

### 3 導入するエネルギーの技術動向調査

本事業で対象とする太陽光発電、風力発電、小水力発電、木質バイオマス発電の技術開発動向について、既存資料等をもとに調査・整理した。

#### 3.1 太陽光発電

太陽電池の半導体に用いられる素材は、シリコン系が最も歴史が古く、現在でも主流となっている。シリコン系の中でも、薄膜系はシリコンの使用量が少なく低コストであるが変換効率が低いため、国内市場では結晶系の太陽電池が圧倒的シェアを占める。

図表 3-1 太陽電池の種類と特徴

種類		特徴	変換効率※	実用化状況	主な国内メーカー
シリコン系	結晶系	<ul style="list-style-type: none"> <li>200<math>\mu</math>m程度の薄い単結晶シリコンの基板を用いる</li> <li>特長：性能・信頼性</li> <li>課題：低コスト化</li> </ul>	～20%	実用化	シャープ 三洋電機(HITタイプ)
	多結晶	<ul style="list-style-type: none"> <li>小さい結晶が集まった多結晶の基板を使用</li> <li>特長：単結晶より安価</li> <li>課題：単結晶より効率低い</li> </ul>	～15%	実用化	シャープ 京セラ 三菱電機
	薄膜系	<ul style="list-style-type: none"> <li>アモルファス（非晶質）シリコンや微結晶シリコン薄膜を基板上に形成</li> <li>特長：大面積で量産可能</li> <li>課題：効率低い</li> </ul>	～9% (アモルファス)	実用化	シャープ 三菱重工業 カネカ 富士電機
化合物系	CIS系	<ul style="list-style-type: none"> <li>銅・インジウム・セレン等を原料とする薄膜型</li> <li>特長：省資源・量産可能・高性能の可能性</li> <li>課題：インジウムの資源量</li> </ul>	～12%	実用化	ソーラーフロンティア ホンダソルテック
	CdTe系	<ul style="list-style-type: none"> <li>カドミウム・テルルを原料とする薄膜型</li> <li>特長：省資源・量産可能・低コスト</li> <li>課題：カドミウムの毒性</li> </ul>	～11%	実用化	国内：無し First Solar (米)
	集光型	<ul style="list-style-type: none"> <li>III族元素とV族元素からなる化合物に多接合化・集光技術を適用</li> <li>特長：超高性能</li> <li>課題：低コスト化</li> </ul>	(集光時 ～42%)	研究段階	シャープ 大同特殊鋼
有機系	色素増感	<ul style="list-style-type: none"> <li>酸化チタンに吸着した色素が光を吸収し発電する新しいタイプ</li> <li>特長：低コスト化の可能性</li> <li>課題：高効率化・耐久性</li> </ul>	(～11%)	研究段階	アイシン精機 シャープ フジクラ ソニー
	有機薄膜	<ul style="list-style-type: none"> <li>有機半導体を用いて、塗布だけで作製可能</li> <li>特長：低コスト化の可能性</li> <li>課題：高効率化・耐久性</li> </ul>	(～8%)	研究段階	新日本石油 パナソニック 電工 住友化学 三菱化学

※モジュール変換効率、但し括弧内は研究段階におけるセル変換効率

[資料：NEDO 再生可能エネルギー技術白書]

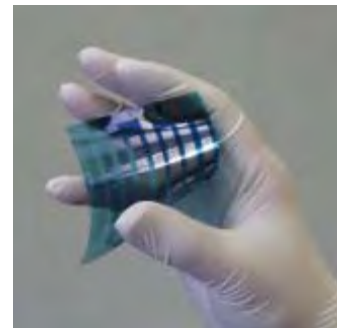
結晶系には、単結晶型と多結晶型があり、単結晶は変換効率が 14～20%と優れるが価格が割高となるため、近年は多結晶型（変換効率 13～15%）が主流となっている。

シリコン以外にも CIS 系や CdTe 系の太陽電池も普及している。

また、有機薄膜太陽電池は、2 種類の有機半導体を混ぜて溶かした液を電極の付いた基板上に塗布して薄膜にした後、薄膜上に電極を形成するという、非常に簡易な製造方法で太陽電池を作製することができる。現在、研究レベルのセル変換効率で最高 7.9%が達成されている。

材料が安価で、印刷法やインクジェット法などの塗布プロセスにより大面積を簡単に作製可能であるため、大幅な低コスト化が実現可能とされている。プラスチックフィルム等にも製膜でき、様々な色や形にできるため、ポータブル機器用電源やウェアラブル電源など幅広い用途に展開できる。ただし、有機材料を用いるため、耐久性が大きな課題となっている。

将来の技術目標として、日本では太陽光発電ロードマップ「PV2030+」(2009, NEDO)において、2020 年には業務用電力並の 14 円/kWh 程度、2030 年には事業用電力並の 7 円/kWh 程度、2050 年には 7 円を下回る発電コストの達成を目指している。量産体制の確立と高性能化および用途展開により、段階的にグリッドパリティを実現することを想定している。



[資料：NEDO]

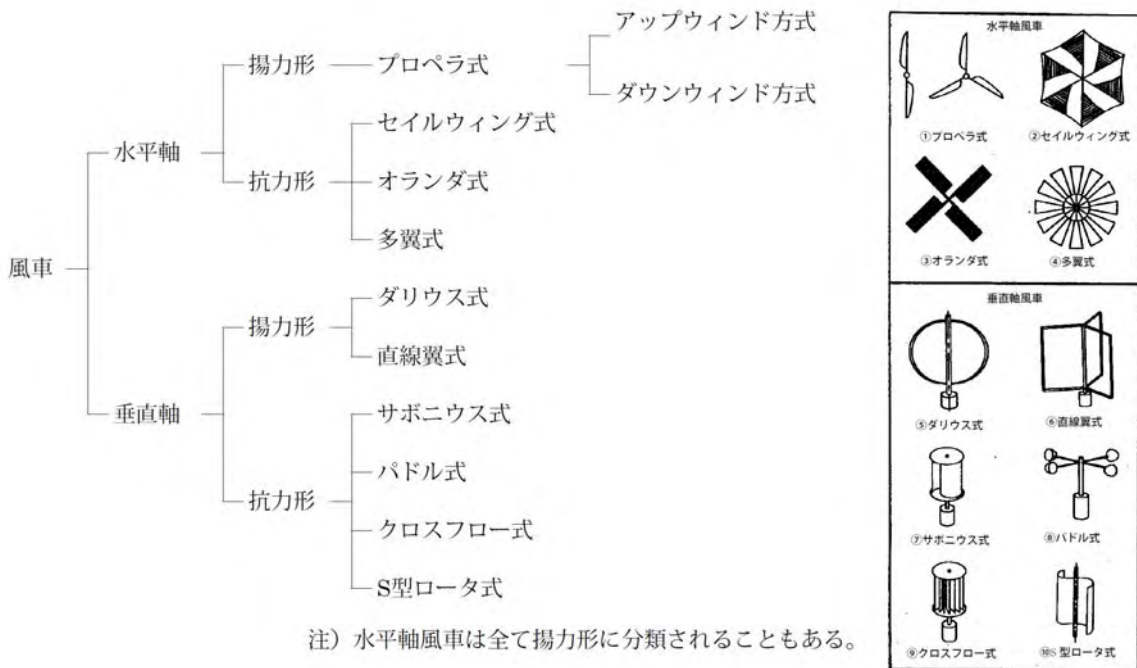
図表 3-2 有機薄膜太陽電池

### 3.2 風力発電

風車の形式は、回転軸の方向によって「水平軸」と「垂直軸」に大きく分けられる。また更に作動原理によって、翼の揚力を利用して高速回転を得る「揚力形」と、風が押す力で低速回転する「抗力形」に分けられる。中型・大型風車は、水平軸風車の3枚翼プロペラ式が主流である。

プロペラ式には、アップウィンド方式とダウンウィンド方式がある。アップウィンド方式は、ロータの回転面が風上側に位置しており、タワーによる風の乱れの影響を受けにくい。一方、ダウンウィンド方式は、回転面が風下側に位置するためプロペラを風向きに合わせるヨー駆動装置が不要であり、小型風車への適用例が多いが、大型機でのダウンウィンド方式の風車も近年開発されている。

垂直軸風車については、回転軸が風向きに対して垂直であり、風向きに対する依存性がない。また、発電機等の重量物を地上に設置できることや、ブレードの製造がプロペラ式と比較して容易であるなどの利点がある。一方、自己起動時に大きなトルクが必要となる、回転数制御が難しい、水平軸風車と比較して効率が劣るため装置が大型化する傾向がある等の短所がある。



図表 3-3 風車の種類

日本においては 2000 年以降導入量が拡大し、累積発電容量は現在約 2.2GW に達した。しかしながら、山岳地形や複雑な風況、系統連系制約等の制約により、世界の主要国と比較すると成長率は小さく国内市場は低迷している。IEA の将来見通しにおいて、風力発電は主要な再生可能エネルギー源の一つになると見込まれているものの、諸外国と比較するとその位置づけは必ずしも高くない。

国内産業の育成には、技術開発や実績・ノウハウの蓄積の土台となる国内市場の拡大が必要であるが、現状の市場規模は産業育成の土壌としては不十分である。世界の風力発電市場における日本の風力発電機メーカーの存在感は小さく、国内市場においても、欧米企業にシェアの大半を握られているのが現状である。

NEDO 再生可能エネルギー技術白書では、わが国技術の目指すべき姿と、課題と対応から導き出される、風力発電のロードマップを下表のように示している。

図表 3-4 陸上風力発電の技術開発目標

		2009年(現在)	2020年	2030年
発電コスト(円/kWh)		9~15	7~11	5~8
前提 条件	システム価格 (円/kW)	300,000	250,000	200,000
	運転・保守費 (円/年/kW)	3,000	2,000	1,500
	割増係数※	1.0	1.1	1.2
	風車の定格出力	2.5MW	3.0MW	3.0MW
	年平均風速	6.0~7.5m/sec		

※割増係数：技術開発の結果、増加する設備利用率の割合（2009年比）

日本における陸上風力発電のシステム価格は近年上昇傾向にあり、今後、適地の減少によりさらにシステム価格が増加する可能性があるが、風車の大型化や、大量導入によるスケールメリットを享受すること、監視システムの高度化等により、2020年のシステム価格および運転・保守費は現状の 30 万円/kW 程度、3,000 円/年/kW から 25 万円/kW 程度、2,000 円/年/kW に削減、さらに 2030 年は 20 万円/kW 程度、1,500 円/年/kW の実現を目指す。また、風車の大型化や低風速対応風車の開発、制御システムの高度化などによって、出力の向上を図り、2009年比で 2020年には 10%、2030年には 20%の発電量増加を目指す。（割増係数を 2020年 1.1、2030年 1.2 と設定。）。これにより実現できる 2020年および 2030年の発電コストの目標値として、それぞれ 7~11 円/kWh、5~8 円/kWh と設定した。

### 3.3 小水力発電

理論上の水力は、流量と水系の落差の積に比例する。実際の水力発電では、落差を100%エネルギーに活用することはできない。また、水車や発電機の効率の問題がある。損失分を考慮した利用可能な落差を有効落差といい、水車の効率や発電機の効率を合わせた総合効率を $\eta$ とおくとき、実際の発電電力  $P_e(\text{kW})$ は、有効落差  $H_e(\text{m})$ と $\eta$ を用いて次のように表すことができる。総合効率は通常 80~90%程度である。

また、主な小水力発電の種類は、下表の通りである。

$$[\text{発電電力 } P_e (\text{kWh})] = 9.8 \times [\text{流量 } Q(\text{m}^3/\text{s})] \times [\text{有効落差 } H_e (\text{m})] \times \eta$$

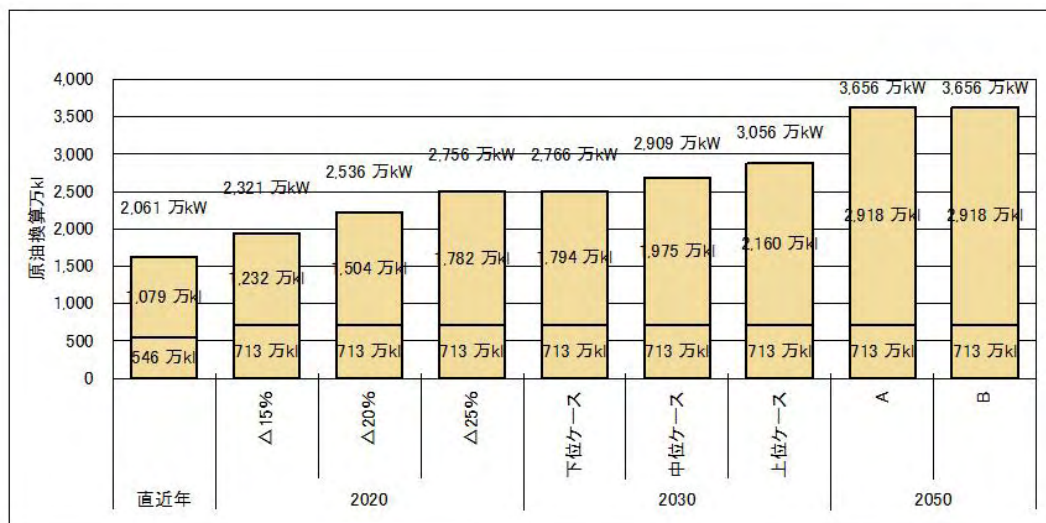
図表 3-5 主な小水力発電の種類

種類	有効落差 (m)	流量 (l/s)	特長	
ペルトン水車	18 以上 高落差	5 以上 少流量	非常に少ない流量から採用可能。ただしある程度の落差を必要とする。高価。側面をアクリル板にする事で水車羽根を観察可能。	
ターゴインパルス水車	8 以上 高落差	1.5 以上 少流量	非常に少ない流量から採用可能。また、ペルトン水車ほど落差を必要としないので採用しやすい。安価な海外製もある。	
クロスフロー水車	2 以上 中低落差	10 以上 少流量	流量変化の大きい箇所に適している。比較的安価。	
フランス水車	15 以上 広範囲適応可	30 以上 広範囲適応可	構造が簡単なことから、マイクロ水力に最も多く採用されている。やや高価。	
プロペラ水車系	プロペラ水車	1 以上 低落差	10 以上 主として大流量	低落差でも設置可能。非常に安価なものから高価なものまで幅広い。高価な機種は落差変動にも対応可能。
	水中ポンプ型水車	3 以上 低落差	700 以上 大流量	水車発電機建屋が不要。機器本体は高価であるが、付帯設備の省略が可能である為、トータルでは安価に抑えられるケースもある。
	螺旋水車	数 10cm 以上 超低落差	30 以上 広範囲適応可	従来から存在する農事用水車。配管土木工事がほとんど必要ない。
開放周流型水車	上掛水車	数 10cm 以上 超低落差	水車の大きさに応じて極少量より可能	既設の水路等を使えば、配管土木工事が殆ど必要ない。発電量は、多くとも数 kWh 程度以下しか期待できない。
	下掛水車	自然勾配のみ 超低落差	水車の大きさに応じて極少量より可能	既設の水路等を使えば、配管土木工事が殆ど必要ない。発電量は、多くとも数 kWh 程度以下しか期待できない。

環境省によると、2050年までの水力発電の導入見込量（地球温暖化対策に関する中長期ロードマップ）は、下図のように示されている。

図表 3-6 水力発電の導入見込量の推計における前提条件

	前提条件
2020年	中小水力発電に対する固定価格買取制度の導入を前提に、買取価格を複数設定し、その買取価格で20年間のIRR8%が確保される範囲で導入が進むと想定した。
2030年	2020年の各ケースと、2050年の目標に到達するために必要と見込まれる導入量を踏まえつつ、3ケースを推計した。
2050年	「再生可能エネルギー導入ポテンシャル調査」(環境省、2009年)によると、中小水力発電の導入ポテンシャルは80~1,500万kW。 80%削減を目指すため、3万kW以下の中小水力発電の導入ポテンシャル(1,500万kW)を全て顕在化させた場合を想定し、これと開発済みの実績を合わせた量とした。



図表 3-7 水力発電の導入見込量



### 3.4 木質バイオマス発電

木質バイオマスのエネルギー利用は大きく燃焼、熱化学的変換、生物化学的変換に分類される。木質系バイオマスのエネルギー利用の方法として最も普及しているのは、直接燃焼による熱利用や発電（熱電併給を含む）である。

また、排出源での排出主体による利用だけでなく、エネルギー供給事業者が一定の地域から木質系バイオマスを収集し、発電事業を行うなどの事業形態も進められつつあり、多様な形態による利用拡大も期待される。

図表 3-8 木質バイオマスエネルギー変換技術の概要

分類		技術の概要	問題点・課題	
燃焼	直接燃焼	チップ等の燃料を利用した直接燃焼による熱利用や発電を行う。また、熱利用と発電を行うコージェネレーションシステムの利用も増えている。チップボイラーの導入も増えている。	エネルギー利用効率が10~20%と低いものも多い。	
	混焼	石炭火力発電所などで、石炭などとチップやペレットといった木質バイオマスを混合燃焼する技術。	電力の安定確保と発電効率の低下を抑えること。	
	固形燃料化	ペレットはオガ粉や樹皮を100度~150度程度に加熱・加圧し、成型固化したもので、近年ペレットの生産拠点も増えている。	ペレットの需要創出策が必要である。	
熱化学的変換	ガス化	溶融ガス化	400~600度で熱分解ガス化を行い、可燃性ガスを発生させ、更に焼却灰を1300度以上の高温で溶融処理する技術。	エネルギー効率の向上を図る必要がある。タールの分解促進。
		部分酸化ガス化	部分酸化により生成ガスを製造する。熱利用、発電のほか、調整により一酸化炭素と水素を得やすく、これらを触媒を用いてメタノールに変換することも期待。	エネルギー効率の向上が課題である。
		低温流動層ガス化	600度程度でガス化する技術であり、ガスを用いて発電や熱利用を行う。	タールの生成が問題である。
		超臨界水ガス化	超臨界水中で加水分解を起こし、効率的にガス化する技術。	効率の改善が必要である。
	液化	急速熱分解	500~600度へ急速に加熱し、熱分解させて油状生成物を得る技術	輸送用燃料への変換コスト
		スラリー燃料化	高温高圧の熱水で改質し、炭化して粉碎後、水と混ぜてスラリー化する。	効率的製造と複製生物の利用用途。
	炭化	古くから利用されているが、コージェネレーション技術の実用化が進められている。	エネルギー利用の効率化	
生物化学的変換	エタノール発酵	セルロース系バイオマスである木質系廃材・未利用材を糖化してエタノール発酵する技術開発は実証段階で進められている。		

[資料:日本エネルギー学会「バイオマス・ニッポン総合戦略策定緊急調査報告書」等]