途が少なく経済的価値の低い土地が利用される。
- 発電量予測に際しては、風力発電のように地形、建物、気流、台風等の影響を受けにくい、立地点の近隣地点(日本場合は気象協会HP等参照)における過去の日射量データの採用が可能であり、特段の日射量実測は原則として不要との意見が多い。

②建設段階

- 太陽光パネルを架台に設置するという構造であることから、火力発電のように専門的な技術が必要とされず、建設事業者の参入障壁は低い。地域活性化の観点より、地元の事業者を採用して建設を行っている場合もある。
- 建設にあたっては多くの太陽光パネルを必要とすることから、設置前の保管場所に留意が必要。

③運営段階

- 太陽光をエネルギー源としていることから、火力発電等と比べると燃料供給の手間暇が不要であり、オペレーションは容易である。
- 故障や経年による交換の想定が必要なのはパワーコンディショナー等周辺機器に限られ、パネルについては耐用年数が長期に及び(実証実験レベルで25年超)、故障発生頻度も低く、メンテナンスは容易。但し、例えば中国製のパネル等、パネルメーカーの品質については留意が必要。



日本政策投資銀行

Ⅱ-6 風力発電の立地特性

➤ 風力発電の導入に際して、事前に立地条件に関連する項目を検討して計画を立てる必要がある。以下の検討項目を精査し、風力発電の事業性を見極めることが風車のサイティングには必要不可欠である。

風力発電設備立地のための主要な検討項目

分類	検討項目	留意事項
自然条件	風況(風向/風速)	風力発電の事業化のためには、年平均風速が5-6m/秒以上(地上高30m)のサイトが望ましい。ただし、台風の数来頻度の高い地域は留意が必要である。
	風の乱れ	複雑地形に起因する乱流が卓越する地形は留意する必要がある。風車を複数基設置する場合、配置に起因するウェイク(風車間の相互干渉)にも留意が必要である。
	雷	主に日本海側で発生する冬季雷は、放電エネルギーが非常に大きく放電継続時間が長いので、多発地域には留意が必要である。
	着雪・着氷	山岳地域などの高所や緯度の高い地域では、着雪・着氷に留意する必要がある。
	塩害	沿岸域、洋上などでは塩害に留意する必要がある。
	砂塵	海浜地域などでは砂塵(飛砂)に留意する必要がある。
	区画指定	自然公園、自然環境保全地域などの区画指定に留意する必要がある。
社会条件	土地利用	土地利用状況(地目)に留意する必要がある。
	送・配電網、変電所	送・配電網、変電所の位置への留意が必要。
	道路	道路状況(有無、幅員、カーブの曲率等)への留意が必要。
	騒音	民家までの距離への配慮が必要。
	電波障害	重要無線通信施設などまでの距離、方向に留意する必要がある。
	生態系	動植物への影響への留意が必要。
	景観	景観への影響への留意が必要。

出典: 風力発電エネルギー読本



日本政策投資銀行

Ⅱ-9 風力発電のコスト競争力

- 風力発電システムは建設時に大きな資本を必要とするが、運転・保守費用の割合は相対的に低く、エネルギーコストがかからないことやインフレ等による影響が少なく、発電コストは長期に安定している。一方で、台風・春一番、落雷など気象条件による修繕コストを要する場合がある。
- FIT制度導入後、売電価格が15円以上となった場合には利益は大幅に増加する見込みである一方、補助金廃止(1/3補助)により初期コスト負担は増えるので、結局は現在と同水準に留まるとの予測。

電源別の発電コストと設備利用率(2010年現在)

		発電単価 (円/kWh)	設備利用率 (%)	プラント規模 (MW)
既存エネルギー	LNG	5.8-7.1	60-80	100-
	石炭	5.0-6.5	70-80	100-
	原子力	4.8-6.2	70-85	100-
再生可能エネルギー	水力	8.2-13.3	45	10-
	地熱	4-7	70	1-
	風力	10-14	20	1-
	太陽光発電	25-80	12	0.003-
	太陽熱発電	15-23	24-70	50-

※ 設備利用率(%)=1年間の発電電力量/(定格出力×1年間の時間数)×100%

※ 太陽熱発電の設備利用率70%は蓄熱システムを搭載したケース

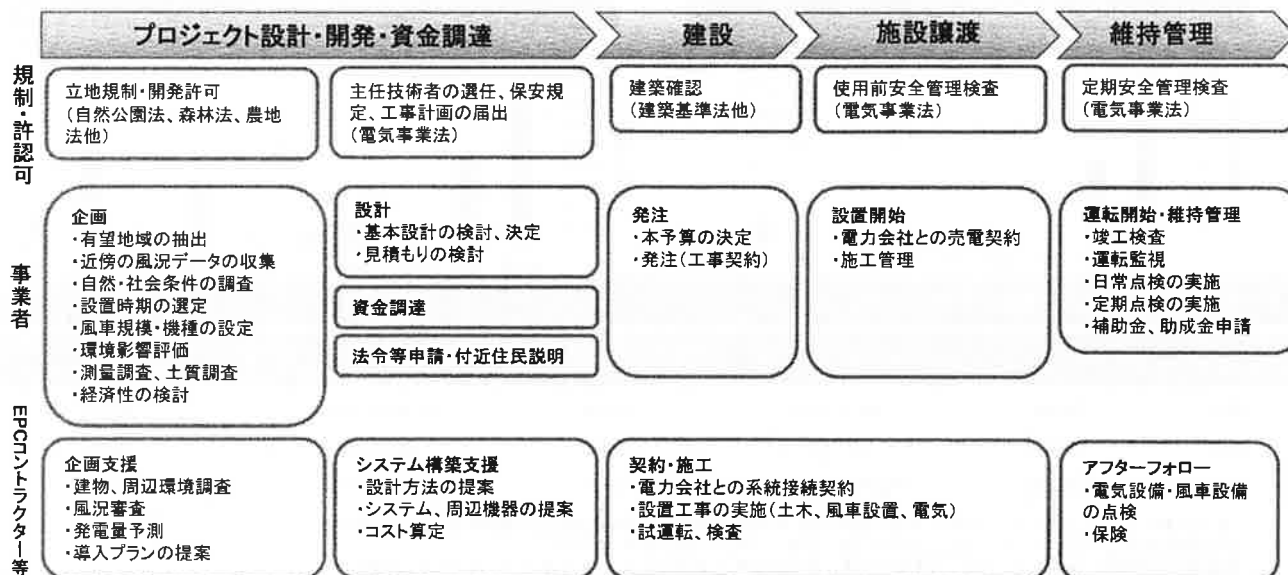
出典: 新社会システム総合研究所 環境&エネルギー戦略特別セミナー(2011年8月26日)



日本政策投資銀行

Ⅱ-11 風力発電所導入工程

- プロジェクトの設置・開発にあたっては、周辺環境（風況、気候、地形、生態系等）等、国や自治体への許認可提出、周辺住民への説明及び系統接続における電力会社との協議も必要になってくる。
- 建設に当たり、風車設置のための整地作業や架台組み立て等の土木工事、風力発電周辺機器の接続や系統接続等の電気工事が必要不可欠となる。



出典：風力発電導入ガイドブックより当行が作成



日本政策投資銀行

Ⅱ-12 風力発電事業のリスクマネジメント

- 風力発電事業では、一般的な事業リスクは当然のことながら、さらにより厳しい対応が求められる風力発電固有のリスクも多く存在する。
- 今後、風力発電を産業としてさらに発展させていくためには、国内メーカーの技術開発の強化や生産体制の拡充、電力事業者の環境への配慮や地域社会との連携、普及を後押しするきめ細かい政府の制度整備などが欠かせない。

	概要	リスク等 備考
建設コスト	・500kW以下では約15～35百万円/kW、750～3,000kWでは約20～90百万円/kW、20,000kWでは約400百万円。 ・大型化すると装置は割高になるが通常は設置コストは低下。	・「鉄の塊」であり鋼材価格に連動。 ・国内での建設コストは海外より割高。 ・厳しい気象条件への対応。 ・輸送・設置コストが割高。 ・ウィンドファーム規模小のため設置コストの低減効果が小さい。 ・国産品が割高(但しメンテナンス対応は早い)。
売電価格	・実績(補助金を除く)は10円～12円/kWh程度。 ・FIT制度では当初15～20円程度。	・FIT制(法定価格で全量買取)により、15円/kWh以上となると利益は大幅増加。 ・一方で、補助金廃止(1/3補助)により初期コスト負担は増えるので、結局は現在と同水準に留まるとの予測。
平均風速	・平均風速6.5m/秒が採算ラインと言われるが、実績はこれを下回るケースが少なくない。	・国内風況は複雑であり、下振れケースが相当数あるものと推測される。
維持更新・保守	・法定耐用年数17年。経済耐用年数は機械装置20年、土台が40年程度。	・国内では、台風・春一番、落雷など気象条件による修繕コストを要する場合がある(過去には倒壊ケースも存在するものの、近年はそこまでは至らない)。
設備利用率	・実績は平均で20%程度と見られる。	・具体的データの開示例が比較的少なく、ブラックボックス化している部分。
公害等	・低周波振動 ・バードストライク 等	・居住地から十分離れた立地が必要であるが、居住地から離れると電力網と遠くなる可能性がある。
系統連携	・北海道電力・東北電力では問題化。	(参考)デンマークでは、北欧諸国と送電網を連結しており、風力発電量の多くはノルウェーの揚水発電所で利用されている。



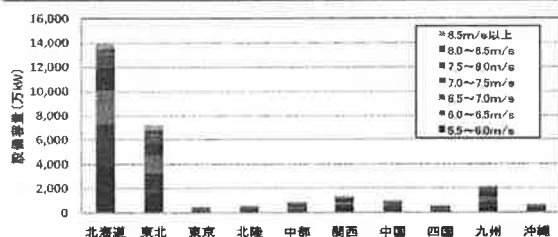
出典：当行にて作成

日本政策投資銀行

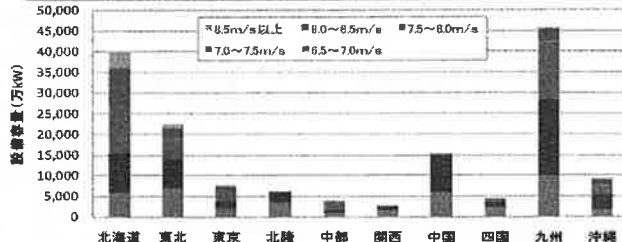
Ⅱ-13 今後の国内風力発電の導入ポテンシャル

- 国内にて、電力会社に対して自然エネルギーで発電した電気を一定期間、一定価格で“全量”買い取ることを義務付ける制度「全量固定価格買取制度(FIT制: Feed-in Tariff)」が開始する予定である。
- 導入量は、非常に大きいものの、そのポテンシャルは北海道、東北、九州エリアに集中しており、特別高圧送電線の新增設などによる系統連系対策が課題となる。

陸上風力の導入ポテンシャル



洋上風力の導入ポテンシャル



FIT制度開始後の風力発電導入ポテンシャル

単位(万kW)	導入ポテンシャル	FITシナリオ (*1)	FIT + 技術革新シナリオ (*2)	FIT + 補助金シナリオ (*3)	FIT + 技術革新 + 補助金シナリオ (*4)
陸上	28,000	2,400~14,000	27,000	13,000~26,000	28,000
洋上	160,000	0~300	14,000	30~33,000	120,000
合計	約190,000	約2,400~14,000	41,000	約13,000~59,000	約150,000

※「導入ポテンシャル」: エネルギーの採取・利用に関する種々の制約要因による設置の可否を考慮したエネルギー資源量。

*1 FITの買取条件は、①15円/kWh(15年)、②20円/kWh(15年)、③20円/kWh(20年)の3パターン

*2 技術革新の想定は、20円/kWh(15年)の買取で風車システム装置・工事が1/2、土木工事が4/5に低減した場合

*3 事業費の1/3補助を仮定、FITの①~③パターン全てにて試算

*4 FIT + 技術革新シナリオで事業費の1/3補助を仮定して試算

出典: 環境省「環境ポテンシャル調査」



日本政策投資銀行

Ⅲ-1 再生可能エネルギーをめぐる政策動向(新制度の概要)

「電気事業者による再生可能エネルギー電気の調達に関する特別措置法」

法律の趣旨

- エネルギー安定供給
- 地球温暖化問題への対応
- 環境関連産業の育成

法律の概要

1. 買取義務化

- 電気事業者(電気事業法上の)に再生可能エネルギー(太陽光、風力、水力、地熱、バイオマス)を用いて発電された電気の買い取り義務を課すことで、同エネルギー電気の発電事業者の投資回収リスクを低減し、新規投資を促す。

2. 買取費用の負担方法

- 各電気事業者がそれぞれの需要家に対して使用電力量に比例した賦課金(サーチャージ)の支払いを請求できる。
- 地域間(電気事業者管轄地域間)で需要家サーチャージ負担の不均衡が生じないよう必要な措置を講ずる。
- 電気を大量に使用する産業については負担軽減措置を講じる。

3. その他

- 「電気事業者による新エネルギー等の利用に関する特別措置法」(2002年6月 - 「RPS法」)の廃止。(所要の経過措置あり)
- 少なくとも3年毎に再生可能エネルギー導入量及びサーチャージ負担の与える影響などを勘案した見直しを行う。
- 2021年3月末を目途に廃止を含めた見直しを行う。
- 3年以内の制度見直し。

施行予定日	2012年7月1日
買取対象エネルギー	太陽光、風力、水力、地熱、バイオマス、その他(政令で定めるもの)
買取義務者	電気事業法上の、一般電気事業者、特定電気事業者、特定規模電気事業者
電気事業者の義務	1. 「特定契約」の申し込みに応ずる義務 2. 電氣的接続の請求に応ずる義務
買取価格	毎年度の開始前に経済産業大臣が定める。 太陽光: 当初は高い買取価格を設定。徐々に低減させる。 太陽光発電以外: 15円~20円/kWhの範囲内で定める。
買取期間	毎年度の開始前に経済産業大臣が定める。 開始時: 太陽光(住宅): 10年 太陽光(住宅以外): 15年~20年の範囲で定める。 太陽光以外: 15年~20年の範囲で定める。
買取費用の最終負担者	電気最終消費者 電気を大量使用する産業は軽減措置。
需要負担比率の地域間調整	費用負担調整機関による調整
法の時限性	2021年3月31日までを目途に廃止を含めた見直し



日本政策投資銀行

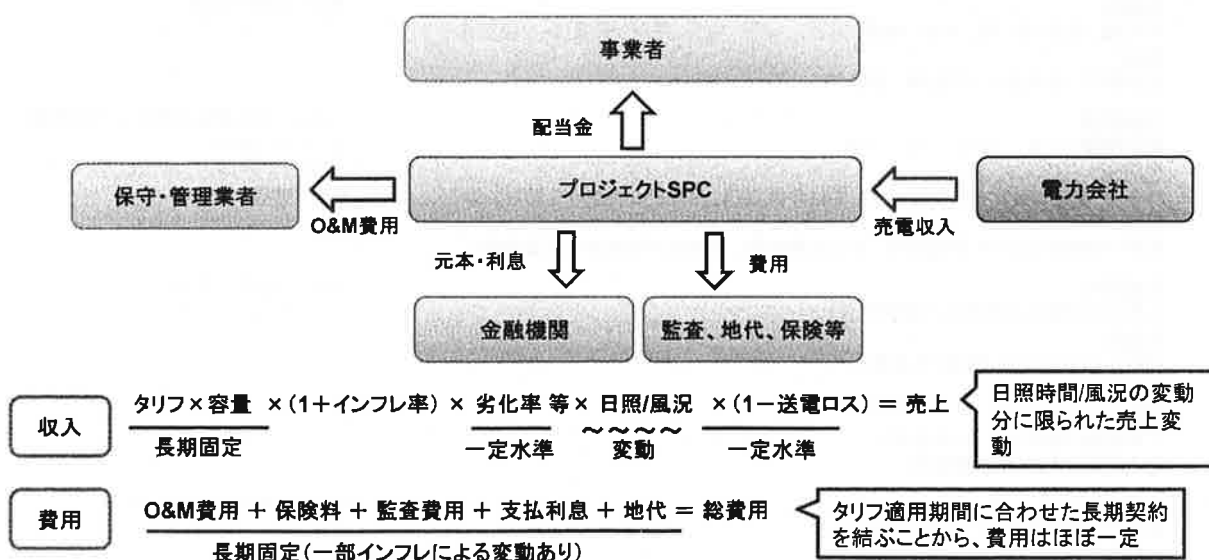
Ⅲ-2 再生可能エネルギーをめぐる政策動向(今後の課題)

本特措法で現状明確化されていないと当局が認識する主な事項

- ・第五条1「一 当該特定供給者が当該接続に必要な費用であって経済産業省令で定めるものを…」について、経済産業省令で定められる接続費用はどのようなものがあるのか、また接続費用負担比率(電気事業者:特定供給者)。
- ・第六条1「一 …経済産業省令で定める基準に適合すること。」について、発電設備の適合基準。
- ・同条2「…同項の認定をするものとする。」について(認定手続き)
- ・第八条「費用負担調整機関」について
- ・第八条1「…経済産業省令で定める期間ごとに…交付する。」について、経済産業省令で定める期間(毎月、3か月毎、6か月毎、年度に一回など)の方針。
- ・電気事業者から「特定供給者」への買取対価の支払いは売電(系統への通電、メーターカウント月)から何ヶ月後になる見込みか、契約上の問題として当事者間で合意するものか?
- ・買取制度小委員会報告書ではRPS法下で卸供給事業者/一般電気事業者間で締結された電気調達契約については「事業継続が可能な価格(x)で買取を行うことが適当」とあるが、この(x)の算定はどのような基準でなされるか?
- ・発電設備に遠隔操作可能な強制通電停止装置または発電量制御装置の設置義務が課されるか?
- ・遠隔操作で系統運営者側等から強制発電停止または出力抑制が行われた際、その間売電が行われなかったとして収入が得られないのか、一定の算定基準で何らかの収入補償が考えられるのか?
- ・特定供給者の売電量の計算根拠となるメーターは発電設備側、系統接続ポイント、その間の地点、いずれになるか。

Ⅳ-1 再エネ発電のキャッシュフローモデルの考え方

- 再エネ発電資産は、長期売電契約を結んでいるため、大きな天候変動が起こらない限り収入が比較的安定している。
- 収入に占める経費の割合はごくわずかであり、例えば欧米の太陽光発電案件の場合、EBITDA比率は一般的に約8割程度と言われている。

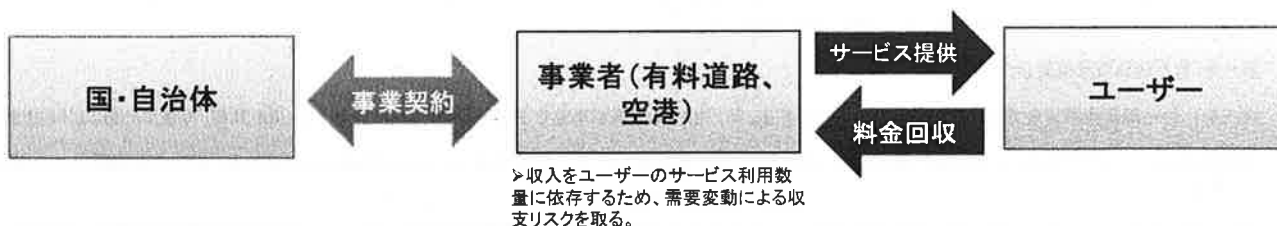


※ O&M契約は、将来、プロジェクト数の広がりによってO&Mサービスを提供する事業者が増え、同じ水準のサービスをより安価に受けられる可能性があることを念頭にあって長期契約を結ばないケースもある。

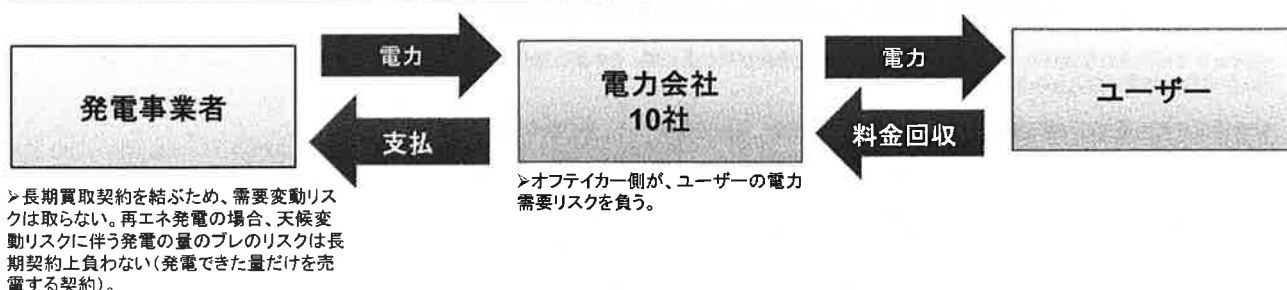
IV-2 再エネ発電事業の特徴

- ▶ 有料道路、空港、水道等ユーティリティのインフラ資産と長期契約付IPPの違いは、需要変動リスクを取るか否かである。
- ▶ 独立採算型のインフラ資産の場合、政府等によるサービス購入義務がないため、需要減少による収入減少のリスクが伴う。これに対し長期契約付IPP(再エネ発電含む)は、長期買取契約を通じて、オフテイカーに需要変動リスクを転嫁することが可能である。

インフラ資産(独立採算型)のキャッシュフロー



IPP資産(再エネ)のキャッシュフロー



IV-3 開発段階における事業のポイント

項目	概要	参考
用地選定	共通事項 系統接続(距離等) 太陽光 日射量、気候(雪、雨、台風、塩害、落雷)、地盤・地質、鉄粉、環境(希少動植物等) 風力 風況調査、低周波ノイズ影響、環境(特にバードストライク)	日射量: 気象庁HP、NASAデータ等 風況: 実測が必要
設備	共通事項 周辺機器(パワーコンディショナー等) 太陽光 パネル(価格のみならず保証期間、保証の実効性、用地との相性等を総合勘案) 風力 風車(価格のみならず保証期間、保証の実効性、用地との相性等を総合勘案)	パネル: 日本製と外国製との比較感(コモディティに近い) 風車: オプションあり、個性性高い(メンテナンス重要)
工事	共通事項 工事契約(特に工期遅れの際の責任) 太陽光 パネルのデリバリー態勢(保管場所) 人工の確保 風力 工事実績(特殊クレーン等必要) 搬入道路(ブレードの運搬等)	フルターンキー契約
メンテナンス	共通事項 基本は外部委託 太陽光 固定式と駆動型で大きな差 パネル不調時の交換体制 風力 風車関連部品の調達態勢	契約期間の設定のあり方

環境問題委員会

代表幹事	鈴木 欽次郎	(株)大任建設	社長
〃	森 一哉	(株)クロス・サービス	社長
委員長	宮内 隆	(株)愛媛CATV	代表取締役専務
副委員長	藍場建志郎	(株)日本政策投資銀行	松山事務所長
〃	元屋地裕之	イヨテツケーターサービス(株)	代表取締役
委員	星川 一治	丸住製紙(株)	社長
〃	池田 博英	(株)ルートソリューション	社長
〃	梅木 要	松山観光港ターミナル(株)	専務取締役
〃	奥村 保樹	(有)大和屋本店旅館	代表取締役社長
〃	小田 質	(株)小田商店	社長
〃	越智 建夫	(株)愛媛電算	社長
〃	金子 文理	四国メディコム(株)	社長
〃	菅野 成彦	愛媛土建(株)	取締役副社長
〃	木下真由美	三徳電機(株)	専務取締役
〃	木村 敏久	住友生命保険相互会社	松山支社長
〃	喜安 昇平	四国西濃運輸(株)	代表取締役社長
〃	坂本 薫	愛媛証券(株)	社長
〃	竹崎 秀夫	(株)あいテレビ	代表取締役社長
〃	田中 眞二	東洋容器(有)	代表取締役社長
〃	土居 英雄	(株)愛媛新聞社	代表取締役社長
〃	中矢 敬典	富士電線(株)	専務取締役
〃	西本 英児	(株)百十四銀行	松山支店長
〃	野本 武男	(株)愛媛新聞社	代表取締役会長
〃	萩尾 太	(株)商工組合中央金庫松山支店	支店長
〃	福吉 之雄	愛媛県環境開発センター(株)	社長
〃	藤原 誠忠	平誠電機(株)	代表取締役
〃	別役 悦雄	矢崎総業四国販売(株)	松山支店長
〃	星野 誠	サンワコムシスエンジニアリング(株)	四国支店長
〃	松 俊彦	木野内化成産業(株)	社長
〃	横川 義隆	(株)愛信建設	社長