



自然エネルギー財団

RENEWABLE ENERGY INSTITUTE

総合資源エネルギー調査会
発電コスト検証ワーキンググループ

2030年の再生可能エネルギーの 発電コスト検証に関する 情報提供

2021年7月7日

自然エネルギー財団

上級研究員 木村 啓二

上級研究員 相川 高信

目次



- 2030年の太陽光発電のコスト諸元
 - 資本費
 - 運手維持費
- 2030年の陸上風力発電のコスト諸元
 - モデルプラントおよびその参照の対象規模
 - 設備利用率
- 2030年の木質バイオマス発電のコスト諸元
- 提供諸元情報のまとめ



自然エネルギー財団

RENEWABLE ENERGY INSTITUTE

2030年の太陽光発電のコスト諸元



2030年の太陽光の資本費

- これまでの議論：設備費と工事費を分け、設備費については習熟率20%で低減すると想定。工事費は横ばいと想定。
- 範囲：しかし、参照されている習熟率は、もともと太陽電池モジュールの価格の習熟率。
- 習熟率の値の妥当性：Oberbeck, et al (2020)によると、過去42年間の習熟率は24%、過去10年は38.6%である（p.5, 参考）。その他の文献でもその値が採用されている（p.6, 参考）。モジュールコストの習熟率については、**38.6%を用いるべきである**。38.6%を採用したとしても、2030年のモジュールコストは2020年の国際価格と同等か高いくらいであり、無理はない。
- モジュール以外の設備費および工事費についても、太陽電池モジュールの発電効率の向上、モジュールの大型化、といった予見される技術改良の効果が期待でき、最新の試算では、**モジュール以外の資本費合計で2030年までに25%減が見込まれる**。

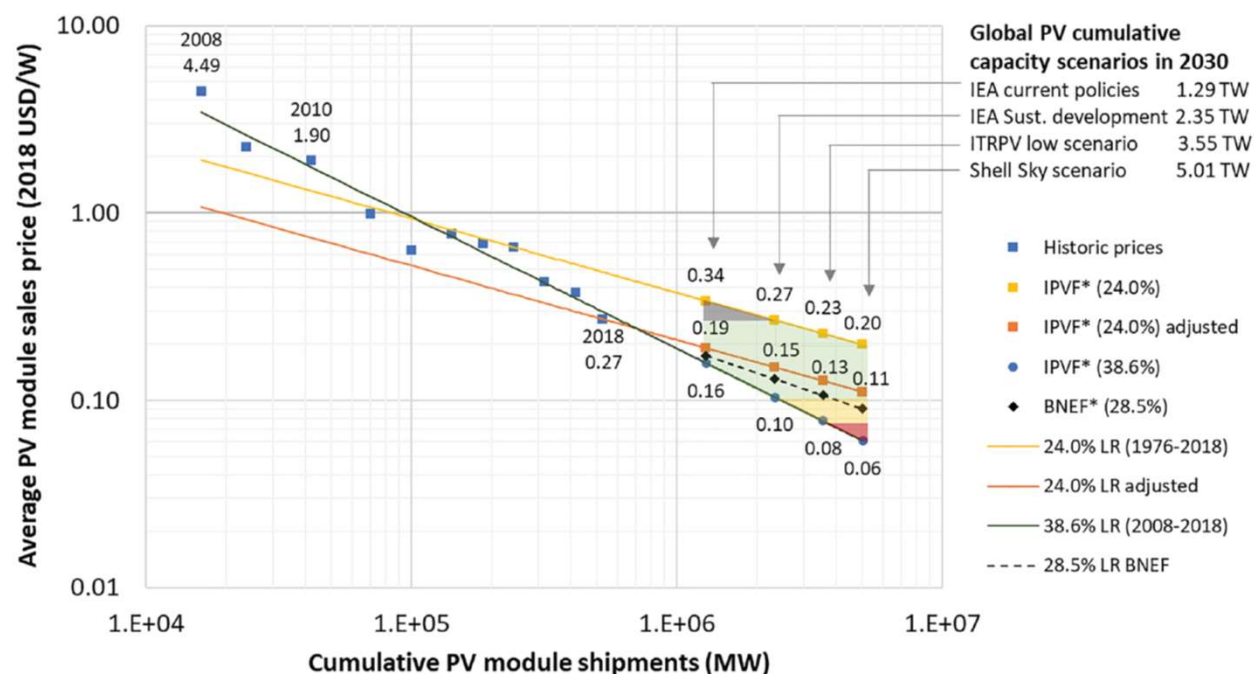
【参考】モジュールの習熟率について(1)



自然エネルギー財団
RENEWABLE ENERGY INSTITUTE

Oberbeck, et al (2020) IPVF's PV technology vision for 2030, Progress in Photovoltaics, 28:1207–1214.

FIGURE 3 Learning curve of average PV module price as a function of cumulative shipments, incl. extrapolation to expected cumulative shipment values in 2030 from various sources (see Table 1) using different learning rates: IPVF extrapolation of PV learning rates – historical (1976 to 2018: 24%) and recent trend (2008 to 2018: 38.6%). The colored areas indicate the likelihood of achieving respective price values from a bottom-up materials cost estimate (see following section) and the grey area marks module prices that are higher than today's values



1976年から2018年の習熟率は24%。2008年から2018年の習熟率は38.6%。

【参考】モジュールの習熟率について(2)



自然エネルギー財団
RENEWABLE ENERGY INSTITUTE

IEA, 2020, Energy Technology Perspectives

Solar PV and Li-ion batteries are good examples of learning curves. Each time the cumulative amount of capacity has doubled worldwide since the 1970s unit costs for PV have fallen by 24%. In recent years, the fall in PV unit costs associated with each doubling of capacity (the learning rate) has increased to more than 30%. The

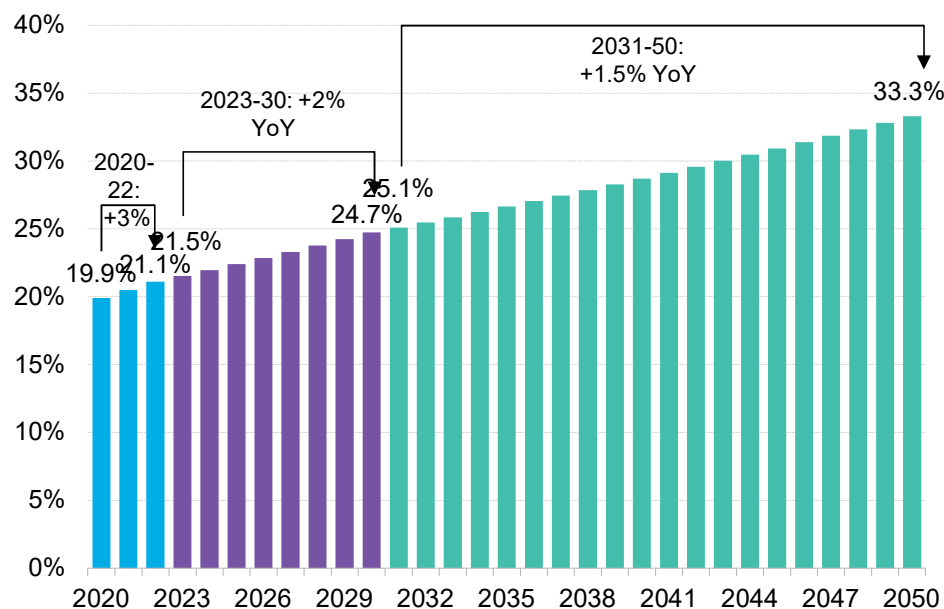
Fraunhofer ISE, 2020, PHOTOVOLTAICS REPORT

The Experience Curve – also called Learning Curve - shows that in the last 39 years the module price decreased by 24% with each doubling of the cumulated module production. Cost reductions result from economies of scale and technological improvements.

モジュール以外の資本費の見通し

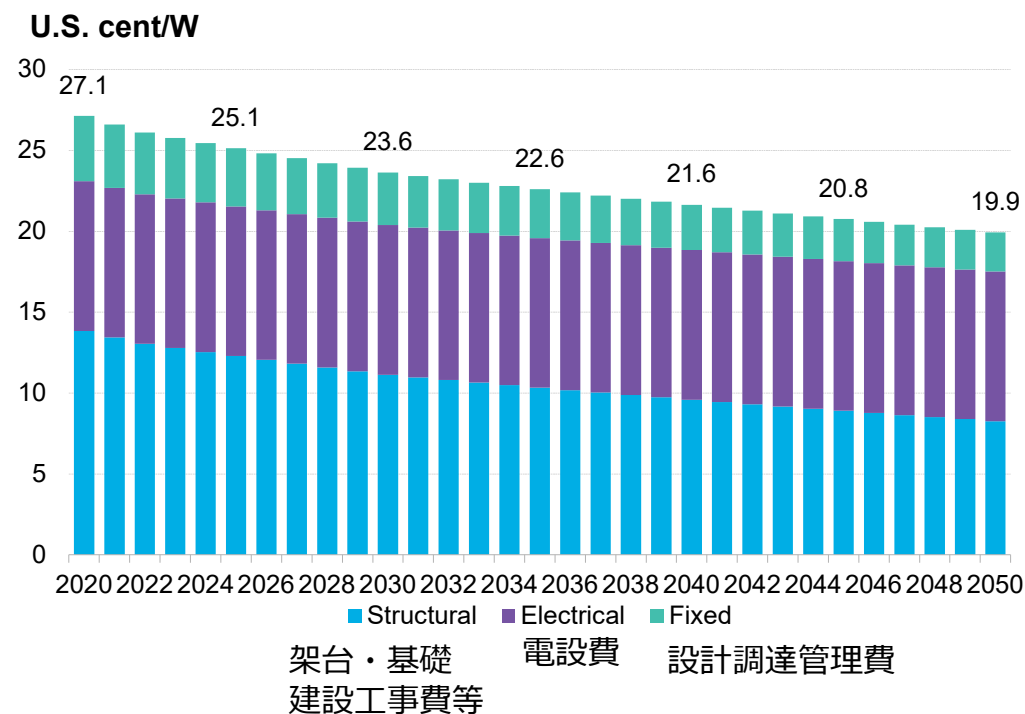
- 太陽光発電の発電効率は、2020年19.9%から2030年までに24.7%にまで上昇する見通しがある。
- 発電効率向上により、モジュール以外の設備費および建設工事費等が低下する。

モジュールの発電効率予測



BNEF (2020) Deep Dive into Utility PV System Cost

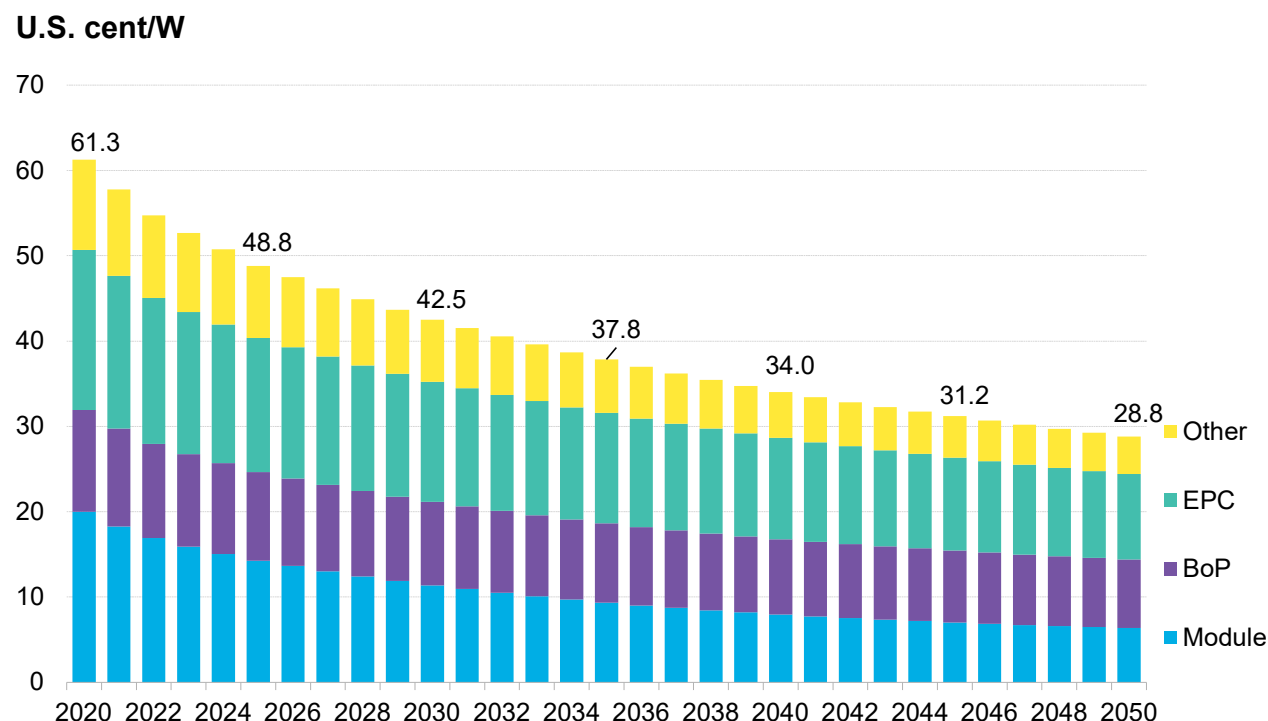
モジュールの効率向上のみによるモジュール以外の資本費の低減効果





- 発電効率以外にも、モジュール大型化等により、モジュール以外の資本費が低減する。
- これらにより、2030年までに
 - BOP費（モジュール以外の設備費）：18%減
 - EPC費（設計・調達・建設費）：25%減
 - その他：31%減
- **モジュール以外の資本費合計で25%減が見込まれる。**

欧州における固定大型太陽光発電の資本費の予測



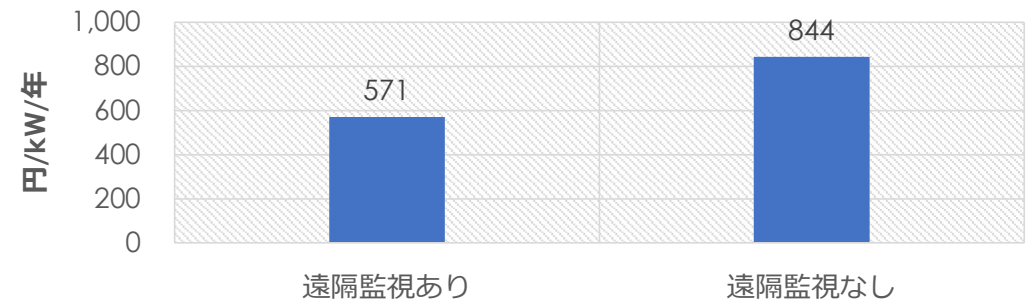
出所) BNEF (2020) Deep Dive into Utility PV System Cost



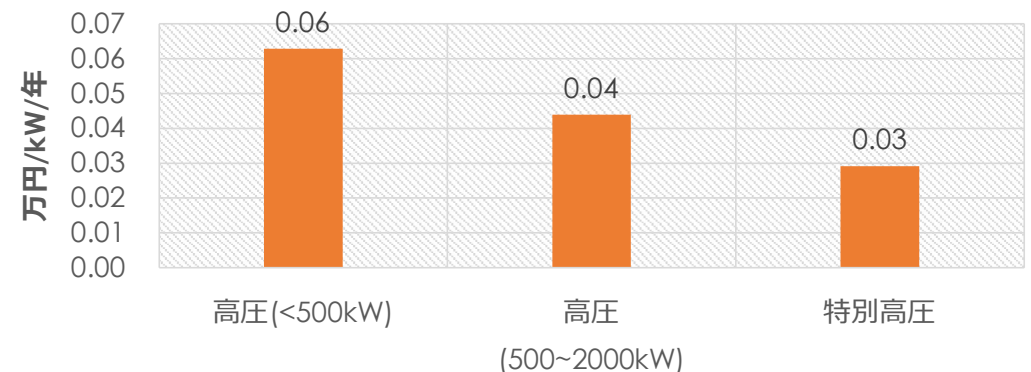
運転維持費

- すでに実現・予見される技術を見込むことで、運転維持費も低減可能性がある。
- 遠隔監視機能の発達：遠隔監視により運転管理費が低減する可能性がある。（財団調査では平均で**32%低減**）
- 発電効率向上による運転維持費の低減
 - kWあたりの面積が減ることで、定期点検や除草にかかる人件費が減少する可能性がある。発電効率予測に基づけば、減少面積は単純計算で**19.4%減少**。
- 除草費の低減可能性
 - 一般的草刈り機：4～5人日/MW
 - 乗用型草刈り機：1人日/MW
 - 自走式草刈りロボット：人件費をほぼ削減（機器費用も併せても除草費は**5分の1**になる可能性がある。）
- 修繕費および保険料は資本費比例のため、資本費の下落効果を折り込むべき。

遠隔監視による運転管理費単価(平均値)



規模別平均除草費用



出所) 自然エネルギー財団(2019)[日本の太陽光発電の発電コスト現状と将来推計]における調査データより作成



自然エネルギー財団

RENEWABLE ENERGY INSTITUTE

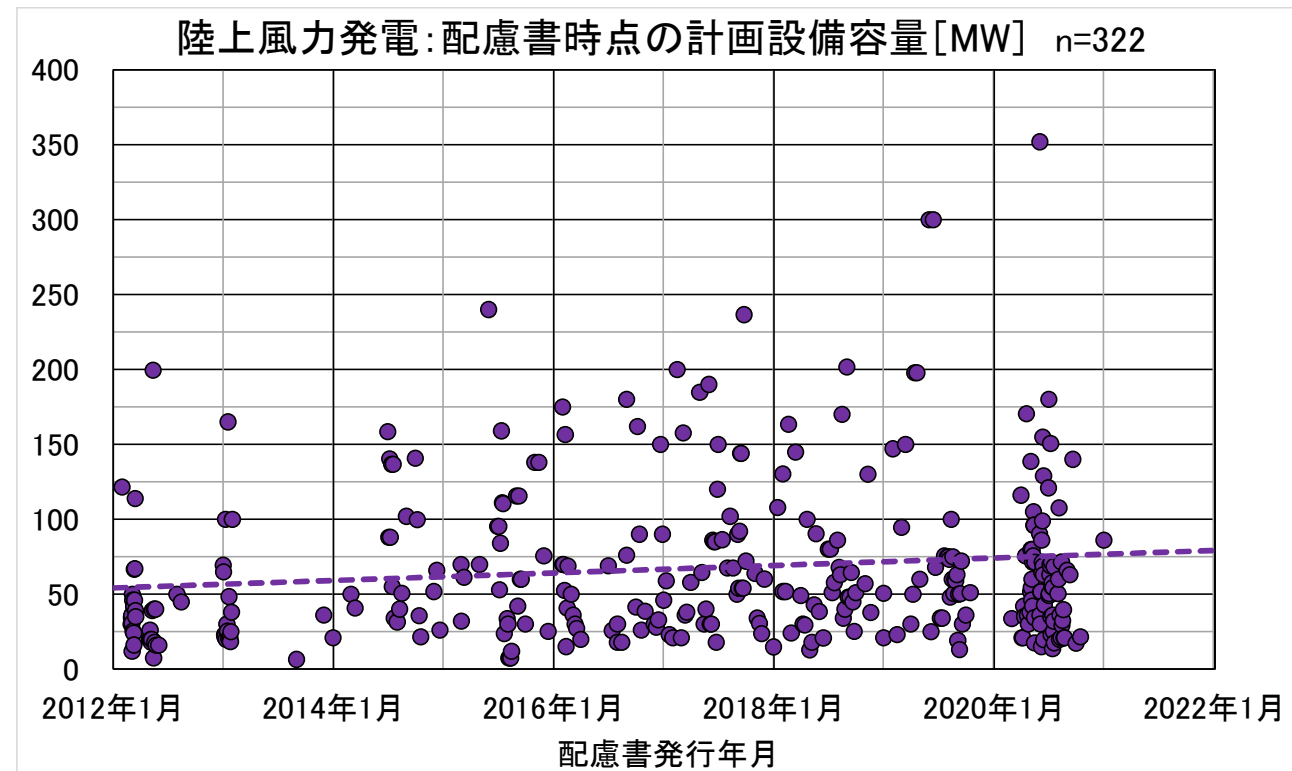
2030年の陸上風力発電のコスト諸元

モデルプラントの規模について



自然エネルギー財団
RENEWABLE ENERGY INSTITUTE

- 事務局案では30MWとしているが、足元で環境影響評価にかかっている陸上風力発電の規模は年々大規模化している。例えば、2020年1月以降に配慮書を発行したものは、82発電所で、その内47発電所（57%）が50MW以上である。また当該82発電所の単純平均64.8MWである。
- これを踏まえ、**モデルプラントの規模は、50MWあるいは60MWとすべきである。**

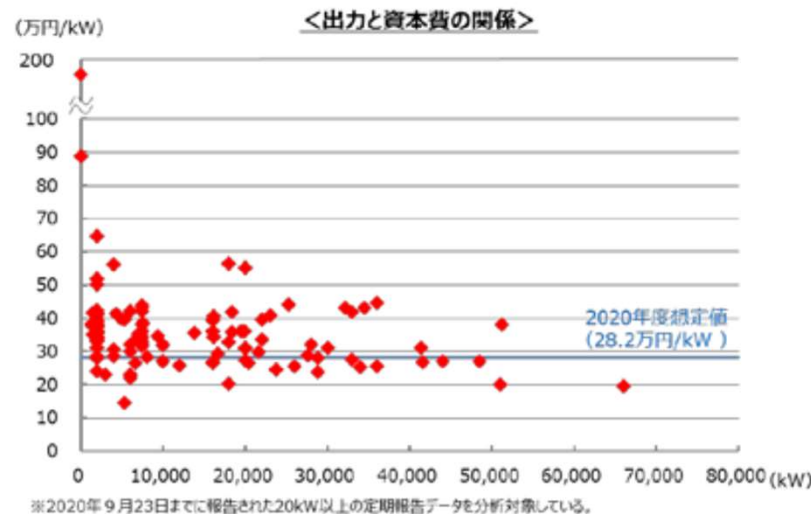




参照データの対象規模の考え方

- モデルプラントの参照データについて、事務局案では近年の7.5MW以上の中央値を採用している。
- しかし、前頁で示したように、今後建設される風力発電所が大規模化してくる中で、7.5MW以上の数値を参照するのは適切ではない。
- そこで、調達価格等算定委員会で示している30MW以上の案件の中央値を参照すべきである。

【参考 39】 陸上風力発電の規模別の資本費



＜規模帯と資本費が低い事業の割合＞	
〔各規模での資本費（実績）において、想定値より低い事業者の割合（件数ベース）〕	
規模	想定値より資本費が低い事業の割合（件数ベース）
20kW以上（125件）	21% (36.3/34.4)
7,500kW以上（53件）	36% (32.6/31.2)
30,000kW-（15件）	53% (31.5/27.5)

※括弧内は資本費の平均値／中央値

出所）調達価格等算定委員会(2021)「令和3年度以降の調達価格等に関する意見」

設備利用率(2030)について（１）

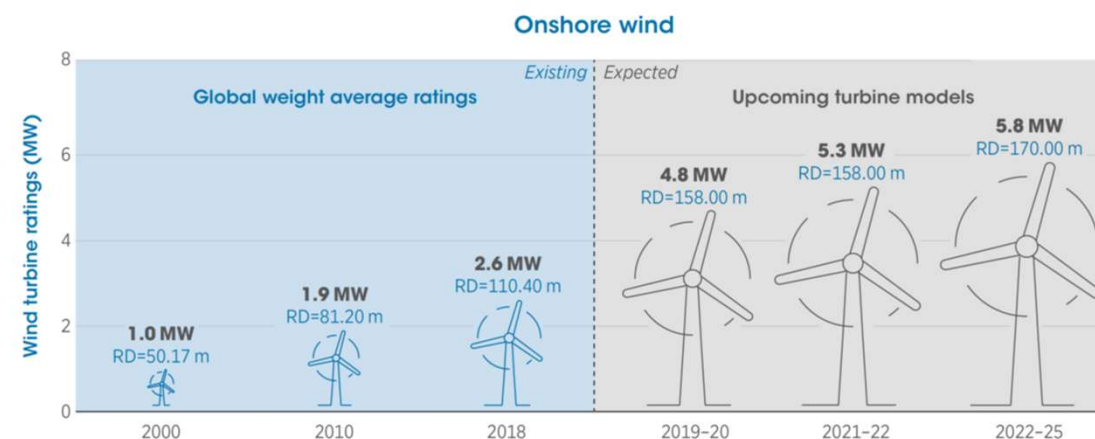


自然エネルギー財団
RENEWABLE ENERGY INSTITUTE

- 2020年度の調達価格等算定委員会では、入札上限価格の算定にあたり、2021年度は2020年度と同じ25.6%を想定した。また、2023年度に向けて、直近3年間（2018年～2020年）の20kW以上の各年設置案件の中央値平均（28.0%）を想定した。一方、④で設定した7,500kW以上の範囲で同様に、**直近3年間（2018年～2020年）の設置案件の中央値を参照すると、25.4%となる。**また、近年の各年設置案件の中央値が**一概に上昇傾向ともいえない状況**にある（下図参照）。
- このように、モデルプラントとして用いる対象規模における設備利用率の実績や傾向、モデルプラントの発電コストは効率的に実施される場合に通常要する費用等を基礎とする調達価格とは性質が異なること等をふまえ、本WGにおける**モデルプラントとしては、2030年も、2020年モデルプラントと同じ設備利用率を諸元としてはどうか。**

・風車の大型化により、設備利用率は上昇が見込まれる。

- ・ ローター直径拡大による受風面積の増加。
kWあたりの受風面積が増加（受風面積 $2.5\text{m}^2/\text{kW} \Rightarrow 3.0\text{m}^2/\text{kW}$ 以上）
- ・ ハブ高さの高度化により、上空の好風況の利用。（出力は風速の3乗に比例）
- ・ 大型化の傾向(右図)
 - ・ 風車の出力：2.6MWから5.8MW
 - ・ ローター直径は110mから170mへ



出所) IRENA (2019) Future of Wind

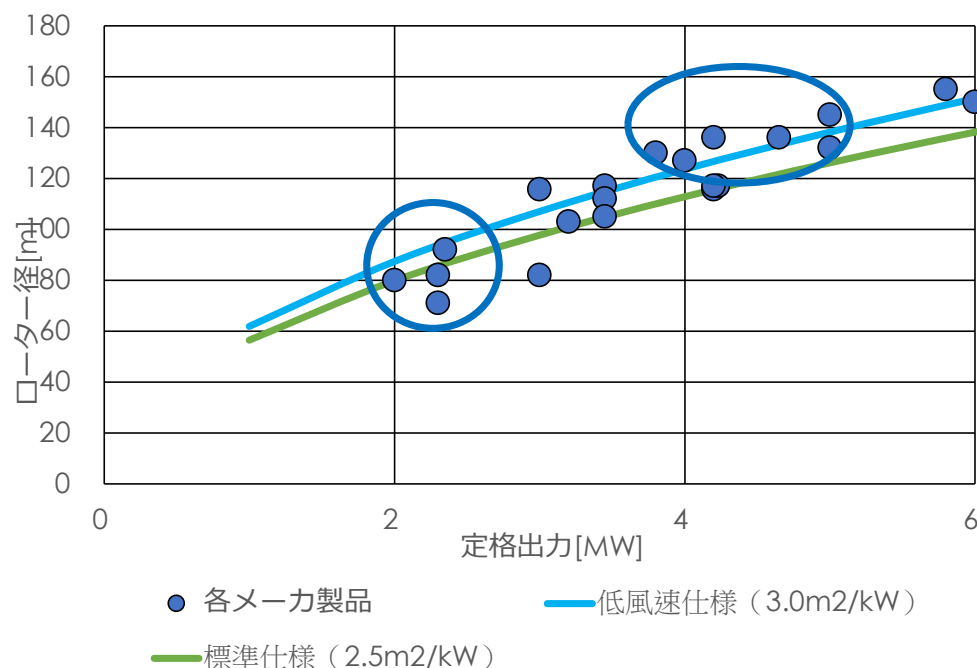
【参考】風力発電機の大型化による設備利用率向上効果



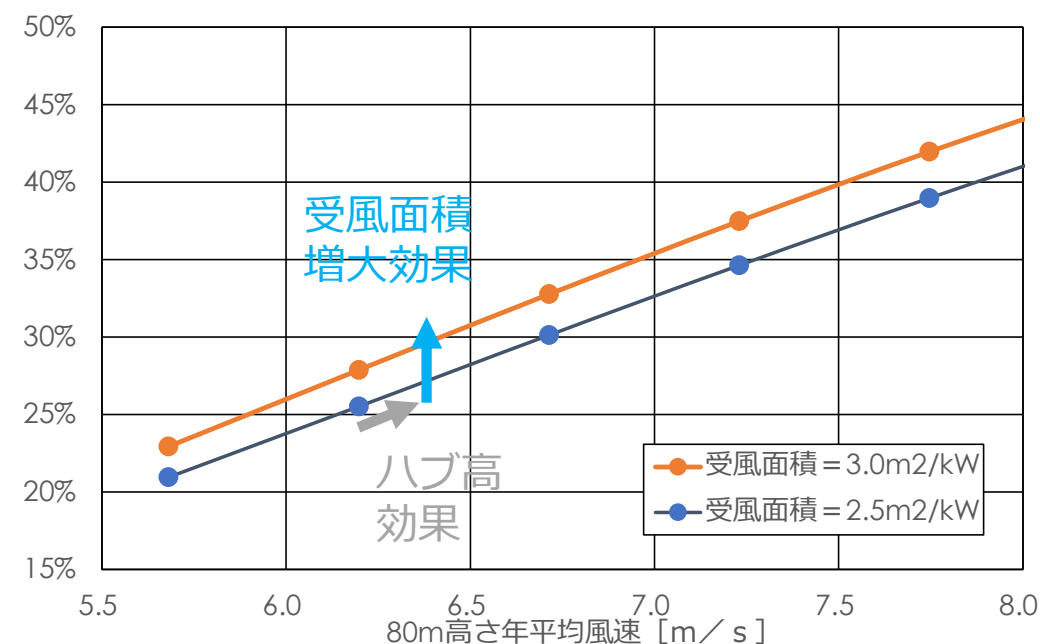
自然エネルギー財団
RENEWABLE ENERGY INSTITUTE

- ・メーカー製品：2MW機種から4MW機種へと大型化する中で、**単位受風面積の拡大**がみられる。
- ・ハブ高の高度化は利用可能な風速域を高め、さらに受風面積の拡大により同じ風速でも設備利用率は増加する。

IECクラス1の風車の出力とローター径



風力発電の理論設備利用率



注) 実際の設備利用率は、理論設備利用率に対して、風速出現分布の補正係数 (0.95程度)、利用可能率の補正係数 (0.95程度) を考慮する

【参考】今後、日本でも風力発電機の大型化 (4MW以上)が見込まれる。



自然エネルギー財団
RENEWABLE ENERGY INSTITUTE

表 環境影響評価中の風力発電事業の単機容量

事業名称	実施根拠	事業区分	手続段階	発行年月	最終更新日	発電所規模 [MW]	発電機数	単機容量 [MW]
(仮称) 中能登ウインドファーム事業	環境影響評価法	発電所（陸上風力）	方法書	2021年1月	2021年4月20日	64.5	15	4.3
(仮称) 須賀川・玉川風力発電事業	環境影響評価法	発電所（陸上風力）	準備書	2020年10月	2021年4月13日	23.0	8	2.9
(仮称) 苓北風力発電事業	環境影響評価法	発電所（陸上風力）	準備書	2020年10月	2021年4月13日	54.6	13	4.2
(仮称) 野馬追の里風力発電事業	環境影響評価法	発電所（陸上風力）	準備書	2020年7月	2021年4月13日	51.9	13	4.2
(仮称) 宗谷岬風力発電事業 更新計画	環境影響評価法	発電所（陸上風力）	準備書	2020年9月	2021年4月13日	57.0	17	4クラス
(仮称) 新阿蘇にしはらウインドファーム	環境影響評価法	発電所（陸上風力）	方法書	2020年11月	2021年4月13日	17.5	5	4クラス
(仮称) 肥薩ウインドファーム	環境影響評価法	発電所（陸上風力）	方法書	2021年1月	2021年4月13日	129.0	30	4.3
(仮称) 三瀬矢引風力発電事業	環境影響評価法	発電所（陸上風力）	方法書	2020年12月	2021年4月13日	30.0	7	4.3
(仮称) 阿武風力発電事業	環境影響評価法	発電所（陸上風力）	方法書	2021年1月	2021年4月13日	54.6	13	4.2
(仮称) DREAM Wind 佐賀唐津風力発電事業	環境影響評価法	発電所（陸上風力）	方法書	2021年1月	2021年4月13日	32.0	8	4.0
(仮称) せたな太櫓ウインドファーム	環境影響評価法	発電所（陸上風力）	配慮書	2021年1月	2021年4月13日	86.0	20	4.3
(仮称) セケ宿長老風力発電事業	環境影響評価法	発電所（陸上風力）	準備書	2020年6月	2021年3月30日	23.0	6	4.2
(仮称) たびと中央ウインドファーム	環境影響評価法	発電所（陸上風力）	方法書	2020年10月	2021年3月30日	54.6	13	4.2
(仮称) 美浜新庄ウインドファーム発電事業	環境影響評価法	発電所（陸上風力）	方法書	2021年1月	2021年3月30日	105.0	25	4.2
(仮称) 新むつ小川原ウインドファーム事業	環境影響評価法	発電所（陸上風力）	準備書	2021年3月	2021年3月23日	33.0	8	4.3
(仮称) 能代山本広域風力発電事業	環境影響評価法	発電所（陸上風力）	準備書	2020年6月	2021年3月23日	25.2	6	4.2
(仮称) 中紀第二ウインドファーム事業	環境影響評価法	発電所（陸上風力）	準備書	2021年3月	2021年3月23日	50.2	12	4.2
(仮称) 新岩屋ウインドパーク事業	環境影響評価法	発電所（陸上風力）	準備書	2021年3月	2021年3月23日	27.0	7	4.3
(仮称) 石狩市厚田区聚富望来風力発電事業	環境影響評価法	発電所（陸上風力）	方法書	2020年12月	2021年3月23日	33.6	8	4.2
(仮称) ウインドパーク布引北風力発電事業	環境影響評価法	発電所（陸上風力）	準備書	2020年6月	2021年3月16日	64.0	28	2.3

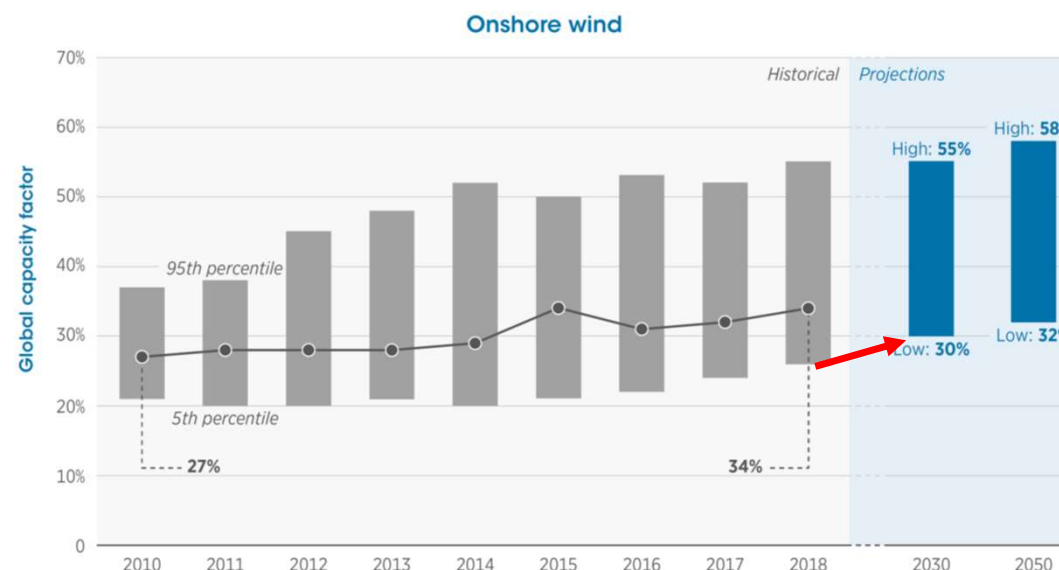
設備利用率(2030)について (2)



自然エネルギー財団
RENEWABLE ENERGY INSTITUTE

- 風力発電の大型化による設備利用率向上の見通し：
IRENA(2019) は、2030年に建設される風力発電の設備利用率を30～55%と見込んでいる。
- 日本の現状の値は、右図の2018年の下限値に近い25%程度であることから、**2030年には30%とすることが妥当である。**

Figure 12: The global weighted average capacity factor for new turbines has increased from 27% in 2010 to 34% in 2018 and would increase substantially in next three decades.



Note: The capacity factor is based on the project commissioning year.

Source: Historical data based on (IRENA, 2019c) and future projections are based on IRENA's forthcoming report: Solar and wind cost reduction potential to 2030 in the G20 countries (IRENA, n.d.).

出所) IRENA (2019) Future of Wind



自然エネルギー財団

RENEWABLE ENERGY INSTITUTE

2030年の木質バイオマス発電のコスト 諸元

バイオマス（木質専焼(未利用材)）



自然エネルギー財団
RENEWABLE ENERGY INSTITUTE

- 2015年の検討では、それまでの調達価格算定委員会で示された諸元に基づき、コスト計算を行っていた。
- 一方で、2021年3月22日の大量導入小委員会における、（一社）日本木質バイオマスエネルギー協会の発表では、設備投資額、燃料費の低減、所内率の向上など総合的な対策を取ることで、発電原価15円/kWhの実現が可能としており、詳細聞き取りの上、数字を更新することが適切である。

削減費目	方策	影響度（対ベースケース）
燃料費	・燃料の単位発熱量1割向上（水分管理） 想定値 水分40%→30% 燃料単価 12,000→8,000円/t	△9.2円/kWh
設備投資額 （kW単価）	・プラント設備投資額を低減 想定値 41→30→20万円/kW	△3.2円/kWh
所内率	・補機動力等、所内の省エネ化 想定値 16%→12%	単独の場合 △1.1円/kWh
人件費	・運転人員の削減 想定値（運転員）12→10人	△0.2円/kWh
灰処理費	・灰の処理費を低減 想定値 18,000→1円/t（有価）	△0.9円/kWh
金利	・手数料含めた借入期間の金利平均を低減 想定値 3.5%→2.0%	△0.5円/kWh
発電効率	・発電効率を0.5%向上 想定値26%→26.5%	単独の場合 △0.2円/kWh

出所）日本木質バイオマスエネルギー協会「国産バイオマス発電の導入見通し」（2021年3月22日）
第30回再生可能エネルギー大量導入・次世代電力ネットワーク小委員会

その他:バイオマスについて

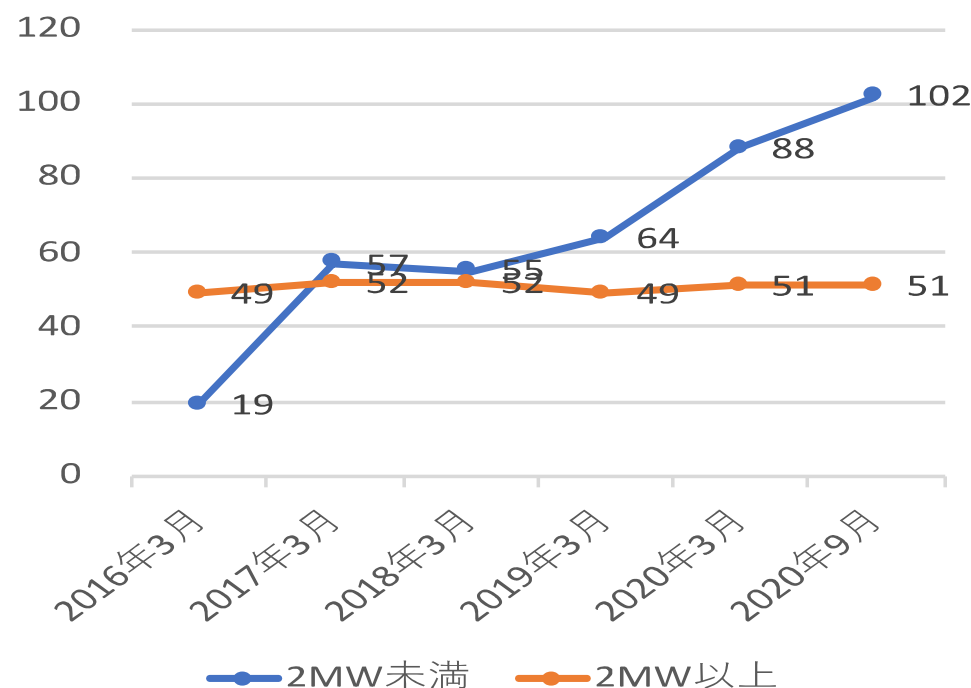


自然エネルギー財団
RENEWABLE ENERGY INSTITUTE

今後導入が進むと予測される以下の電源についてコスト検証を行うべき

1. 2MW未満の未利用木質利用（熱電併給）
2. バイオマス（石炭混燃）2015年の検討では、未利用間伐材をチップの形態で混焼することが想定されているが、実態としてはハンドリングが容易な、ペレット形態での混焼が太宗を占めている。公表されているコストデータはほぼないため、関連事業者へのインタビュー等を通じて、適切なものに改めていただきたい。

FIT未利用材バイオマスの認定数



出所) FIT公表データより作成

提供諸元情報のまとめ

	年	諸元費目	諸元値	根拠
太陽光発電	2030	資本費（モジュール単価-非収れん）	2.0~2.7万円/kW	過去10年の習熟率：38.6%
	2030	資本費（モジュール以外-非収れん）	10.9万円/kW	技術改善効果による2030年までのコスト低減分を見込む。
	2030	運転維持費(非収れん)	N/A*	技術改善によるコスト低減効果を見込むべき。
陸上風力	2030	モデルプラントおよびその参照の対象規模	50~60MW (参照対象規模：30MW以上)	環境影響評価のプロセスにある発電所の規模より。
	2030	設備利用率	30%	大型風車採用されることによる設備利用率改善効果を見込む。
バイオマス(木質専燃(未利用材))	2030	資本費	20万円/kW	日本木質バイオマスエネルギー協会「国産バイオマス発電の導入見通し」（2021年3月22日）
	2030	燃料費	8000円/ton	
	2030	所内率	12%	

*事務局資料では太陽光発電の運転維持費の内訳について詳細が示されていないため、2020年値からの低減効果を計算できない。