

# NEDO

# 再生可能エネルギー 技術白書

第2版

再生可能エネルギー普及拡大にむけて克服すべき課題と処方箋

独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構 編  
New Energy and Industrial Technology Development Organization

## 第1章 再生可能エネルギーの役割

第2章 太陽光発電

第3章 風力発電

第4章 バイオマスエネルギー

第5章 太陽熱発電・太陽熱利用

第6章 海洋エネルギー

第7章 地熱発電

第8章 中小水力発電

第9章 系統サポート技術

第10章 スマートコミュニティ



# 第1章 再生可能エネルギーの役割

1.1	我が国のエネルギー事情と再生可能エネルギー導入の意義.....	4
1.1.1	我が国のエネルギー消費と供給の全体像.....	4
1.1.2	東日本大震災後のエネルギー構成の変化.....	7
1.1.3	再生可能エネルギー導入の意義.....	8
	(1) エネルギー安全保障の強化.....	9
	(2) 低炭素社会の創出.....	9
	(3) 新しいエネルギー関連の産業創出.....	10
1.1.4	再生可能エネルギーの種類.....	11
	(1) 太陽光発電 【第2章】.....	12
	(2) 風力発電 【第3章】.....	13
	(3) バイオマスエネルギー 【第4章】.....	13
	(4) 太陽熱発電・太陽熱利用 【第5章】.....	13
	(5) 海洋エネルギー 【第6章】.....	14
	(6) 地熱発電 【第7章】.....	15
	(7) 中小水力発電 【第8章】.....	15
1.2	再生可能エネルギー導入の現状と課題.....	15
1.2.1	我が国のエネルギー政策.....	15
	(1) エネルギー・環境会議.....	16
	(2) 第3回日本経済再生本部における総理指示等.....	16
	(3) 新たなエネルギー基本計画の検討.....	16
1.2.2	固定価格買取制度の動向.....	18
	(1) 固定価格買取制度の施行.....	18
	(2) 固定価格買取制度後の導入状況.....	20
1.2.3	再生可能エネルギー導入の課題.....	21
	(1) 割高なコスト水準.....	22
	(2) 供給安定性.....	22
	(3) 環境影響.....	23
1.2.4	今後の政策課題.....	24
	(1) 太陽光発電.....	24
	(2) 風力発電.....	25
	(3) バイオマスエネルギー.....	28
	(4) 地熱発電.....	28
	(5) 中小水力発電.....	28
1.3	再生可能エネルギーの国際動向.....	29
1.3.1	世界の市場動向.....	29

1.3.2	世界の導入実績と今後の見込み .....	30
(1)	世界の導入見込み .....	32
(2)	各国の導入目標 .....	34
(3)	海外における普及課題 .....	34
1.4	今後に向けた課題と克服方策 .....	38
1.4.1	今後に向けた課題 .....	38
(1)	大量導入に伴い顕在化してきた課題 .....	38
(2)	急拡大した市場と競争の激化 .....	39
(3)	環境アセスメント等の規制 .....	39
(4)	我が国企業の国際展開 .....	39
1.4.2	大量導入に向けての技術的課題の克服 .....	39
(1)	太陽光発電 .....	39
(2)	風力発電 .....	41
(3)	バイオマスエネルギー .....	42
(4)	海洋エネルギー発電 .....	42
(5)	地熱発電・再生可能エネルギー熱利用 .....	42
(6)	系統サポート技術 .....	42
1.4.3	差別化による競争力強化, 高付加価値化による用途拡大 .....	43
(1)	太陽光発電 .....	43
(2)	バイオマス輸送燃料 .....	43
1.4.4	新技術の社会実装のための標準化や規制適正化 .....	44
(1)	風力発電 .....	44
(2)	水素・燃料電池 .....	44
1.4.5	国際展開に向けて .....	45
	まとめ .....	45

第1章 再生可能エネルギーの役割

1.1 我が国のエネルギー事情と再生可能エネルギー導入の意義

我が国における再生可能エネルギーの導入意義を正しく理解するためには、まず我が国のエネルギー事情について知る必要がある。そこで、本節ではエネルギー消費と供給の全体像とエネルギーを取り巻く最近の情勢変化について説明する。

1.1.1 我が国のエネルギー消費と供給の全体像

エネルギーは生産されてから消費者に使用されるまでの間にさまざまな段階、経路を経る。我が国においては、一次エネルギーとして原油、石炭、天然ガス等の化石エネルギー、水力、太陽光、風力、地熱等の再生可能エネルギー、ウランなどの原子力エネルギーがある。我々はこれらの一次エネルギーをさらに使いやすい電気エネルギーやガソリン、都市ガス等の二次エネルギーに変換して利用している（図 1-1）。

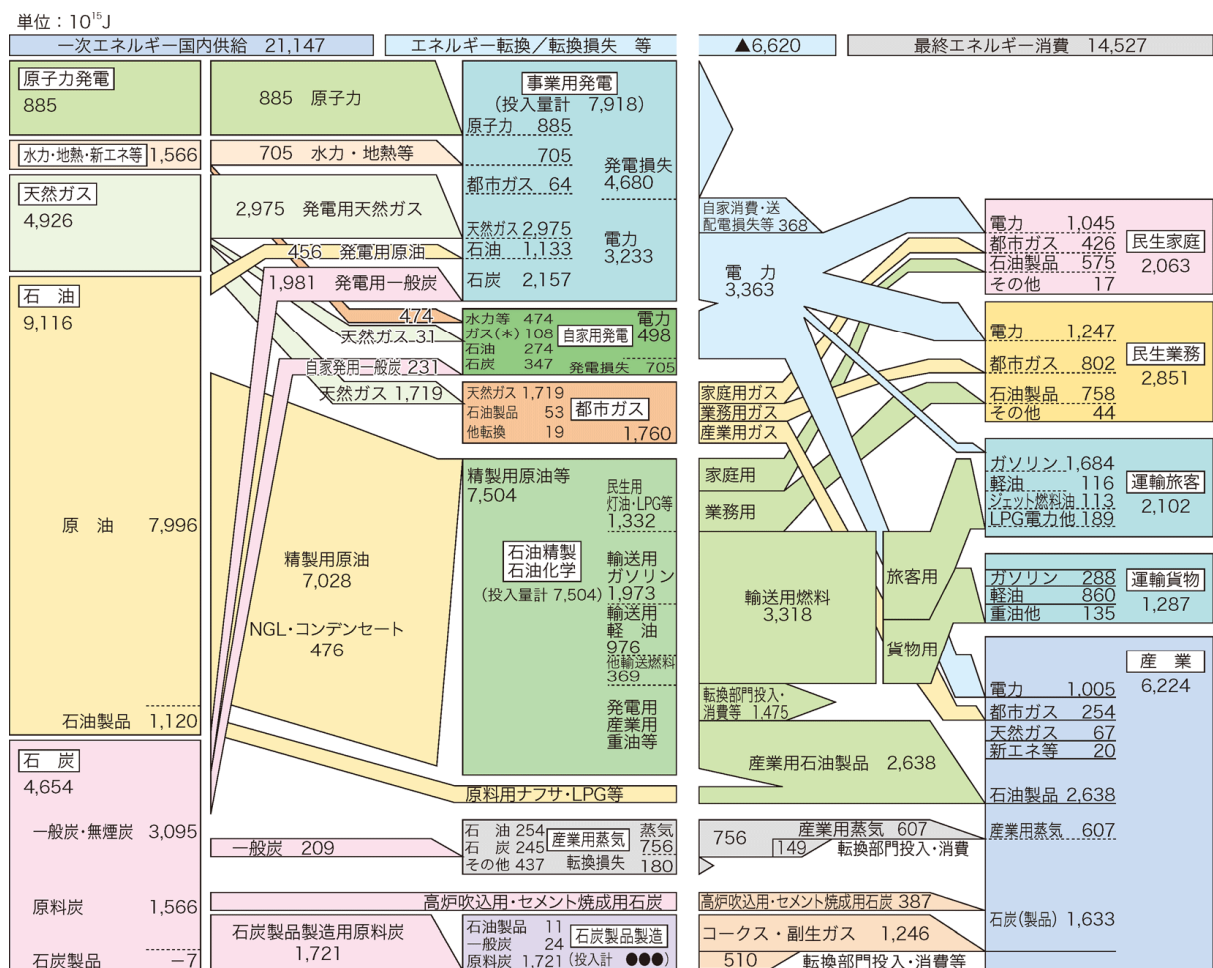


図 1-1 我が国のエネルギーバランス・フロー概要（2011 年度，単位 10<sup>15</sup>J）

注 1：本フロー図は、我が国のエネルギーフローの概要。特に転換部門内のフローは表現されていないことに留意。

注 2：「石油」は、原油、NGL・コンデンセートの他、石油製品を含む。

注 3：「石炭」は、一般炭、無煙炭の他、石炭製品を含む。

注 4：「自家発電」の「ガス」は、天然ガス及び都市ガス。

出典：「エネルギー白書 2013」（2013，資源エネルギー庁）

<http://www.enecho.meti.go.jp/topics/hakusho/2013energyhtml/2-1-1.html> より NEDO 作成

第1章 再生可能エネルギーの役割

我が国の最終エネルギー消費は、高度成長期といわれた1960年代から1970年代にかけて高い伸びを示したが、1973年と1979年の二度にわたる石油危機の反省から、エネルギーの効率的利用を進めた。一方で、快適さと便利さを求めるライフスタイルの普及に伴い民生部門のエネルギー消費が増加し、2011年度では1973年度と比較して民生部門では2.4倍、運輸部門では1.9倍と増加している（図1-2）。

なお、二次エネルギーである電気は、家庭用及び業務用を中心にその需要は増加の一途をたどっており、最終エネルギー消費に占める電力消費量の割合を示す電化率は、1970年度には12.7%であったが、2011年度では23.1%に達し、電力消費量は約460TWhから約1050TWhと2倍以上に上昇している（図1-3）。

このように我が国は膨大なエネルギーを消費しているが、一次エネルギーとして供給するエネルギー資源のうち、国内で供給している比率すなわちエネルギー自給率は、原子力を含めなければわずか4.4%にすぎない。これは図1-4に示す通り、主要先進各国と比較して、著しく低い水準であり、我が国が化石燃料資源に恵まれていないことを表している。

一方、我が国は二度にわたる石油危機を契機に、エネルギー供給を安定化させるため、石油代替エネルギーとして原子力、天然ガス、石炭等の導入を推進し、エネルギー源の多様化を図るとともに、1979年以降、新エネルギー開発を加速させた。その結果、一次エネルギーに占める石油の割合は2010年度には40.0%まで削減し、1973年度における75.5%から大幅に改善された（図1-5）。

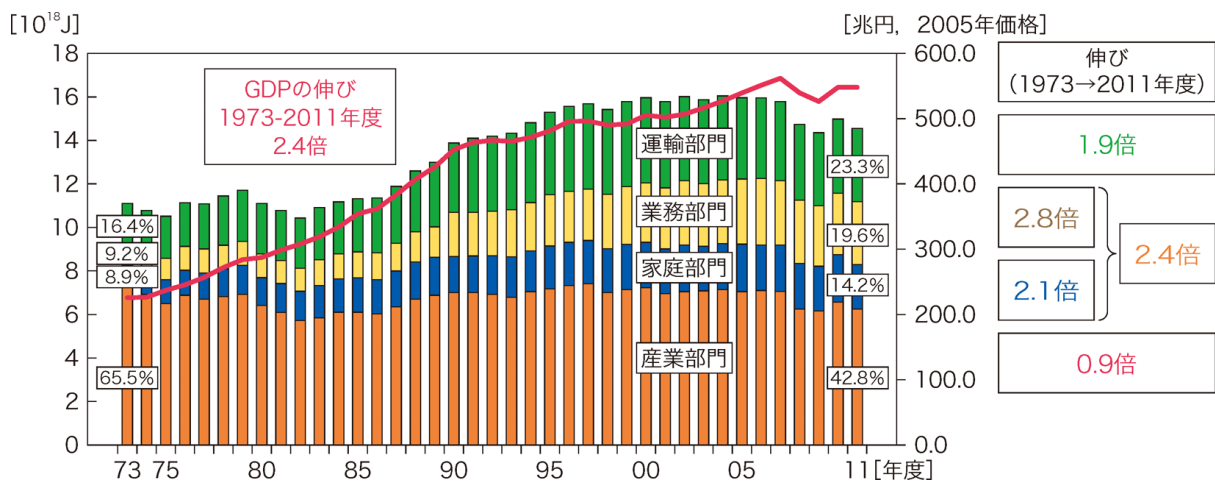


図1-2 最終エネルギー消費と実質GDPの推移

出典：「エネルギー白書2013」（2013，資源エネルギー庁）

<http://www.enecho.meti.go.jp/topics/hakusho/2013energyhtml/2-1-1.html> より NEDO 作成

第1章 再生可能エネルギーの役割

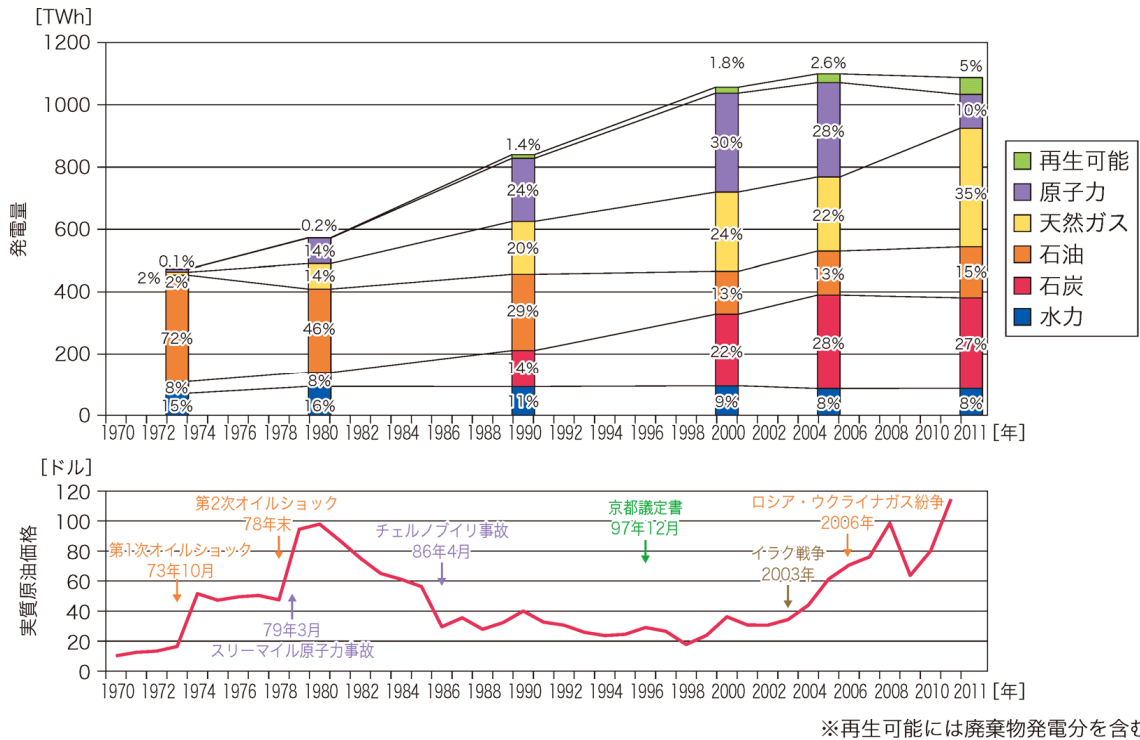


図 1-3 我が国の電力供給量の推移

出典：Electricity information 2013 (2013, IEA) 及び BP 統計 (2013) より NEDO 作成

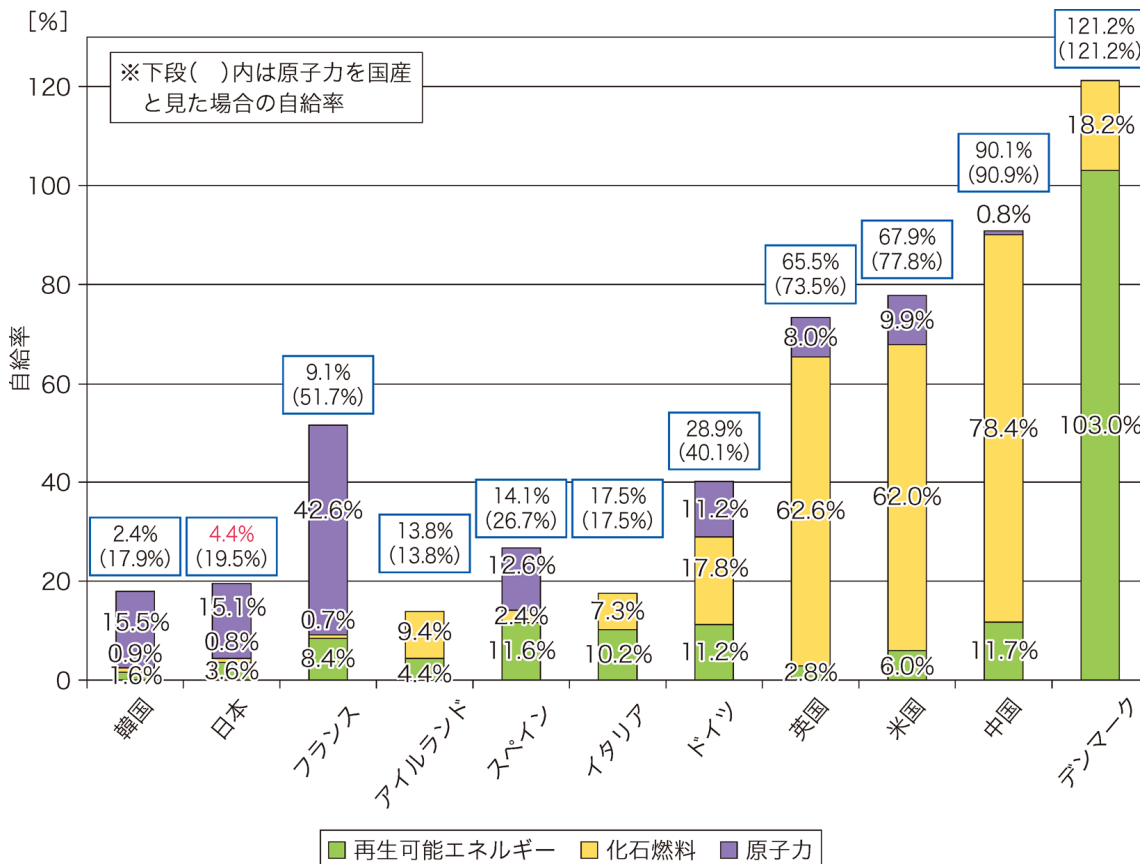


図 1-4 エネルギー自給率の国際比較 (2010年)

出典：Energy Balances of OECD countries 2012, (2012, IEA) 及び Energy Balances of Non-OECD countries 2012, (2012, IEA) より NEDO 作成

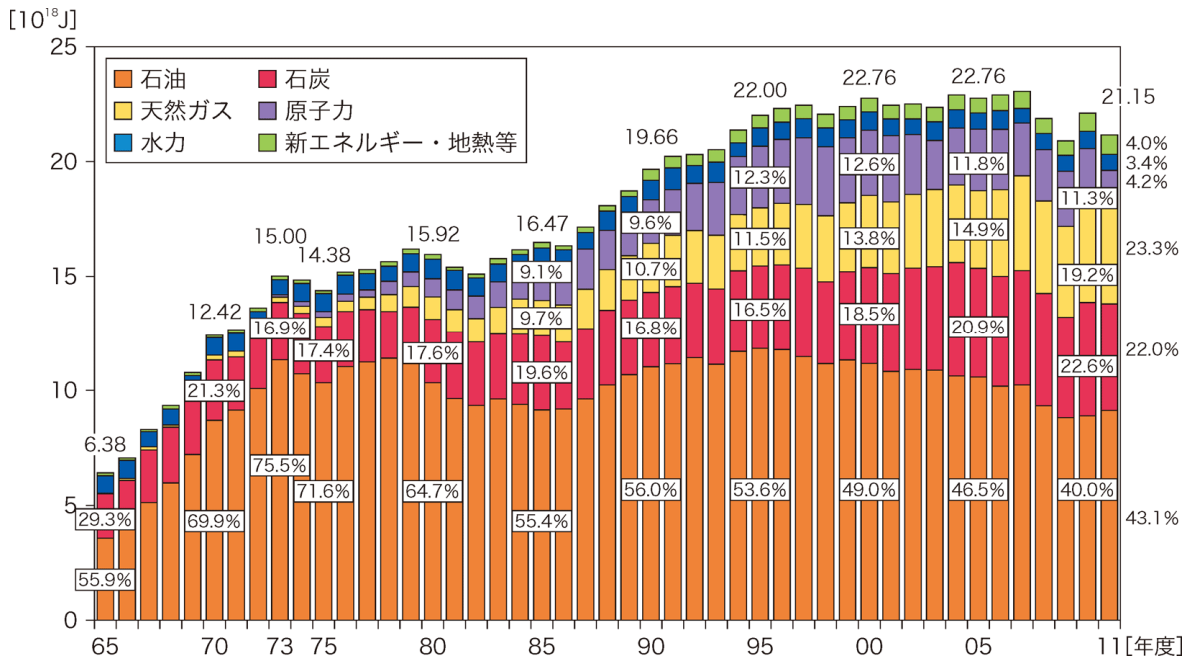


図 1-5 一次エネルギー国内供給の推移

出典：エネルギー白書 2013, (2013, 資源エネルギー庁), <http://www.enecho.meti.go.jp/topics/hakusho/2013energyhtml/2-1-1.html> より NEDO 作成

### 1.1.2 東日本大震災後のエネルギー構成の変化

2011年3月11日に発生した東日本大震災は、死者・行方不明者18,524人という未曾有の被害をもたらすとともに、我が国のエネルギー供給の課題も浮き彫りにした。

特に電力関連では、

- ・福島第一原子力発電所の事故による影響でエネルギーの自立、コスト、温室効果ガス低減効果等の観点から基幹電源と位置付けられていた原子力発電への信頼が大きく揺らいだ。
- ・震災と同時に電力需給は逼迫し、直後には計画停電が実施されたが、需要家の節電による協力、次いで自家用発電設備の導入による分散型エネルギーの増強、そして長期間休止していた火力発電所を再稼働するなど電力会社の努力により、その後の停電等による被害を回避することができたものの、従来の大規模電源による電力供給形態に内在するリスクや、連系線等の設備制約の存在が顕在化した。
- ・再生可能エネルギーを含めた多様なエネルギー源の活用がこれまで以上に求められることとなり、これらを前提とした電力供給システムへの転換が必要となる。

等の課題が明らかになった。

震災後には、各原子力発電所が順次定期検査に入り長期停止しているため、国内発電量に占める原子力の比率は震災前の約30%から、2013年9月には関西電力大飯原子力発電所が停止し、原子力の比率は0%となった。他方、それを補うため震災前に約6割だった火力発電比率を約9割まで上昇させたが、化石燃料輸入の中東依存度が高まり、エネルギー供給の脆弱性の度合いはさらに増している。

## 第1章 再生可能エネルギーの役割

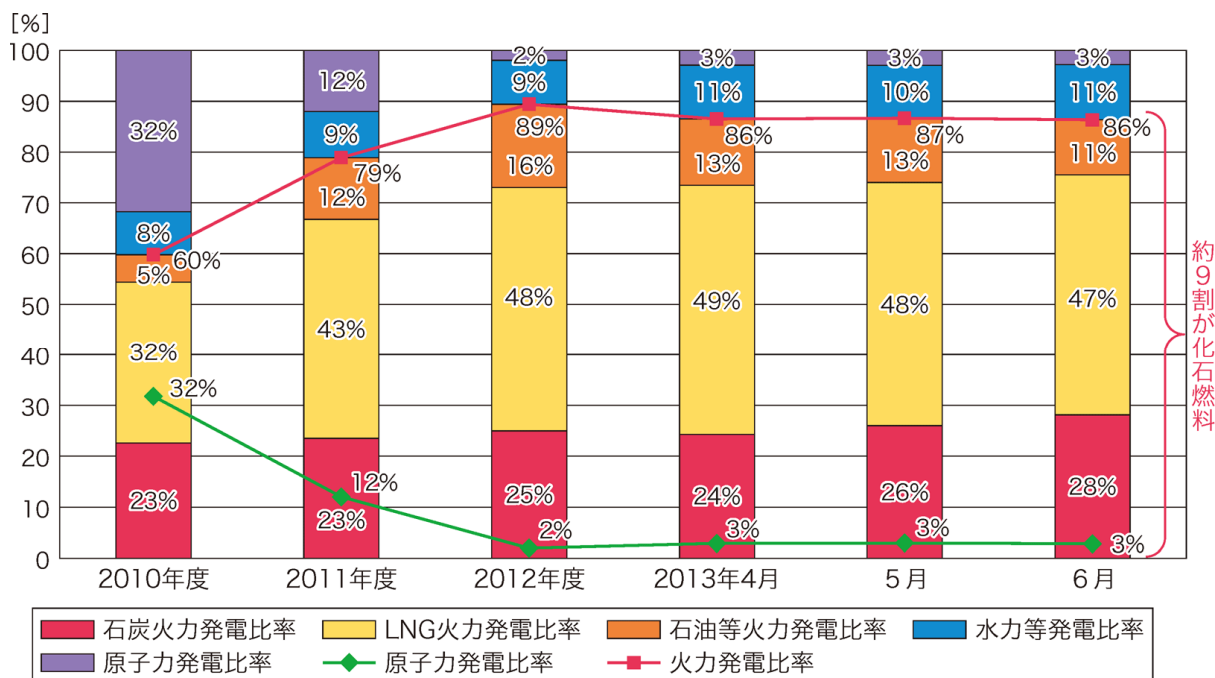


図 1-6 電気事業者（一般・卸）の電源構成推移（発電比率）

出典：総合資源エネルギー調査会 総合部会，（2013，資源エネルギー庁），第4回会合資料  
<http://www.enecho.meti.go.jp/info/committee/kihonseisaku/4th/4th-1.pdf> より NEDO 作成

また、火力発電比率の上昇に伴い、火力発電の燃料調達コストの増加分は2011年度実績で2.3兆円、2012年度実績で3.1兆円、2013年推計では3.8兆円と膨らんでおり、我が国の貿易収支を圧迫し、2011年に31年ぶりに貿易赤字国に転落させた。燃料調達コストの削減は、エネルギー分野にとどまらず、我が国の経済にとって喫緊の課題といえる。

さらに、火力発電比率の上昇は、CO<sub>2</sub>排出量の大幅な増加をもたらし、我が国の排出削減目標の後退にもつながると考えられる。

再生可能エネルギー導入の意義は、まさにこれらの課題解決すなわちエネルギー自給率の向上、火力発電の燃料調達コスト抑制、CO<sub>2</sub>排出量の削減に貢献することである。

### 1.1.3 再生可能エネルギー導入の意義

我が国においては、資源小国として石油をはじめとするエネルギー資源の大部分を海外に依存していること、エネルギー供給の約5割を占める石油の中東依存度が約8割に達していること等、脆弱なエネルギー供給構造は依然として解決されていない。

また、近年、地球温暖化問題への対応が世界的に求められており、エネルギー起源の二酸化炭素が温室効果ガスの大部分を占める我が国にとって、これをどう抑制していくかが重要な課題となっている。

加えて、経済活動の国際化が急速に進展する中、我が国のエネルギーコストが他の先進諸国に比べて高ければ、国民生活のみならず我が国産業の競争力にも影響を及ぼすため、規制改革等を通じ公正な競争を促進し、効率的なエネルギー供給システムを確保することも重要である。

太陽光、風力、バイオマス等の再生可能エネルギーの導入拡大は、エネルギー源の多様化によるエネルギー安全保障の強化や、低炭素社会の創出に加え、新しいエネルギー関連の産業創出・



雇用拡大の観点から重要であり、地域活性化に寄与することも期待されている。

### (1) エネルギー安全保障の強化

我が国は、化石燃料のほぼ全量を海外から輸入しているが、近年、新興国が経済発展のために化石燃料の使用を増加させているため、化石燃料の価格は上昇傾向にあり、国内のエネルギーコストは上昇圧力にさらされている。加えて、化石燃料の豊富な地域は、政治的・民族的紛争も多く、安定した供給が今後さらに困難になることが予想される。国内で調達できるエネルギーを増やすことはエネルギーの安定供給の面からも重要である。再生可能エネルギーは、日本国内に賦存する太陽光や風力、地熱などを活用する純国産エネルギーであることから、資源小国である我が国のエネルギー安全保障の強化に貢献でき、これが導入の大きな意義の一つである。

さらに、2011年3月11日の東日本大震災を経験した我が国において、地域自立型のエネルギーである再生可能エネルギーの導入意義は一層高まっている。

我が国で消費しているエネルギーは、そのほとんどが海外からの輸入であることに加えて、震災後は、原子力発電所の停止に伴い2011年のエネルギー自給率は4.4%（原子力を加えた場合でも19.5%）であり、主要先進国の中では、最も低い水準となっている（図1-4）。なお、2000年以降、原子力を除くエネルギー自給率には大きな変化は見られない。

現在、資源エネルギー庁の設置する「総合資源エネルギー調査会 基本政策分科会」において、現行のエネルギー基本計画の見直しが議論されている。本計画にも記載されている通り、エネルギーの多様化、分散化がエネルギー安全保障上重要であり、各エネルギー源のシェアが大きくなりすぎないこと、調達先が特定の地域に偏らず分散していることが重要である。再生可能エネルギー資源は、国内に広く分散して存在しているので、これらを政策的に支援し、シェアを拡大することはエネルギー安全保障上、有効な手段であるといえる。

### (2) 低炭素社会の創出

再生可能エネルギーの導入意義として、エネルギー安全保障面に加えて、温室効果ガス削減効果が挙げられる。1990年代以降に地球温暖化問題が浮上する中で、再生可能エネルギーへの注目が世界的に増している。

石油や石炭、天然ガスなど化石燃料を燃焼して電気をつくる火力発電は、いずれも化石燃料を燃焼するときには大量のCO<sub>2</sub>を排出する。これに対して、太陽光発電、風力発電、水力発電、地熱発電などは、自然のエネルギーを使うため、発電時にはCO<sub>2</sub>を排出しない。

燃料の燃焼時だけではなく、発電装置を工場で製造する際に排出するCO<sub>2</sub>も考慮したライフサイクルCO<sub>2</sub>排出量で見ても、火力発電が519～975g-CO<sub>2</sub>/kWhであるのに対し、太陽光発電は17～48g-CO<sub>2</sub>/kWh、風力発電は25～34g-CO<sub>2</sub>/kWh、地熱発電は15g-CO<sub>2</sub>/kWh、水力発電は11g-CO<sub>2</sub>/kWhと、数十分の1の水準である。

## 第1章 再生可能エネルギーの役割

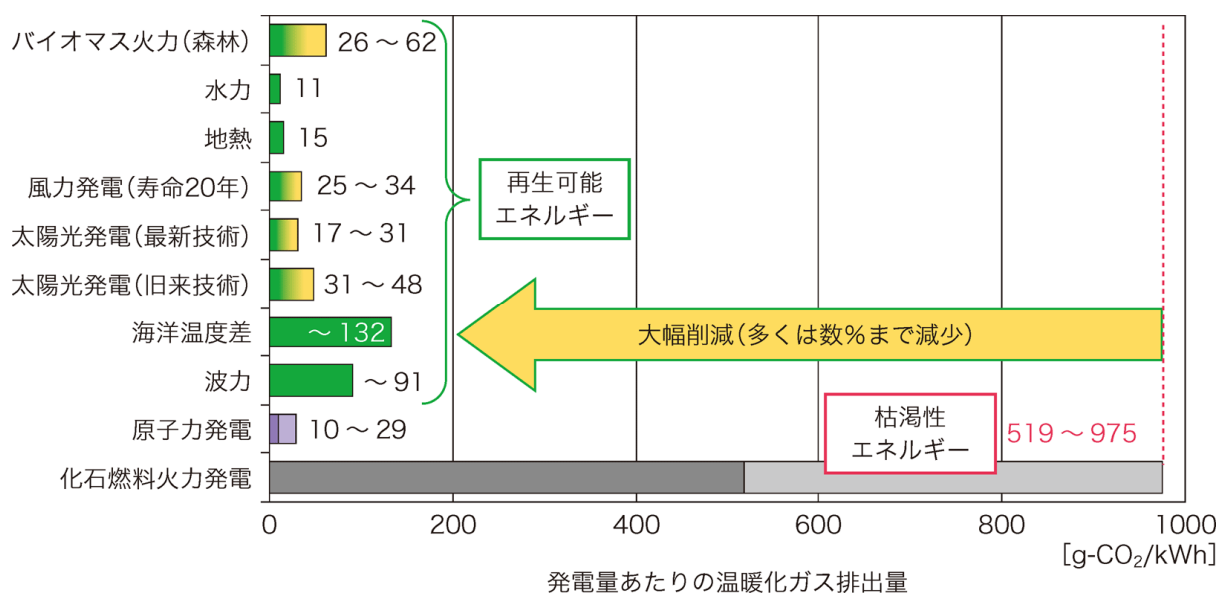


図 1-7 従来エネルギーと新エネルギーの CO<sub>2</sub> 排出量の比較

出典：産業技術総合研究所ホームページ

[http://unit.aist.go.jp/rcpyt/ci/about\\_pv/e\\_source/RE-energyvpayback.html](http://unit.aist.go.jp/rcpyt/ci/about_pv/e_source/RE-energyvpayback.html) より NEDO 作成

これまでの人類の発展に伴って生じた環境破壊を止めるためにも、1.2.3 で後述する通り、コスト高や不安定性などの課題はあるものの、敢えて一定量の再生可能エネルギーの導入を促進し、低炭素社会の創出を進める必要がある。加えて、温室効果ガスの削減努力は、同時に貴重な化石燃料資源を次世代に残すことにもつながる。

### (3) 新しいエネルギー関連の産業創出

政府は 2010 年に発表した「産業構造ビジョン 2010」(6 月 3 日)、「新成長戦略」(6 月 18 日閣議決定)、「エネルギー基本計画」(6 月 18 日閣議決定)において、環境・エネルギー分野の技術開発や総合的な政策パッケージによって、我が国のトップレベルの技術を普及・促進し、世界ナンバーワンの環境・エネルギー大国を目指すこととし、その中でも再生可能エネルギー分野を主役の一つに位置付けている。

固定価格買取制度の開始以降、国内市場は急速に拡大し、今後建設される見込み分を合わせるとさらに劇的な拡大が予想されている(1.2.2 で後述)。一方、1.3.1 で後述する通り、世界的にも再生可能エネルギー関連市場が急速に拡大している。

既に再生可能エネルギーについては、補助的な位置付けではなく、基幹的な電源として位置付けつつ導入拡大に取り組むことが国際的な潮流となっており、着実な市場の拡大が見込まれている。各国ともに固定価格買取制度や RPS 制度<sup>1</sup>による支援を行っており、1.3.2 で後述する通り、国際エネルギー機関(IEA)の予測では、2011 年から 2035 年にかけての世界における 1 次エネルギーの増減見通しでは、OECD 諸国において化石燃料や原子力が純減となる一方で、それらを上回る規模で再生可能エネルギーが代替していくことが予想されている。

<sup>1</sup> 我が国における RPS (Renewables Portfolio Standard) 制度は、2003 年 4 月に施行された「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」のことを指す。電気事業者に新エネルギー等から発電される電気を一定割合以上利用することを義務づけ、新エネルギー等の一層の普及を図るもの。

既に海外では、再生可能エネルギー関連市場は有力な投資先として大量の民間資金を呼び込んでおり、多くのベンチャー企業も活躍している。今後、エネルギー需要サイドにおける先進市場も含めて、さらに参入事業者は増え、需要家の多様なニーズに応える製品やサービスの競争が活発化するものと予想されており、我が国でも再生可能エネルギー関連産業が、将来的に経済成長の一翼を担うとの期待が寄せられている。

### 1.1.4 再生可能エネルギーの種類

再生可能エネルギーとは、石油、石炭、天然ガス等の化石燃料から生み出したものではなく、太陽光や風力、地熱等、地球上で自然に起こる現象を利用して繰り返し使えるエネルギーを指す。

具体的には、太陽光発電、風力発電、バイオマスエネルギー、水力発電、地熱発電、太陽熱発電・太陽熱利用、潮流発電等がある。これらを活用することで、純国産で、枯渇することなく、温室効果ガスの排出量が少ないエネルギーを得ることが可能となる。

太陽光発電や太陽熱発電は、太陽光のエネルギーを直接電気や熱エネルギーに換えて利用し、バイオマスエネルギーは植物を利用する。植物は太陽光のエネルギーを使い、CO<sub>2</sub>と水から光合成によりブドウ糖等の有機物をつくり、同時に酸素を発生することから、エネルギーを物質として蓄えたことになる。また、風力発電が利用する風は、大気の循環によって発生する。太陽光エネルギーが地表や海面近くを温め、それに接している空気も温められることで、膨張した空気が軽くなり上昇する。そこに流れ込んでくるのが風であり、さらに地球の自転運動や地形によって多様な風が発生する。そのほか、水力発電が利用する水は、もともと地上にあった水が太陽光により熱せられて蒸発し、雲となって雨や雪として降り注いだものであり、地熱発電は地球内部の熱、潮流・潮汐力発電は地球の自転や月の公転に伴って動く海水の力を利用するものである。



図 1-8 さまざまな再生可能エネルギー

これらの再生可能エネルギーは、発電出力が気象条件により変動する変動電源（太陽光発電、風力発電など）と、出力が比較的安定している安定電源（地熱発電、水力発電など）の二つに分類できる。出力安定性では、後者は既存の火力発電などと同等に扱うことができるが、前者は基

## 第1章 再生可能エネルギーの役割

本的に出力制御ができないため、その出力変動を火力発電など他の電源により吸収する必要がある、これが大量導入にあたり大きな問題となる。なお、このような電力系統（以後、系統という）の問題については、第9章で詳述する。

ここで「再生可能エネルギー」と「新エネルギー」の区分について説明する。「新エネルギー」とは、「新エネルギー利用等の促進に関する特別措置法（新エネ法）」において、技術的に実用化段階に達しつつあるが、経済性の面での制約から普及が十分でないもので、石油代替エネルギーの導入を図るために特に必要なものと定義されており、太陽光発電や風力発電、バイオマスなど10種類が指定されている。

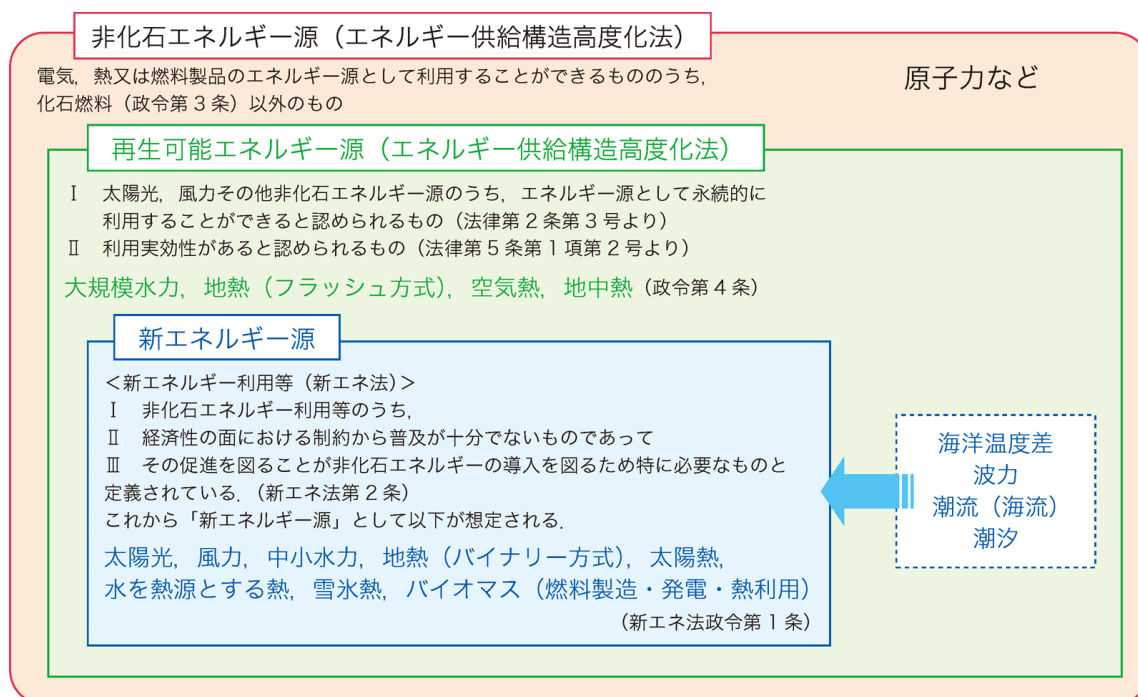


図 1-9 再生可能エネルギーの種類

注：法律とは「エネルギー供給事業者による非化石エネルギー源の利用及び化石エネルギー原料の有効な利用の促進に関する法律」。新エネ法とは「新エネルギー利用等の促進に関する特別措置法」  
 出典：資源エネルギー庁ホームページより NEDO 作成

「再生可能エネルギー」の方が広い概念となっており、「新エネルギー」に、古くから開発が進んでいる大規模水力発電、現段階では技術開発段階の海洋エネルギーも含めたものが再生可能エネルギーである。世界的には、再生可能エネルギー（Renewable energy）という用語の方が一般的である。

以下に、主要な再生可能エネルギーについて概説する。

### (1) 太陽光発電 【第2章】

太陽光発電とは太陽電池を使った発電である。太陽電池は半導体の一種（色素を使う場合もある）で、光エネルギーを直接電気に変える。この技術は1954年に米国で発明され、その後、人工衛星に搭載されたりなどしてきたが、これまでの技術開発により、光から電気にかえる効率（変換効率）が向上し、コストも下がってきたため、住宅用の電源としても普及し始めた。太陽電池は、地球温暖化の原因となる二酸化炭素や有害な排気ガスを出さず、太陽がある限り発電をし続

けるクリーンな発電装置といえる。

太陽光発電システムは、太陽の光を電気（直流）に変える太陽電池と、その電気を直流から交流に変えるインバータなどで構成されている。現在、日本で多く導入されている住宅用の太陽光発電システムでは、発電した電気は室内で使うが、電気が余った時には電力会社と接続されている系統に戻し、発電しない夜間や雨天時には系統から電気の供給を受ける。この系統に戻した電気は、余剰電力買取制度、固定価格買取制度施行以降、電力会社が買い取っている。（固定価格買取制度については 1.2.2 に詳述）

## （2）風力発電 【第3章】

風力発電は、「風」の力で風車を回し、その回転運動を発電機に伝えて電気を起こす発電方式である。風は自然界に無尽蔵に存在し、発電時に CO<sub>2</sub> や廃棄物を出さないクリーンエネルギーである。一方で、風の強弱で発電量が変動する、無風状態では発電できないなど、エネルギー源としては不安定であり、立地の制約も受ける。

風力発電は、風の運動エネルギーの最大 30～40% 程度を電気エネルギーに変換でき、比較的効率の高いことが特徴である。ただし、風のエネルギーを風車に変換する効率（パワー係数）は風車の形式によって異なる。効率は風速と、翼と先端の速度の比（周速比）によって異なることから、風速に適した回転速度であることも重要になる。

## （3）バイオマスエネルギー 【第4章】

バイオマスとは、生物資源（バイオ/bio）の量（マス/mass）をあらわし、エネルギー源として再利用できる動植物から生まれた有機性の資源である。また、石油や石炭などの化石資源と対比して、「生きた燃料」ともいわれている。バイオマスエネルギーは、地球規模で見て CO<sub>2</sub> バランスを壊さない（カーボンニュートラル）、持続性のあるエネルギーである。単に燃やすだけの熱利用から、発電、化学的に得られたメタンやメタノールなどの自動車用燃料としての活用まで、利用分野が広がっている。バイオマスの種類は多種あるが、大きく分けると廃棄物系、逆有償の処分義務が伴わない未利用系、エネルギー利用することを目的にした生産系の 3 つに大別できる。

バイオマス資源は大量に存在しているが、分散しているため収集・輸送コストがかかることが課題である。また、そのままでは利用できないため前処理が必要となる。なお、ブラジルなどの海外では、サトウキビからエタノールを生産しガソリンの代わりに燃料として用いており、ヨーロッパや米国では、間伐材からの木質系バイオマスを熱利用あるいは発電利用として取り入れることに力を入れている。

## （4）太陽熱発電・太陽熱利用 【第5章】

人類が最も古くから利用してきた太陽エネルギー利用技術の一つが太陽熱利用である。例えば日本でも、たらいに水をはり、太陽熱で温まった「日向水」を行水などに利用する習慣があった。現在、再生可能エネルギーへの期待の高まりを背景に、太陽熱利用技術の開発が世界的に進められている。米国やスペイン等では、太陽光を反射板等によって集光することで高温集熱し、得られた高温蒸気によりタービンを回転させ発電する太陽熱発電のプラントも建設されているが、日本ではより身近に利用できる太陽集熱器の改良が進んでいる。

## 第1章 再生可能エネルギーの役割

太陽の熱エネルギーを給湯や冷暖房に利用する太陽集熱器は、日本では石油危機後の1980年代には研究開発が盛んに実施され、自然循環型・強制循環型等のソーラーシステムが多く開発された。しかし、その後の円高、原油価格の安定化等を背景として、年々導入量が減少し、現在では最盛期の約2分の1となっている。

一般的な太陽熱を利用した熱供給システムとしては、太陽熱給湯システム、太陽熱暖房システム、太陽熱冷房システムの3つが挙げられる。

### (5) 海洋エネルギー 【第6章】

海洋エネルギーを利用した発電方式には、波力発電、潮流・潮汐・海流発電、海洋温度差発電がある。

#### 1) 波力発電

波力発電は、波のエネルギーを利用した発電システムで、主として、装置内に空気室を設けて海面の上下動により生じる空気の振動流を用いて、空気タービンを回転させる「振動水柱型」、可動物体を介して波力エネルギーを油圧に変換した後、油圧モータ等を用いて発電する「可動物体型」、波を貯水池等に越波させて貯留し、水面と海面との落差を利用して海に排水する際に、導水溝に設置した水車を回し発電する「越波型」の3種類に区分される。また設置形式の観点からは、装置を海面又は海中に浮遊させる浮体式と、沖合又は沿岸に固定設置する固定式とに分けられる。

#### 2) 潮流発電

潮流発電は潮流の運動エネルギーを利用し、一般的には水車により回転エネルギーに変換させて発電する方式である。潮流は月と太陽の引力で生じる周期的な変動である潮汐によって起こる水平方向の流れであり、潮の干満によって規則的に流れるため、発電に利用する場合には予測が可能であり信頼性の高いエネルギー源となる。流速に対する地形の影響が大きく、海峡や水道等流路の幅が狭い地点では流速が速くなる。なお、潮の干満差の位置エネルギーを使った発電は「潮汐力発電」と定義され、潮流発電とは区別される。

#### 3) 潮汐力発電・海流発電

潮流発電と同様に、海水の流れを利用した発電技術として、潮汐力発電と海流発電が挙げられる。潮汐力発電は、潮汐に伴う潮位差を利用してタービンを回して発電する方式で、水力発電の応用である。海流発電は、一般的にエネルギー変換装置として水車を用い、海流の運動エネルギーをタービンの回転を介して電気エネルギーに変換する発電システムである。海流は太陽熱と偏西風等の風により生じる大洋の大循環流であり、地球の自転と地形によりほぼ一定の方向に流れている。流速や流量及び流路は季節等により多少変化はあるが大きくは変わらず、幅100km、水深数百m程度と大規模で安定したエネルギー源である。しかし、流れの速い地点は陸地から数km以上離れており、大水深であるため装置の設置や管理が難しいこと、送電距離が長くなること等、実用化に向けて多くの課題が残されている。

#### 4) 海洋温度差発電

海洋温度差発電 (Ocean Thermal Energy Conversion : OTEC) は、表層の温かい海水 (表層水) と深海の冷たい海水 (深層水) との温度差を利用する発電技術である。

海洋の表層100m程度までの海水には、太陽エネルギーの一部が熱として蓄えられており、低緯度地方ではほぼ年間を通じて26~30℃程度に保たれている。一方、極地方で冷却された海水は

海洋大循環に従って低緯度地方へ移動する。移動に従い、周辺の海水との間に温度差が生じ密度が相対的に大きい極地方からの冷たい海水は深層へと沈み込んでいく。この表層水と深層 600～1,000m に存在する 1～7℃程度の深層水を取水し、温度差を利用して発電する方式である。

### (6) 地熱発電 【第7章】

地熱発電は、地熱貯留層<sup>2</sup>まで生産井と呼ばれる井戸を掘り、熱水や蒸気を汲み出して利用する発電方式で、天候に左右されることなく安定した電力供給が可能である。

実用化されている地熱発電には、地熱貯留層から約 200～350℃の蒸気と熱水を取り出し、気水分離器で分離した後、その蒸気でタービンを回し発電する「フラッシュ方式」と、80～150℃の中高温熱水や蒸気を熱源として水よりも低沸点の媒体を加熱し、蒸発させてタービンを回し発電する「バイナリー方式」がある。また、実験段階にあるものとして、高温岩体発電方式 (HDR : Hot Dry Rock) があり、これに加え地熱資源を活用する一連の技術も包含して地熱井涵養地熱系技術 (Enhanced Geothermal Systems : EGS) とも表現される。

### (7) 中小水力発電 【第8章】

中小水力発電は、水の力を利用して発電する水力発電の中でも中小規模のものである。3万 kW 以下の中小水力発電の導入ポテンシャルは 1,500 万 kW 程度賦存しており、その有効活用が期待される。

水力発電は水の利用面に着目して分類すると、流れ込み式、調整池式、貯水池式および揚水式の4種類の方式に分類される。

我が国では、出力 1,000kW 以下で水路式及びダム式の従属発電（他の水利権を得ている水を利用した発電）である水力発電が「新エネルギー利用等の促進に関する特別措置法」により新エネルギーとして位置づけられており、RPS 法の対象となっている。また、3万 kW 未満の中小水力発電を対象とする「再生可能エネルギーの固定価格買取制度」が平成 24 年 7 月から始まっている。

中小水力発電としての明確な規模の定義はなく、国や機関によってその基準は異なり、1万 kW から 5万 kW の間で中小水力と大規模水力の境界が定義されることが多い。本書では便宜上、出力 3万 kW 以下の水力発電を中小水力発電と定義する。

## 1.2 再生可能エネルギー導入の現状と課題

### 1.2.1 我が国のエネルギー政策

2010 年 6 月に政府が定めた現行のエネルギー基本計画では、2030 年に向けた目標として、①エネルギー自給率及び化石燃料の自主開発比率をそれぞれ倍増させる。これらにより、自主エネルギー比率を約 70%とする、②電源構成に占めるゼロ・エミッション電源（原子力及び再生可能エネルギー由来）の比率を約 70%（2020 年には約 50%以上）とする、③家庭部門のエネルギー

<sup>2</sup> 火山帯の地下数 km～数十 km には「マグマ溜まり」があり、約 1,000℃の高温で周囲の岩石を熱している。地表からの雨水は数十年かけ岩石の割れ目を通して浸透し、マグマ溜まりの熱によって高温、高圧の熱水となり地熱貯留層が形成される。

## 第1章 再生可能エネルギーの役割

消費から発生する CO<sub>2</sub> を半減させる，④産業部門では，世界最高のエネルギー利用効率の維持・強化を図る，⑤我が国に優位性があり，かつ今後も市場拡大が見込まれるエネルギー関連の製品・システムの国際市場において，我が国企業群が最高水準のシェアを維持・獲得する，を掲げ，これらを強力かつ十分に推進することにより，エネルギー起源 CO<sub>2</sub> は，2030 年に 90 年比マイナス 30% 程度もしくはそれ以上の削減が見込まれるとした。同計画では，ゼロ・エミッション電力比率の拡大について，再生可能エネルギーを約 1 割から約 2 割に，原子力を約 3 割から約 5 割へ増加させることが見込まれていたが，原子力発電の新設が困難になった現在，政府はこの基本計画を見直し，新しい観点から計画を作り直すとしている。以下に震災後の動向を記述する。

### (1) エネルギー・環境会議

2011 年 6 月 7 日に国家戦略担当大臣を議長，経済産業大臣と環境大臣兼原発事故の収束及び再発防止担当大臣を副議長とする，エネルギー・環境会議を設置。2012 年 9 月 14 日に開催されたエネルギー・環境会議において，「革新的エネルギー・環境戦略」を決定。同戦略は，省エネルギー・再生可能エネルギーといったグリーンエネルギーを最大限に引き上げることを通じて，原発依存度を減らし，化石燃料依存度を抑制することを基本方針とし，これまでの広く多様な国民的議論を踏まえ，①原発に依存しない社会の一日も早い実現，②グリーンエネルギー革命の実現，③エネルギーの安定供給，の三本柱を掲げた。同月 19 日には，「今後のエネルギー・環境政策について」として，「今後のエネルギー・環境政策については，「革新的エネルギー・環境戦略」(2012 年 9 月 14 日エネルギー・環境会議決定) を踏まえて，関係自治体や国際社会等と責任ある議論を行い，国民の理解を得つつ，柔軟性を持って不断の検証と見直しを行いながら遂行する。」ことを閣議決定した。

### (2) 第 3 回日本経済再生本部における総理指示等

2012 年 12 月 26 日に安倍政権が発足し，2013 年 1 月 25 日に行われた第 3 回日本経済再生本部（本部長：内閣総理大臣）において，「経済産業大臣は，前政権のエネルギー・環境戦略をゼロベースで見直し，エネルギーの安定供給，エネルギーコスト低減の観点も含め，責任あるエネルギー政策を構築すること。」との総理指示があり，同戦略はゼロベースの見直しが行われることとなった。安倍総理は，同年 2 月 28 日の第 183 回通常国会における安倍総理施政方針演説において，「長引くデフレからの早期脱却に加え，エネルギーの安定供給とエネルギーコストの低減に向けて，責任あるエネルギー政策を構築してまいります。東京電力福島第一原発事故の反省に立ち，原子力規制委員会の下で，妥協することなく安全性を高める新たな安全文化を創り上げます。その上で，安全が確認された原発は再稼働します。省エネルギーと再生可能エネルギーの最大限の導入を進め，できる限り原発依存度を低減させていきます。同時に，電力システムの抜本的な改革にも着手します。」との考えを明らかにした。

### (3) 新たなエネルギー基本計画の検討

エネルギー基本計画は，エネルギー政策の基本的な方向性を示すためにエネルギー政策基本法第十二条に基づき，エネルギーの需給に関する基本的な方針や講ずべき施策等を内容とする政府が策定する計画であり，関係行政機関の長の意見を聴くとともに，総合資源エネルギー調査会の



第1章 再生可能エネルギーの役割

意見を聴いて、経済産業大臣が案を作成し、閣議で決定することとなっている。東日本大震災及び東京電力福島第一原子力発電所の事故を踏まえ、新たな計画を策定すべく、2011年10月に総合資源エネルギー調査会総合部会に基本問題委員会が設置され、2012年8月以降の3回を含め計33回開催された。

表 1-1 基本政策分科会委員

三村 明夫 (分科会長)	新日鐵住金(株)取締役相談役
秋元 圭吾	(公財)地球環境産業技術研究機構 システム研究グループリーダー
植田 和弘	京都大学大学院経済学研究科教授
柏木 孝夫	東京工業大学特命教授
橘川 武郎	一橋大学大学院商学研究科教授
崎田 裕子	ジャーナリスト・環境カウンセラー NPO 法人持続可能な社会をつくる元気ネット理事長
辰巳 菊子	(公社)日本消費生活アドバイザー・コンサルタント協会常任顧問
志賀 俊之	日産自動車(株)代表取締役最高執行責任者
寺島 実郎	(財)日本総合研究所理事長
豊田 正和	(財)日本エネルギー経済研究所理事長
中上 英俊	(財)住環境計画研究所代表取締役所長
西川 一誠	福井県知事
増田 寛也	野村総合研究所顧問, 東京大学公共政策大学院客員教授
松村 敏弘	東京大学社会科学研究所教授
山名 元	京都大学原子炉実験所教授

我が国のエネルギー制約と東日本大震災後に顕在化した課題

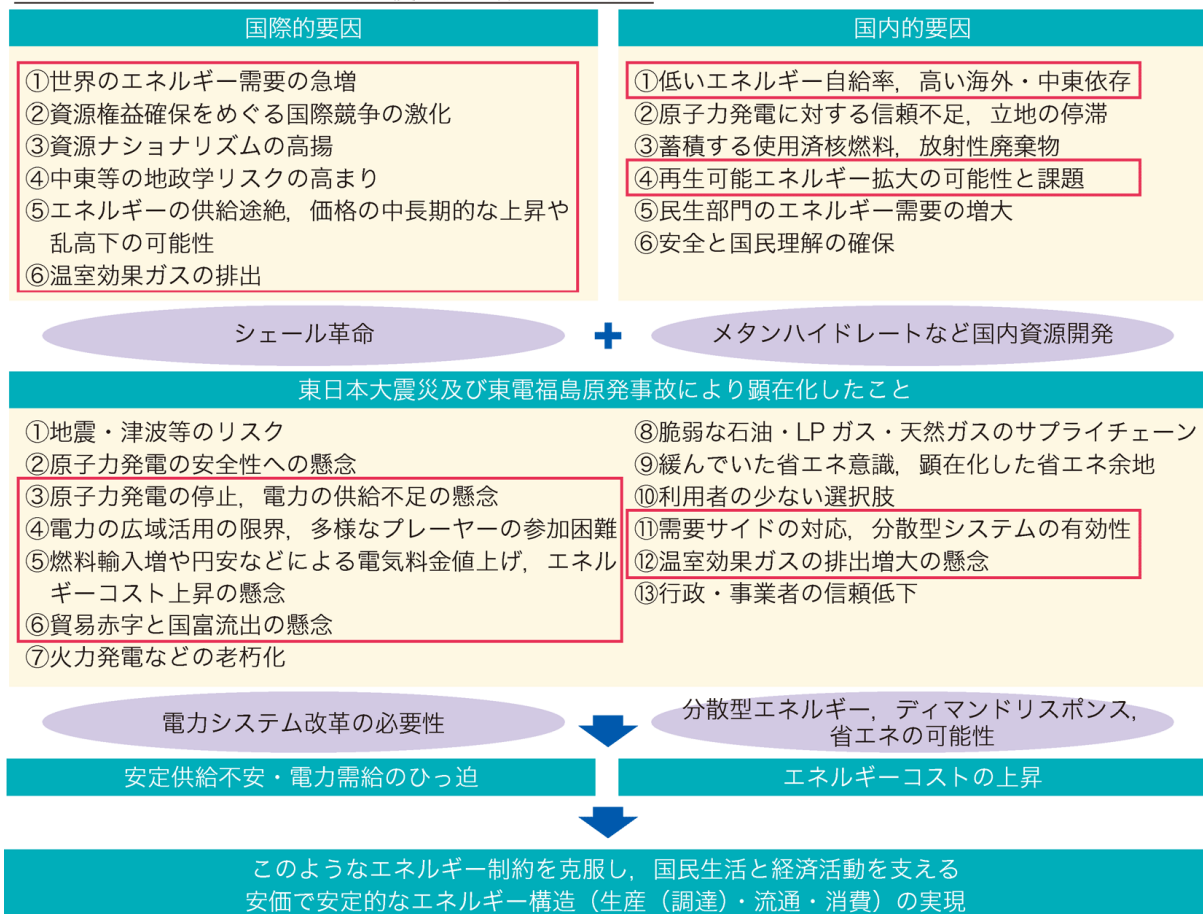


図 1-10 エネルギー基本計画の検討に当たっての背景と論点

出典：資源エネルギー庁 総合資源エネルギー調査会 総合部会、(2013, 資源エネルギー庁) 第3回会合資料より NEDO 作成

## 第1章 再生可能エネルギーの役割

その後、前述の総理指示（2013年1月25日）も踏まえ、エネルギーの安定供給、エネルギーコスト低減の観点も含め、責任あるエネルギー政策を構築するため、エネルギー基本計画の検討の場を格上げし、基本問題委員会の親部会である、総合部会で行うこととなった。

総合資源エネルギー調査会総合部会は、2013年3月15日に第1回部会を開催し、審議会の組織見直しに伴い7月1日から基本政策分科会に名称が変更された。同分科会では、2013年内をめどに15人の委員がエネルギー基本計画についての議論・とりまとめを行っていくこととしている。

同分科会において「再生可能エネルギーの最大限の導入」は重要論点の一つとなっている。再生可能エネルギーの導入促進は、総合部会第3回会合「エネルギー基本計画の検討に当たっての背景と論点」で示された我が国のエネルギー安定供給を脅かす国際的要因、温室効果ガスの排出や我が国の低いエネルギー自給率等の課題解決に資することができる。

### 1.2.2 固定価格買取制度の動向

我が国の再生可能エネルギーの導入拡大施策は、①補助金による支援（1997年～）、②電気事業者に対する再生可能エネルギー由来電気の調達についての義務量の枠付け（RPS制度）による支援（2003年～2012年）から、③電気事業者に、固定価格で購入することを義務づける固定価格買取制度へとシフトしてきた。2009年に開始された余剰電力買取制度では、500kW未満の太陽光発電（主に住宅用）について、電気事業者に、国が定めた調達価格・調達期間での再生可能エネルギー電気の調達を義務づけた。

#### （1）固定価格買取制度の施行

2011年8月26日に第177回通常国会において、再生可能エネルギーの全量固定買取制度となる「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（再生可能エネルギー特措法）」が成立した。これは再生可能エネルギー源（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を、一定の期間・価格で電気事業者が買い取ることを義務付けるもので、2012年7月より開始された。再生可能エネルギー特措法の目的は、再生可能エネルギーの利用を促進することである。また、それによって、国際競争力の強化、産業の振興、地域の活性化、国民経済の健全な発展に寄与することを目的としている。

これにより、再生可能エネルギー発電事業者は、長期にわたって維持される固定価格を前提とした収益モデルを組むことができるようになり、事業に取り組みやすくなった。

本制度は、国が再生可能エネルギーの買取価格を決定し、再生可能エネルギーの発電を行う企業は、発電した電力の全量を国が決めた価格で電力会社買い取ってもらうことができ、電力会社は再生可能エネルギー発電企業からの買い取りに要した費用の全額を、電気料金に上乗せして企業や個人の顧客から徴収できる制度である。当該制度は再生可能エネルギーの発電にかかった費用を全ての電力需要家に薄く広く負担させる仕組みであり、同様の仕組みをドイツが世界に先駆けて実施し、相応の実績を収めたことから、他の国々も次々と施行していった。一方で、先行して導入したドイツなどの事例を見ると、再生可能エネルギーの導入が進むにつれ、需要家の負担が重くなるため、制度運用には導入メリットと国民の受忍限界を考量する必要がある。

第1章 再生可能エネルギーの役割

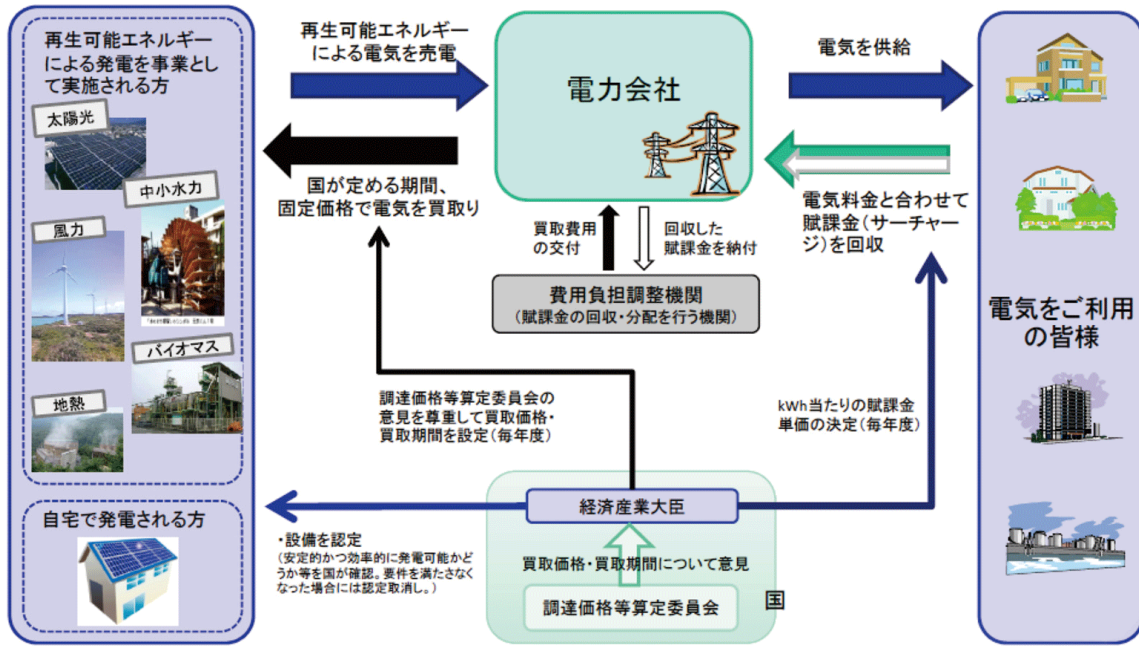


図 1-11 日本における固定価格買取制度の仕組み

出典：資源エネルギー庁ホームページ



図 1-12 買取対象となる再生可能エネルギー

出典：資源エネルギー庁ホームページ

## 第1章 再生可能エネルギーの役割

本制度による普及拡大効果は、その買取価格に大きく依存するといえる。買取価格及び買取期間は、経済産業大臣が毎年度、当該年度の開始前に定める。経済産業大臣は、買取価格及び買取期間を定めようとするときは、調達価格等算定委員会の意見を聴き、その意見を尊重する。なお、経済産業大臣は、買取価格及び買取期間を定めるに当たり、農林水産大臣、国土交通大臣又は環境大臣に協議するとともに、消費者問題担当大臣の意見を聴くこととしている。買取価格・買取期間は、再生可能エネルギー発電設備の区分、設置の形態、規模ごとに定めることになっており、区分等は経済産業省令で定める。

買取価格は「効率的に事業が実施された場合に通常要する費用」と「1 キロワット時当たりの単価を算定するために必要な、1 設備当たりの平均的な発電電力量の見込み」の2点を基礎として算定することとしており、その際、「再生可能エネルギー導入の供給の現状（「我が国における再生可能エネルギー電気の供給の量の状況」※）」、「適正な利潤」、「これまでの事例における費用（法律の施行前から再生可能エネルギー発電設備を用いて電気を供給する者の供給に係る費用）」の3点を勘案することとしている。また、配慮事項として「施行後3年間は利潤に特に配慮」、「賦課金の負担が電気の利用者に対して過重なものとならないこと」の2点が掲げられている。

※法律上、再生可能エネルギーの導入目標や導入見込量に基づいて買取価格を定めることとはなっていない。

太陽光		10kW以上	10kW未満	風力		20kW以上	20kW未満	
調達価格		37.8円	38円	調達価格		23.1円	57.75円	
調達期間		20年間	10年間	調達期間		20年間	20年間	
水力	1,000kW以上 30,000kW未満	200kW以上 1,000kW未満	200kW未満	地熱		15,000 kW以上	15,000 kW未満	
	調達価格	25.2円	30.45円	35.7円	調達価格		27.3円	42円
調達期間		20年間	20年間	20年間	調達期間		15年間	15年間
バイオマス	メタン発酵 ガス化発電	未利用木材 燃焼発電	一般木材等 燃焼発電	廃棄物 燃焼発電	リサイクル 木材燃焼発電			
	調達価格	40.95円	33.6円	25.2円	17.85円	13.65円		
	調達期間	20年間	20年間	20年間	20年間	20年間		

図 1-13 平成 25 年度新規参入者への調達価格・調達期間

出典：資源エネルギー庁ホームページより NEDO 作成

### (2) 固定価格買取制度後の導入状況

我が国においては、2009年11月に施行された余剰電力買取制度や、2012年7月に施行された固定価格買取制度（Feed-in-Tariff）が強力な導入インセンティブとなり、再生可能エネルギーの導入拡大が加速している。水力を除く再生可能エネルギーの導入量は、2013年2月末時点で約16TWh（我が国の総発電電力全体の約1.6%）に達し、2008年から2012年までの年平均伸び率は余剰電力買取制度の効果もあり約13%となった。

また、固定価格買取制度の開始以降1年間（2012年7月～2013年6月）の間で、太陽光発電を中心に設備容量ベースで約15%増（約3.6GW増：うち太陽光発電が3.4GW）となったが、制度認定を受けたもののうち約20GWがまだ未設置であるため、今後これらが順次導入されると予想されている。なお、制度導入前の太陽光発電が5.6GWに到達するのに20年以上かかって

いることを考えると、制度の効果がいかに大きいかがわかる。

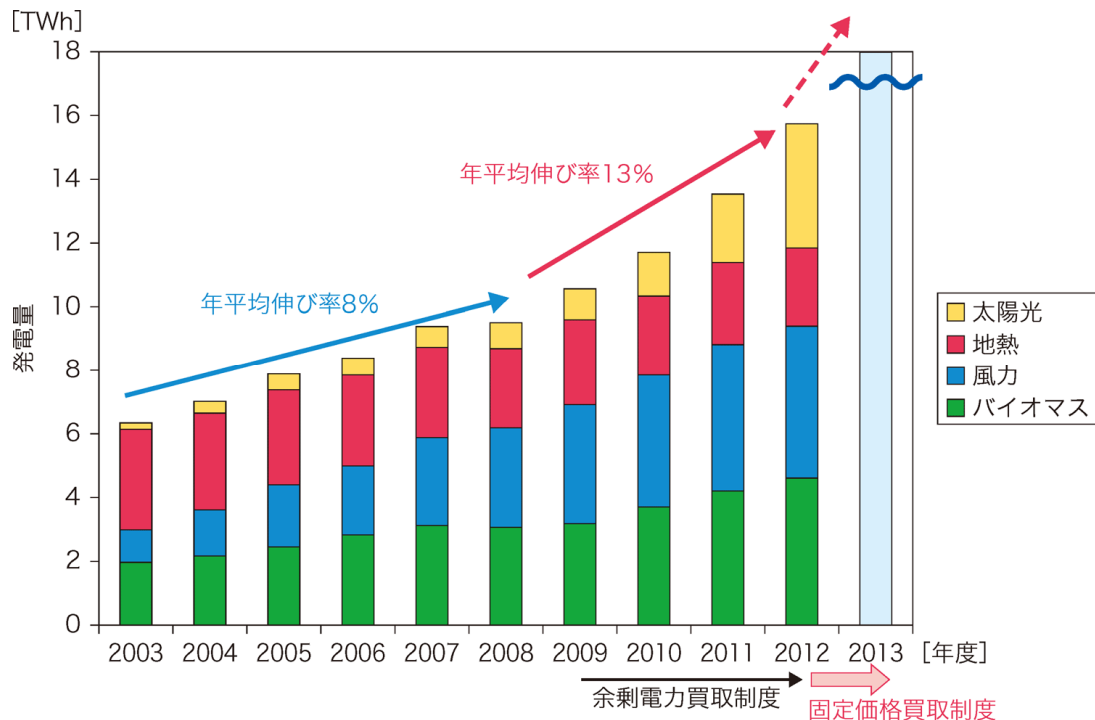


図 1-14 我が国の再生可能エネルギー導入割合の推移

出典：総合資源エネルギー調査会 総合部会，(2013，資源エネルギー庁) 第3回会合資料  
<http://www.enecho.meti.go.jp/info/committee/kihonseisaku/3rd/3rd-1.pdf> より NEDO 作成

表 1-2 再生可能エネルギーの導入実績

	FIT 導入前の設備容量	2013年6月末の設備容量 (FIT 導入後の増分)	FIT 認定済み設備容量
太陽光	5.60	8.98 (3.375)	21.388
風力	2.60	2.66 (0.066)	0.805
中小水力	9.60	9.60 (0.002)	0.079
バイオマス	2.30	2.40 (0.097)	0.639
地熱	0.50	0.50 (0.001)	0.004
合計	20.60	24.14 (3.54)	22.914

出典：再生可能エネルギー発電設備の導入状況について（6月末時点），(2013，資源エネルギー庁)，  
<http://www.meti.go.jp/press/2013/10/20131004003/20131004003-2.pdf> より NEDO 作成

### 1.2.3 再生可能エネルギー導入の課題

再生可能エネルギーは、1.1.3 で前述した通り、エネルギー対策，地球温暖化対策，経済成長の観点から意義が大きく，将来に向けて導入の拡大が求められている。その一方で，コスト水準がこれまでの化石燃料起源のエネルギーと比較するとまだ高いこと，不安定な自然エネルギーを活用することによる供給の不安定性，景観，騒音等の環境影響の点で課題が残されており，今後の

## 第1章 再生可能エネルギーの役割

技術開発，制度設計によりその解決が必要となっている。

### (1) 割高なコスト水準

再生可能エネルギーのうち，太陽光発電やバイオマス発電などの発電コストは火力発電（LNG）と比較すると，2～3 倍程度の水準であり，高いのが欠点である。太陽光発電は天気によって左右され，また昼間しか発電できないために設備利用率が低いのが高コストの原因である。図 1-15 は再生可能エネルギーと火力発電（LNG）の発電コストを比較したものであるが，太陽光発電は 2011 年時点で 33.4～38.3 円/kWh と高いことがわかる。またバイオマス発電は，散在するバイオマス資源の収集・運搬などにコストがかかる点がコスト高の原因となっている。

一方，地熱発電のコストは火力発電と遜色ない水準にあり，また風力発電についても風況の良い場所に設置し，高い設備利用率を確保できれば既存電源と同等レベルになり得る。

再生可能エネルギー普及のためには，技術開発のさらなる推進，市場拡大による量産効果などにより，発電コストを一層低減していくことが求められる。

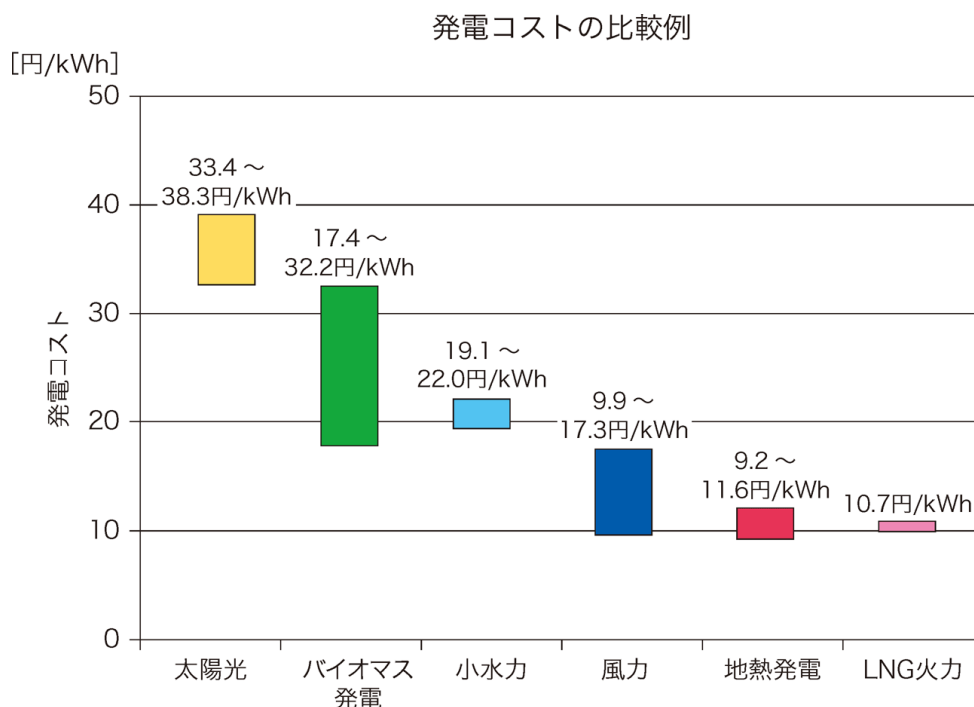


図 1-15 主な発電の発電コスト

出典：「コスト等検証委員会報告書」（2011，エネルギー・環境会議 コスト等検証委員会）より NEDO 作成

### (2) 供給安定性

再生可能エネルギーは電源の中でも，地熱発電，水力発電，バイオマス発電は火力発電と同様に出力が安定的で出力調整も可能な電源であり，系統への影響は特段ないが，太陽光発電や風力発電のような気象条件によって出力が変動する変動電源については，大量に導入された場合にさまざまな系統への影響が指摘されている。

例えば，休日など需要の少ない時期に余剰電力が発生したり（需給ギャップの発生），天候などの影響で出力が大きく変動することで系統の周波数が変動し，電力の安定供給に問題が生じる可

能性がある。そのほかにも、配電系統の電圧上昇、再生可能エネルギーの単独運転や不要解列などの影響出ることが指摘されており、発電出力の制御、蓄電池の設置等の対策を講じる必要がある。

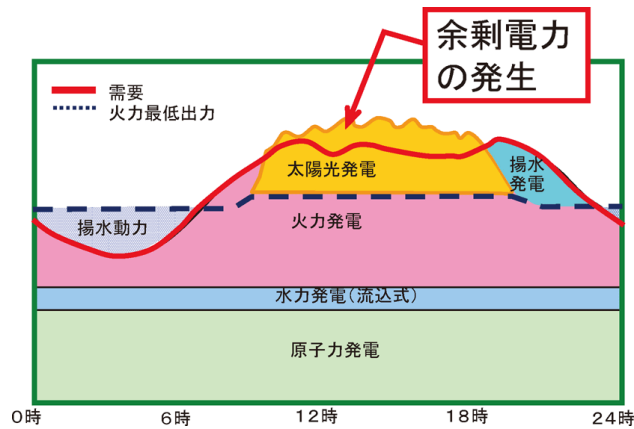


図 1-16 太陽光発電の大量導入時における余剰電力発生イメージ

出典：次世代送配電ネットワーク研究会 報告書（2010、資源エネルギー庁）

既に北海道や東北エリアにおいては、これらの問題が顕在化しつつあり、変動電源の導入拡大には系統対策が必須となっている。このような系統対策技術については、第9章系統サポート技術に詳述する。

### (3) 環境影響

再生可能エネルギーはCO<sub>2</sub>排出量が少なく、地球温暖化対策に貢献することが期待されている。その一方で、地域レベルの環境問題においてはさまざまな課題が浮上している点に留意する必要がある。

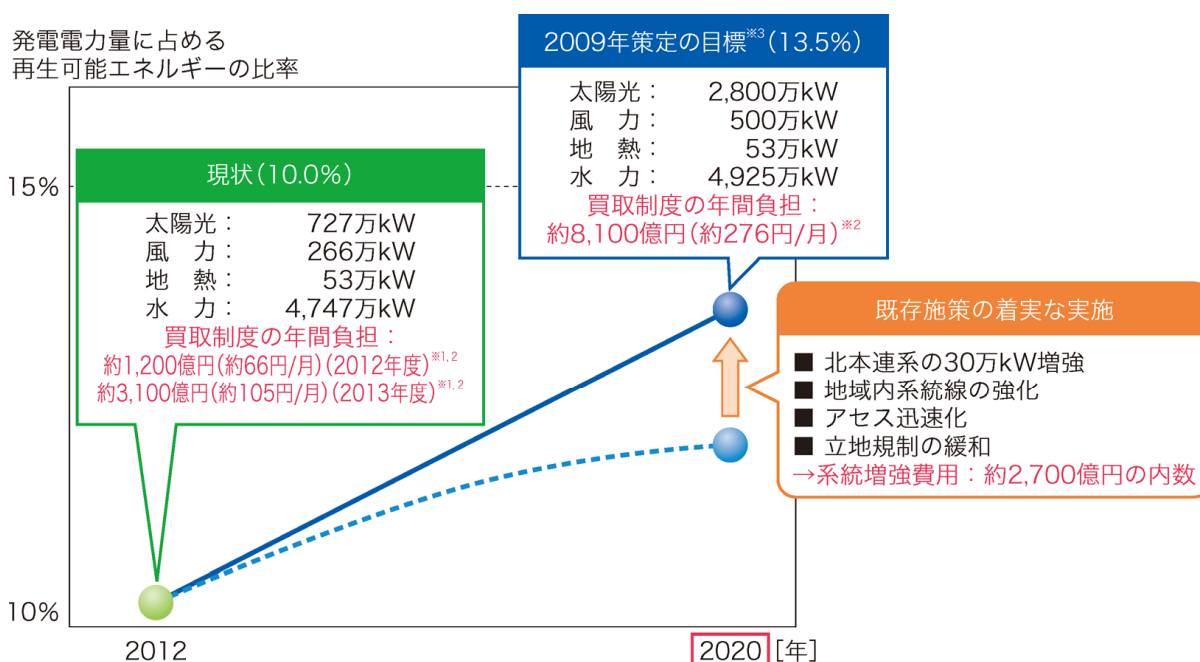
例えば、風力発電では、バードストライク、騒音、振動、景観阻害等の問題が浮上しており、風力発電の導入が進む欧州、米国、日本などにおいて、地域住民や環境団体からの反対運動が起きているのも事実である。既にこれらの問題に対して、技術開発、環境アセスメント、立地面での配慮など諸対策が講じられており、風力発電の健全な導入普及のためにも今後も更なる取り組みが必要である。また、洋上風力発電の導入にあたっては、その地域や海域の状況に応じた総合的な観点から協議を行うと共に、港湾や航行、漁業等の洋上風力発電事業以外の海域利用者と協調した調査及び諸対策が必要である。

また、地熱発電では、地熱資源の賦存する地域の多くが国立公園など規制対象域でプラント開発が困難な地点にある。規制緩和の結果、第2種特別地域及び第3種特別地域の地熱開発において、自然環境、風致景観等への影響が小さなものについては、個別に判断し自然環境の保全や公園利用に支障がないものは認めることとなったが、自然公園内の開発に向けた新たな実例作りが課題となることから、環境に配慮した機器開発等が重要となる。加えて地熱資源の多くが温泉地に近接していることから、周辺の温泉地の温泉資源に影響を及ぼしていないかどうかを確認するために、温泉事業者の協力を得て温泉源泉の湧出量、温度等のモニタリングを実施し、これらのデータを積極的に公開することにより、調査段階から、地域の信頼性と協力を得ることが、地熱発電の開発を円滑に進める上で重要である。

## 第1章 再生可能エネルギーの役割

### 1.2.4 今後の政策課題

固定価格買取制度の導入により、再生可能エネルギーに対する投資回収が安定化したことで、これまで発電事業と関わりの薄かった異業種の参入や、地域金融機関を含め金融機関による再生可能エネルギー分野への投融資が進んでおり、これまでにないほど我が国の再生可能エネルギー市場は活況を呈している。一方で、前述した通り、再生可能エネルギーの導入普及に向けて克服すべき課題は残されている。



※1：2012年度は、制度が始まった2012年7月～2013年3月の9か月間の実績値。2013年度は、同年度の賦課金単価の算定時の見込み値。  
 ※2：( ) は、標準家庭における月当たりの負担に換算した数字  
 ※3：資源エネルギー庁「長期エネルギー需給見通し（再計算）」

図 1-17 今後の導入量と負担の関係に関する推計

出典：総合資源エネルギー調査会 基本政策分科会，(2013，資源エネルギー庁)，第10回会合資料より NEDO 作成

総合資源エネルギー調査会基本政策分科会においては、以下の通り、再生可能エネルギーの普及加速化に向けた主要な課題と対応策が示された。(2013年11月現在)

2009年策定の目標（発電電力量に占める再生可能エネルギー比率が13.5%）に到達するためには、①太陽光が一定の導入ペースを維持し、②風力を中心に着手しつつある施策（北海道及び東北一部の「特定風力集中整備地区」における地域内系統線の強化、環境アセスの迅速化及び立地規制の緩和）が順調に進むことが必要であり、この場合、買取制度による賦課金の負担が2020年断面で約8,100億円/年、系統整備の合計費用が最大で約2,700億円と推計されている。

#### (1) 太陽光発電

太陽光発電は、立地に際して特段の規制がないケースが多いことから、固定価格買取制度を推進力として、今後も普及が進むことが予測される。ただし、系統の受入容量が小さい北海道については、大規模太陽光発電の立地が集中し、受入量の限界に近づきつつあり、局所的に導入が困難となるエリアも発生する可能性がある。



## 第1章 再生可能エネルギーの役割

一方、2000年より固定価格買取制度を開始したドイツでは、2012年以降の政策により、買取価格の引き下げが進み、家庭用電力料金を下回った。これにより、ドイツの年間導入量は2011年をピークとして減少に転じている。我が国でも、量産効果等により年率約1割の水準でシステム単価が下落している。今後ともこのペースでシステム単価の下落が続いた場合、5～6年程度で発電コストが家庭用電力料金を下回ることになる。

メガソーラーの建設コストも、一年間のデータではあるものの、徐々に低下の傾向にある。次世代型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すことが必要である。

※：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)。

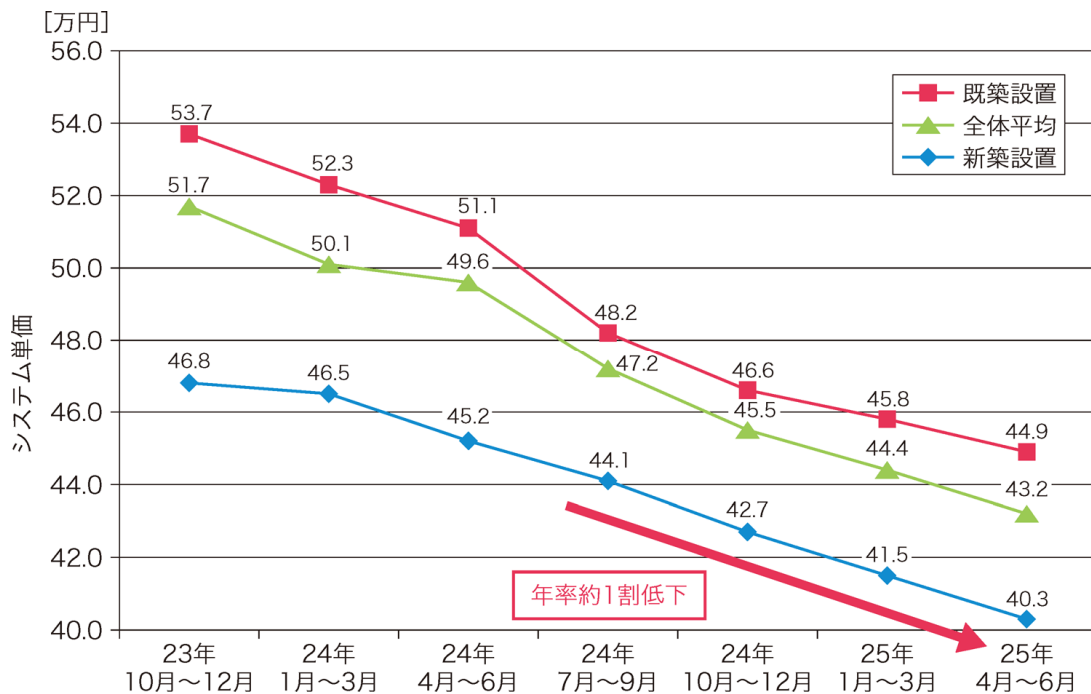


図 1-18 日本における住宅用太陽光のシステム単価の推移

出典：総合資源エネルギー調査会 基本政策分科会，(2013，資源エネルギー庁)，第10回会合資料より NEDO 作成

## (2) 風力発電

### 1) 陸上風力

風力発電は、大規模に開発した場合、そのコストが既に、火力発電、水力発電等と比べて遜色ない水準であるが、経済性を踏まえた導入拡大のためには、適地での大規模開発が不可欠である。

我が国の場合、事業採算性が確実に見込める 6.5m/s を超える地域である風力発電の適地が、北海道(45%)と東北(21%)に集中している。風況が良く、大規模な風車の立地が限られている一方で、こうした地域は人口が少ないため送電網が脆弱であり、送電網整備なくしては風力発電の導入が進まないという現実がある。

そのため、2013年度政府予算案に、風力発電のため地域内の送電網を整備し、実証試験を行う

## 第1章 再生可能エネルギーの役割

ための予算が計上されている。風力最適地でありながら、送電網が脆弱な地域を「特定風力集中整備地区」と特定して、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定目的会社（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した。

加えて、世界で初めて大型蓄電池を電力会社の変電所に設置する大型蓄電池導入実証事業を実施するなど、出力が変動する風力発電や太陽光発電に対する系統の受入能力を高め、地域内系統を安定化させる対策を実施している。

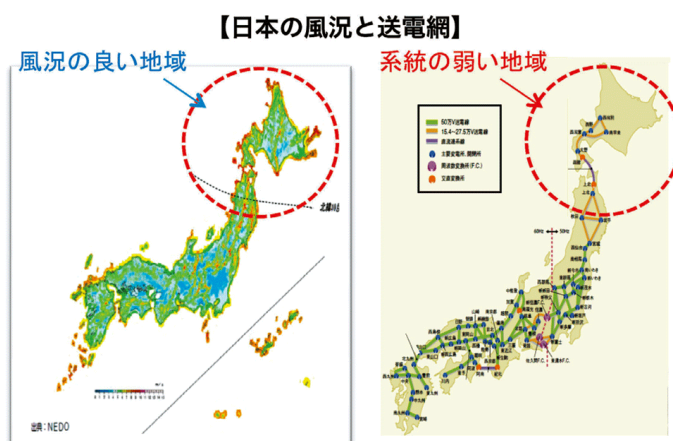


図 1-19 日本の風況と送電網の状況

出典：総合資源エネルギー調査会，（2013，資源エネルギー庁）基本政策分科会第10回会合資料

また、特にポテンシャルが大きい北海道・東北地域については、北海道本州間連系設備（北本連系）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、導入量の拡大が可能となる。なお、出力が変動する風力発電であっても、送電網を増強し、東京電力、中部電力、関西電力が物理的に有している調整力を活用すれば、十分に導入拡大の余地がある。

2011年度時点で既に東北・北海道で応募受付、系統連系申込みのある5.9GWの風力等を導入するためには、9,000億円程度の広域連系分を含む、1兆1,700億円程度の送電インフラ投資が必要との試算がある。さらに、10GWを上回る規模で風力発電設備の受入を可能とするためには、系統運用の広域化、広域連系インフラへの追加投資等に取り組むことが必要である。

また、送電線の新設には、前述の通り莫大なコスト（架空送電線の単価は電圧、亘長などにより大きく変わるが、220～500kVの場合の中央値で5～8億円/km程度必要）がかかるとともに、用地交渉なども含めたリードタイムは理想的なケースで7～8年、地権者との交渉が進まない場合などでは10年を大幅に超えるケースもある。

表 1-3 北海道・東北地域に風力発電等を追加導入するための系統増強概算費用

追加連系量	北海道 (風力+メガソーラー)	東北 (風力)	北海道+東北計
	270万kW	320万kW	590万kW
地内送電網増強	2,000億円程度	700億円程度	2,700億円程度
地域間連携線増強等	5,000億円程度	3,300億円+700億円程度	9,000億円程度
概算工事費計	7,000億円程度	4,700億円程度	1兆円1,700億円程度 [10円/kWh程度]

注：kWh単価は、設備利用率を風力発電20%、太陽光発電12%、送変電設備年経費率8%として、以下のとおり試算。

1. 年間発電電力量：(500万kW×20%+90万kW×12%)×8760時間=97億kWh。

2. 年経費：1兆1700億円×8%=936億円。

3. kWh単価：936億円÷97億kWh=10円/kWh程度。なお、我が国の平成21年度の総発電量は約9070億kWhであり、全体で負担する場合は0.1円/kWh程度となる。

出典：地域間連系線等の強化に関するマスタープラン研究会 中間報告書(2012/4)よりNEDO作成

表 1-4 一般電気事業者の風力発電の連系可能量と既連系量

	連系可能量 [万kW]	既連系量 [万kW]
北海道	56	28.9
東北	200	54.2
東京	連系可能量設定無し	37.1
中部	連系可能量設定無し	22.4
北陸	45	14.6
関西	連系可能量設定無し	7.8
中国	100	29.9
四国	45	16.6
九州	100	36.1
沖縄	2.5	1.4
合計	548.5～	249

注：地域間連系線の活用や蓄電池等の活用枠を含む。

注：既連系量には、本系統と連系していない離島に連系しているものや出力一定制御など連系可能量の枠外として扱っている風力発電、未着工、工事中の風力発電は含まない。

今後、再生可能エネルギーを大量導入するためには送電線の新設は必須となるが、社会コストのミニマム化の観点から、再生可能エネルギー電源側での出力調整によって現状の設備容量の範囲内で連系拡大することも検討していく必要があると考えられる。

また、現状では環境アセスメント手続に3～4年程度を要しているため、この手続期間の半減を目指して、経済産業省と環境省が具体的な対応方策を検討中である。

## 2) 洋上風力

洋上風力の導入は、陸上風力のポテンシャルが限定的な我が国において、再生可能エネルギーの導入拡大を図る上で不可欠といえる。現在は、海底基礎工事や構造設計など検証すべき課題もあり、政府による実証事業を行っている段階である。

着床式洋上風力発電は、現在、NEDOが銚子沖と北九州沖の二か所で実証事業を実施しており、設置工法、気象条件、立地条件他、必要なデータを取得中である。また、民間での事業化計画も、徐々に動き出している分野である。

## 第1章 再生可能エネルギーの役割



図 1-20 政府による洋上風力発電実証事業の状況

出典：第12回調達価格等算定委員会資料（2014，資源エネルギー庁）

### (3) バイオマスエネルギー

バイオマス資源は、一般的に広域に分散して賦存しており、その収集・運搬が課題となっている。実際、道路網が十分に整備されていない、地域での合意形成ができていないなど、バイオマス資源である木材を安定的に供給するための体制が整っていないケースが見受けられる。そのため、2012年度政府補正予算等に、路網整備、地域協議会への支援、相談・サポート体制の整備等を行うための予算を計上している。

### (4) 地熱発電

我が国の場合、地熱発電の適地が、北海道・東北・九州に集中している。系統制約が解消されれば、2030年時点で1.65GWを十分に越える事業可能性の見込めるポテンシャルが残されている状況である。さらに、我が国が世界第3位の資源量（20GW超）を誇ることも着目すべき点である。

地熱発電は、出力が安定的で、既存のLNG火力発電に匹敵するほど発電コストも安い。ほぼ定格出力で常時運転するベース電源として全国10ヵ所以上で活躍している。再生可能エネルギーの中では、水力と並んで重要な供給力として位置付けられている。

しかしながら、地熱開発に当たっては温泉事業者など地元の理解が得られないケースもあるため、地元と共生した持続可能な開発をいかに進めるかが重要なポイントとなる。2013年度政府予算案では、地熱開発を促進するため、地域の地熱利用（熱水を活用したハウス栽培など）等を通じ、地域との共生を図るための予算を計上している。また、地熱発電は、風力発電と同様に、環境アセスメント手続に現状では3～4年程度を要することから、この手続期間の半減を目指して、経済産業省と環境省とで具体的な方策を検討中である。

### (5) 中小水力発電

中小水力発電では、水利使用の許可取得手続等に時間を要するケースがあるため、水利使用手続の簡素化・円滑化に向け、資源エネルギー庁は、関連する法案を今後国会に提出する予定である。

以上の通り、分野毎に普及に向けた政策課題を抱えているものの、表 1-5 に示すように再生可

第1章 再生可能エネルギーの役割

再生可能エネルギー毎のコストや出力安定性を考慮しつつ、系統対等、費用なども含めて社会コストのミニマム化の観点から再生可能エネルギーの導入拡大を進めていく必要がある。

表 1-5 再生可能エネルギー電源比較

	太陽光	風力	バイオマス	地熱	水力	
					中小水力	一般
出力特性	不安定		安定			
	※気象により変動	※気象により変動	※安定集積が必要	—	—	—
キロワット時当たりのコスト	33.4-38.3	9.9-17.3	17.4-32.2	9.2-11.6	19.1-22.0	10.6
立地特性	大規模化には大面積の設置場所確保が必要	適地が北海道、東北に集中、環境影響への配慮が必要	大規模化には広域収集が必要	適地が国立公園内や温泉地に近接するため配慮が必要	水利権の行政手続き有	新規建設可能地は限定的
設備利用率	12%	20%	80%	70%	60%	45%
	南向き	設置場所により大きく変動	品質の安定及び安定集積が必要	—	—	—

出典：「コスト等検証委員会報告書」（2011，エネルギー・環境会議 コスト等検証委員会）などより NEDO 作成

1.3 再生可能エネルギーの国際動向

1.3.1 世界の市場動向

我が国のみならず、世界においても再生可能エネルギーの導入及びその投資総額は加速して増加しており、2004 年度から 2011 年度までの間に約 6 倍の伸びを示している。増加を続けてきた総投資額は、主要各国の政策の不確実性、金銭的インセンティブの修正、太陽光発電産業の変革、米国におけるガスとの競争などにより、2011～2012 年度にかけて減少（11%減）した（図 1-21）。

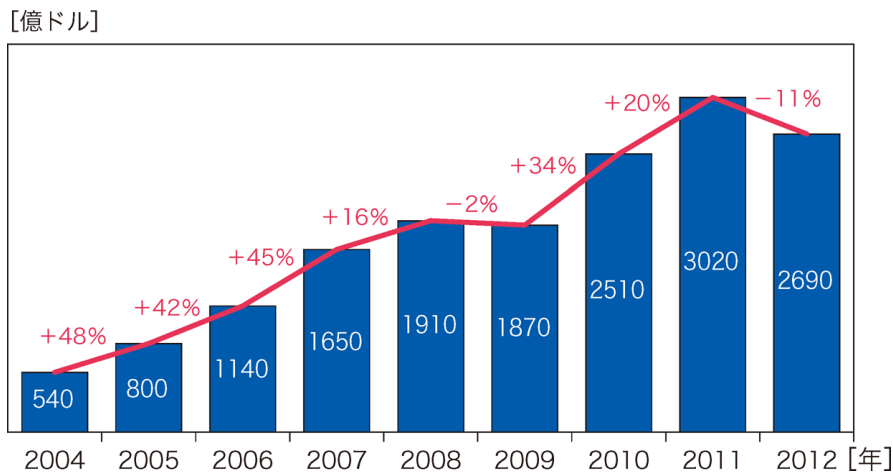


図 1-21 世界における再生可能エネルギーへの投資額の推移

出典：BLOOMBERG NEW ENERGY FINANCE SUMMIT KEYNOTE (2013, Bloomberg)

しかしながら、地域別に見ると大規模な投資は増えている。例えば、中東、アフリカ地域で投資が活発化している（図 1-22）。特徴的な地域として、最も増加したのは南アフリカ（2 万%増）、日本が 75%増となっている（図 1-23）。

第1章 再生可能エネルギーの役割

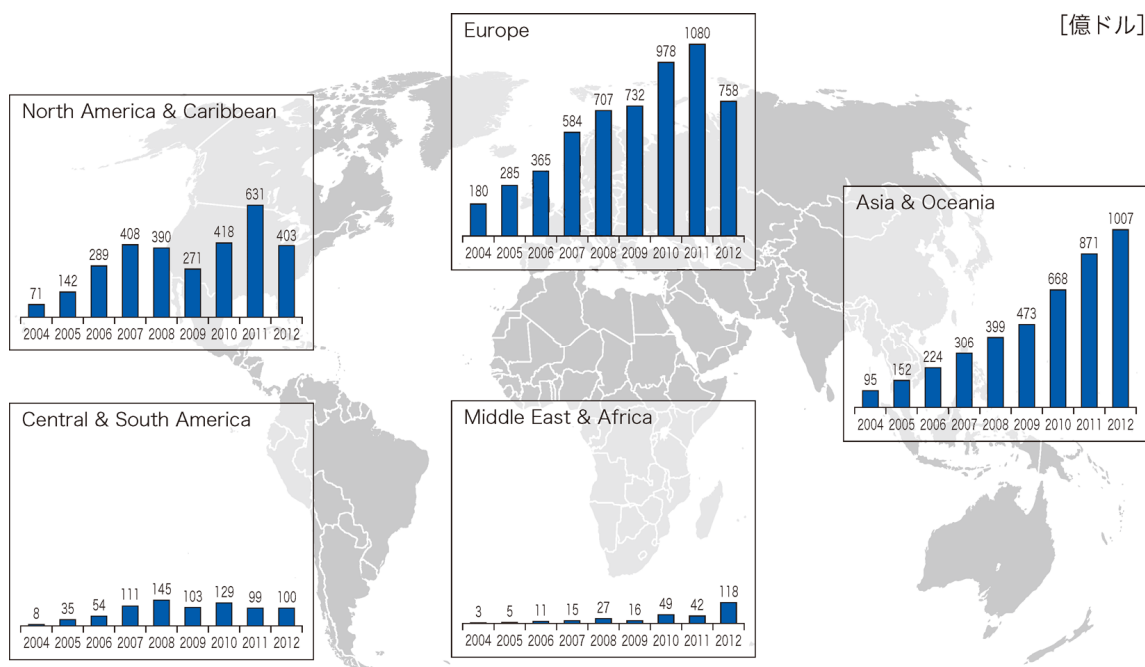


図 1-22 各地域における再生可能エネルギーへの新規投資額の推移

出典：BLOOMBERG NEW ENERGY FINANCE SUMMIT KEYNOTE (2013, Bloomberg)

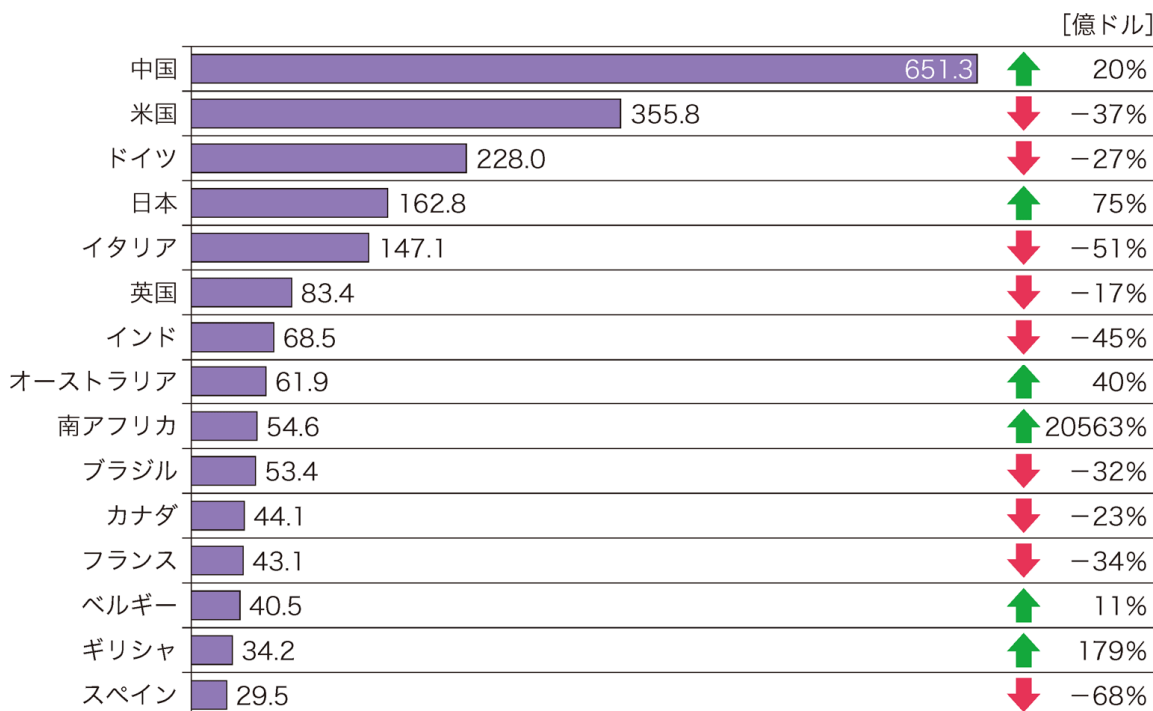


図 1-23 再生可能エネルギーへの新規投資額 TOP15 (2011-2012)

出典：BLOOMBERG NEW ENERGY FINANCE SUMMIT KEYNOTE (2013, Bloomberg)

1.3.2 世界の導入実績と今後の見込み

世界の総発電量に占める再生可能エネルギーの割合は、2006年の18.6%（3531TWh：水力以外409TWh）から2011年には20.2%（4492TWh：水力以外925TWh）に成長した。世界の再生可能エネルギーは、引き続き最も急速に成長する電源として拡大を続ける見込みである（図 1-24）。

太陽光発電や風力発電を中心とした再生可能エネルギー（水力・地熱・バイオマス除く）いわ

第1章 再生可能エネルギーの役割

ゆる変動電源の電源構成（発電量ベース）に占める割合は、2011年時点で、ドイツで11.8%、スペインで17.7%、英国で4.3%、米国で3.0%であった（図1-25）。我が国の再生可能エネルギー導入状況（水力・地熱・バイオマス除く）は、2011年時点で0.9%と他国に比して未だ低水準であるといえる。ただし、再生可能エネルギー全体で見れば日本は12.7%と必ずしも低い比率ではない。日本は山岳地帯が多く、水力発電が多いためである。

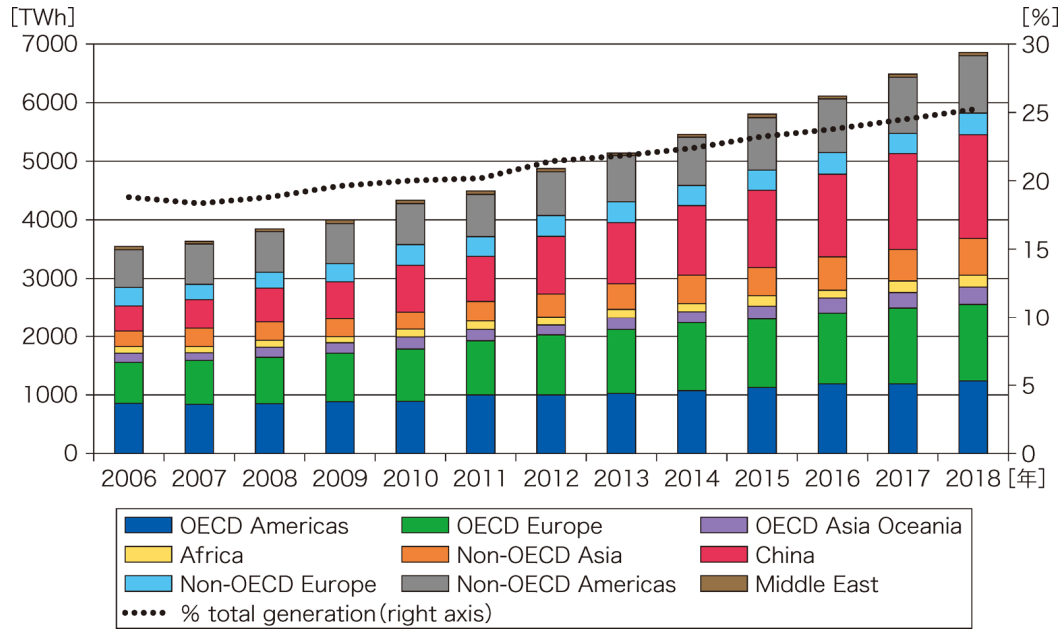
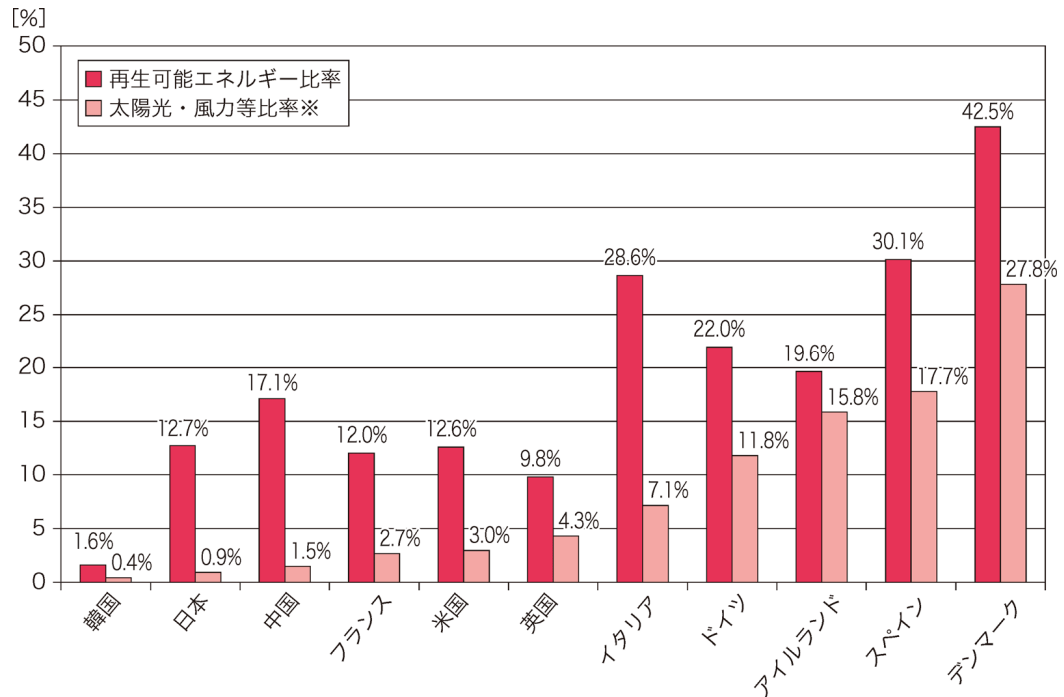


図1-24 世界の再生可能エネルギー電源導入割合（エリア別）

出典：Medium-Term Renewable Energy Market Report 2013（2013, IEA）より NEDO 作成



※海洋等その他エネルギーを含む

図1-25 主要国の電源構成（発電量ベース）に占める再生可能エネルギー比率（2011年）

出典：Electricity information 2013（2013, IEA）及び World Energy Outlook2013（2013, IEA）より NEDO 作成

## 第1章 再生可能エネルギーの役割

### (1) 世界の導入見込み

IEAによる世界の再生可能エネルギーの導入量予測を図1-26に示す。風力発電、太陽光発電、バイオマスエネルギー、太陽熱発電、地熱発電、海洋エネルギーの順に導入量は多くなる予測となっている。

現在および将来において、再生可能エネルギーの中で最も導入量が大きくなると予測されているのが、風力発電である。2011年現在では238GWであるが、これが2020年には約2.5倍の612GW、2035年には約4.7倍の1,130GWに達する見込みである。洋上風力発電など、その潜在ポテンシャルはまだ多く残されている。

これに続くのは太陽光発電である。2011年には69GWであったものが、2035年には10倍の690GWの導入量予測となっている。

バイオマス、太陽熱、地熱についても、将来に向けて着実に導入量が増加していき、海洋については概ね2025年以降に導入量が伸びていく予測となっている。

日本、米国、中国、EUにおける再生可能エネルギーの将来導入量予測を図1-27～図1-30に示す。

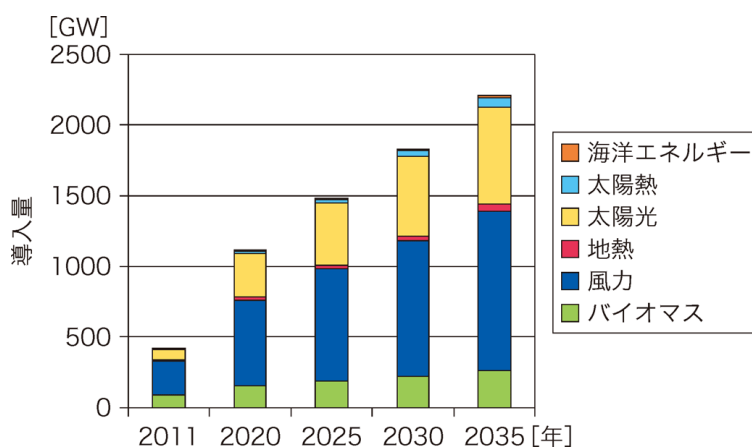


図1-26 世界の再生可能エネルギーの累積導入量予測

出典：“World Energy Outlook 2013” New Policies Scenario (2013, IEA) より NEDO 作成

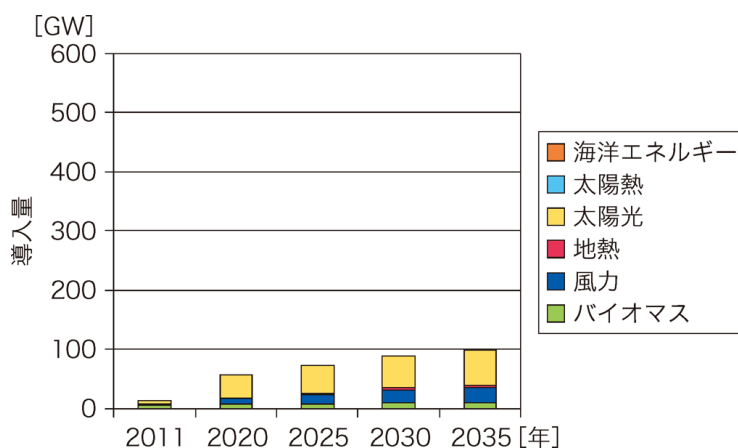


図1-27 日本の再生可能エネルギーの累積導入量予測

出典：“World Energy Outlook 2013” New Policies Scenario (2013, IEA) より NEDO 作成



第1章 再生可能エネルギーの役割

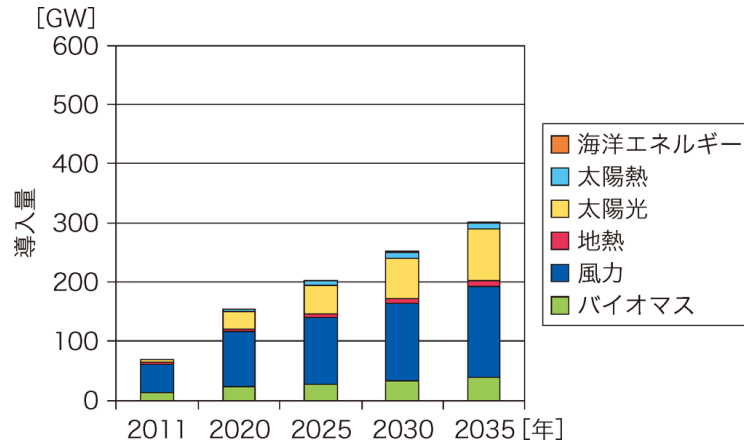


図 1-28 米国の再生可能エネルギーの累積導入量予測

出典：“World Energy Outlook 2013” New Policies Scenario (2013, IEA) より NEDO 作成

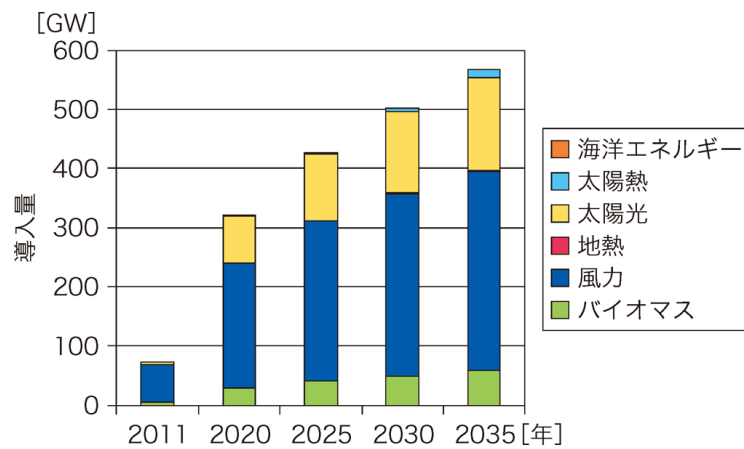


図 1-29 中国の再生可能エネルギーの累積導入量予測

出典：“World Energy Outlook 2013” New Policies Scenario (2013, IEA) より NEDO 作成

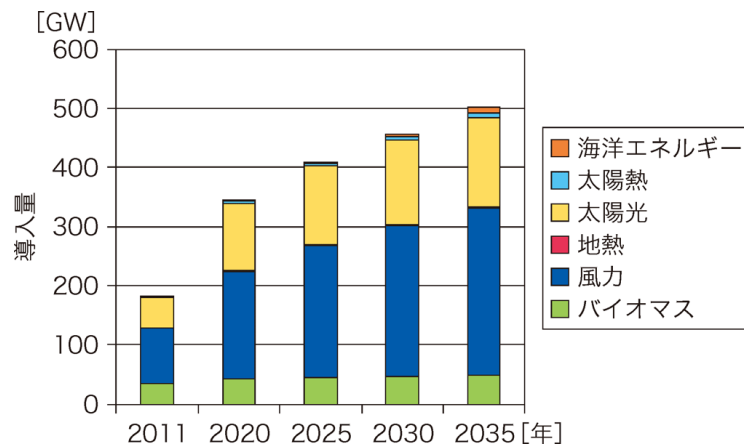


図 1-30 EUの再生可能エネルギーの累積導入量予測

出典：“World Energy Outlook 2013” New Policies Scenario (2013, IEA) より NEDO 作成

## 第1章 再生可能エネルギーの役割

米国は風力発電の導入量が大きく、将来に向けて着実に伸びていく見込みである。また、米国は地熱発電の導入量が世界トップである点が着目される。

新興国の代表である中国では、風力発電の大幅な導入拡大が見込まれており、その累積導入量は2020年に210GW、2035年に337GWと拡大し、EUや米国をしのぎ世界トップの導入量に達するものと予測されている。中国政府が主導する導入促進に向けての技術開発、産業育成、電力ネットワーク整備などの諸政策が功を奏すると考えられる。その他では、太陽光が2020年以降に大きく増加していく点、バイオマスが着実に増加していく点が注目される。

EUは再生可能エネルギー導入の先進的な地域であり、技術開発、および固定価格買取制度をはじめとする導入推進政策のいずれも充実しており、太陽光、風力、バイオマス、海洋については世界でトップクラスの導入量になると予測されている。

### (2) 各国の導入目標

#### 1) 米国

オバマ大統領が掲げる「New energy for America」計画では、再生可能エネルギー由来の電力量割合を2012年に12%、2025年までに25%とする目標を発表している。そのために、税控除の枠組みや、10GWの公有地における再生可能エネルギー開発のコミットメントなどを通じ、再生可能エネルギーのプロジェクトを支援するとしている。また、29の州政府とワシントンDC政府で、電力部門におけるRPS制度を策定している。

#### 2) 中国

「再生可能エネルギー発展第11次5ヵ年計画（2008年）」で、2020年までに一次エネルギー需要に占める割合を15%に引き上げる目標を設定。「第12次5ヵ年計画」において、2015年までに非化石エネルギーを標準炭換算4.8億トンを開発する目標を設定し、再生可能エネルギー発電設備容量を160GW（風力70GW、従来型水力60GW、太陽光20GWなど）追加する。

#### 3) EU

2020年までにEU区域内最終エネルギー消費（電力、熱、運輸部門）に占める再生可能エネルギーの割合を20%まで引き上げる「再生可能エネルギー指令」を2007年に採択。2009年の「再生可能エネルギー導入促進に関する欧州指令」で目標達成のための国別目標値を設定。バイオ燃料に関しても同様に、域内運輸燃料に占める割合を10%まで引き上げる目標を設定した。

### (3) 海外における普及課題

他の地域に先んじて、再生可能エネルギーの導入普及に注力してきた欧州では、再生可能エネルギー電源を域内のエネルギー自給率の向上と低炭素社会実現の主要な施策と位置づけ、将来的にも引き続き導入拡大を目指している。

しかし、固定価格買取制度を導入した国々では、賦課金の上昇で電力料金も上昇しており、コスト負担の問題が顕在化しつつある。

また、再生可能エネルギー電源の出力変動への対応は、一般的に地域間の出力変動や気象変動の不等時性により一定の平滑化効果が期待できる一方、導入量が拡大するにつれ、連系統の潮流予測が難しくなるなど、系統運用上の問題も発生している。

欧州では、地理的要因や各国における電源構成の違いから、北欧の揚水発電をはじめとして、

調整電源を保有する地域と広域連系することによって、調整力を確保できるため、広域連系に向けた送電線整備の動きが盛んになっている（図 1-31）。

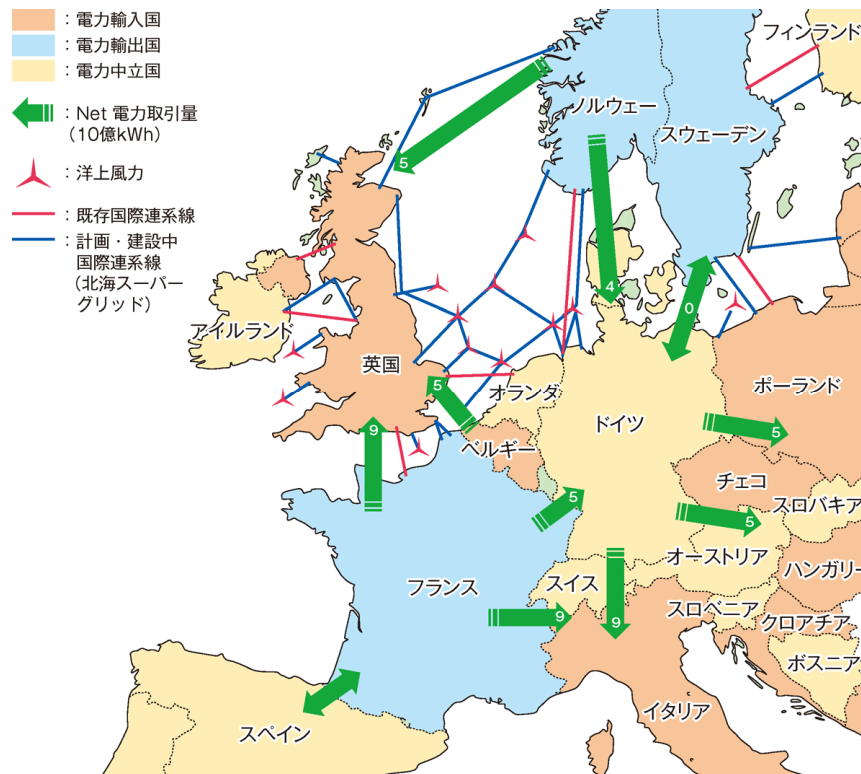


図 1-31 欧州の送電線整備計画（～2020年）

出典：総合資源エネルギー調査会 基本政策分科会，（2013，資源エネルギー庁）第10回会合資料より NEDO 作成

## 1) ドイツ

我が国より先行して固定価格買取制度を導入したドイツは、1991年に買取制度を導入し、2000年に固定価格化した。2004年に太陽光発電等の買取価格の引き上げを実施したことにより、再生可能エネルギーの導入拡大が本格化した。同年には、大規模需要家への負担軽減措置を導入し、2012年には減免措置の適用対象の拡大を実施している。

しかし、ドイツにおける賦課金単価は2013年10月現在6.24ユーロセント/kWhまで上昇している。これは、標準家庭（月300kWhを使用）あたり、約2,400円/月、約29,000円/年と高額な負担となっており、ドイツ国内でも問題となっている（図 1-32）。（日本の場合は2013年度で120円/月、1,440円/年の負担）

ドイツの賦課金は2009年以降上昇幅が大きくなっているが、その背景としては①買取単価の高い太陽光発電の導入拡大、②大規模需要家を対象とした費用負担免除によるその他需要家のサーチャージ増額などが指摘されている。

また、ドイツでは、前述の欧州統一市場化の流れとあわせて、周波数は広域連系でその変動を吸収する反面、送電線の混雑（過負荷）の問題は深刻さを増している。

例えば、風力発電ポテンシャルが北部に偏在しているため、大量の風力発電が既に導入されている一方で、南部の大需要地に向かう送電容量が不足しており、北部の一部地域では風力発電の発電制限が行われている。そこで、図 1-33 に示すような超高压直流送電線などの新增設が計画さ

## 第1章 再生可能エネルギーの役割

れているが、景観破壊、電磁波の健康影響などの理由による地元住民の反対などから順調には進んでいない。今後、北海やバルト海における洋上風力の拡大が見込まれており、ドイツにおける送電ネットワークの整備は喫緊の課題となっている。

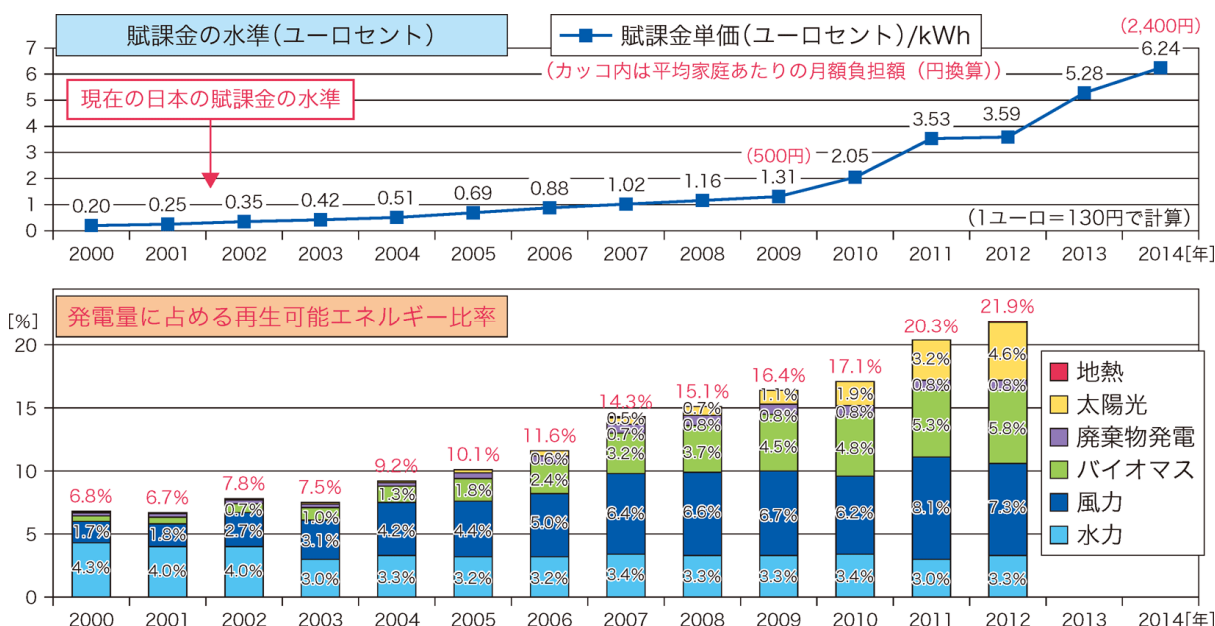


図 1-32 デイツの再生可能エネルギー比率と賦課金単価の推移

出典：総合資源エネルギー調査会 基本政策分科会，(2013，資源エネルギー庁)，第10回会合資料より NEDO 作成

表 1-6 日本とドイツの標準家庭における負担水準

	日本		ドイツ
	2012 年度	2013 年度	2013 年
標準家庭の電気料金 [円]	7,000 程度		10,209 (83 ユーロ / 月)
賦課金単価 [円 / kWh]	0.29	0.40	649.4 (5.28 ユーロ / kWh)
標準家庭の負担水準 (300 kWh / 月) [円 / 月]	87	120	1,943 (15.8 ユーロ / 月)

注：金額は、全国平均。1 ユーロ 123 円で換算。

資源エネルギー庁：平成 25 年度調達価格検討用基礎資料

ドイツの値はエネルギー白書

出典：総合資源エネルギー調査会 基本政策分科会，(2013，資源エネルギー庁)，第10回会合資料より NEDO 作成

## 2) スペイン

スペインは、1994年に固定価格買取制度を導入した。2007年の大型の太陽光発電の買取価格引き上げにより、太陽光発電の導入量が急拡大したが、2008年に買取価格を引き下げ、2009年に年間上限率を設定した。さらに2011年の政権交代により、固定価格買取制度に基づく新規買取の凍結を2012年に決定した。これは、スペインの経済危機により、政府が固定価格買取制度の費用負担額の電気料金への転嫁を認めず、多額の未回収金が発生し、制度維持ができなくなったためである。

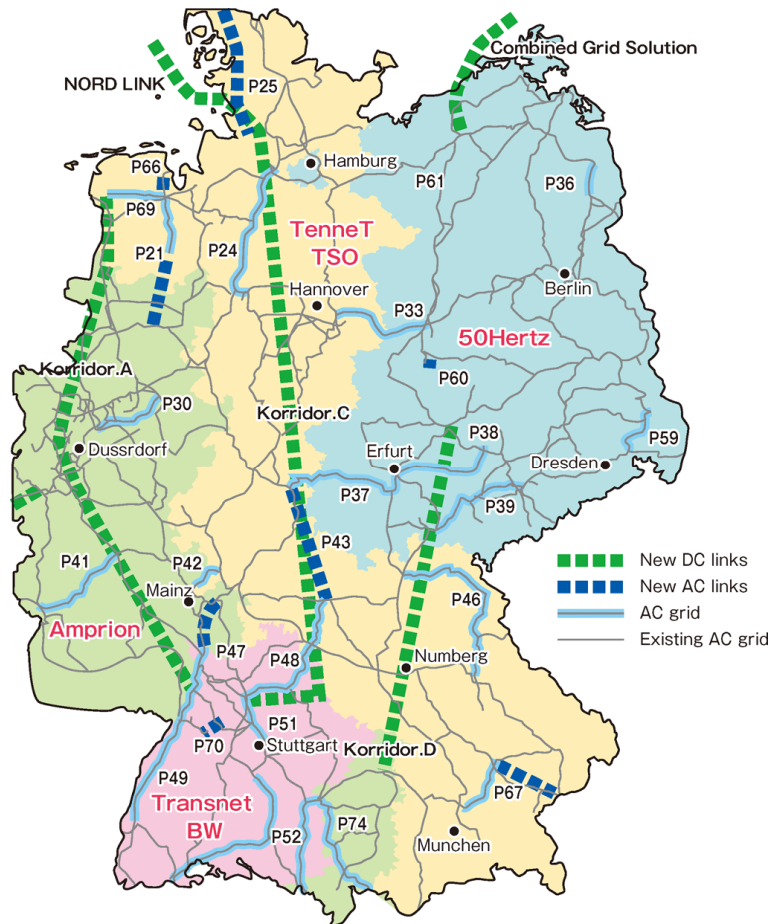


図 1-33 ドイツにおける送電線の新増設計画

出典：Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahn 資料より NEDO 作成

### 3) 再生可能エネルギー導入先行国の共通課題

太陽光発電や風力発電の導入が先行するドイツやスペインなどでは、再生可能エネルギー電源の導入拡大が急速に進展したことで、既存の火力発電所の稼働率低下を招き、事業採算性が見込めなくなったことにより、火力発電所廃止の動きが出ている。しかしながら、太陽光発電や風力発電のような変動電源には、その出力変動を補償するために出力調整可能な在来型電源が必須である。そこで各国では一定の火力発電容量の維持を義務づけ、発電しなくても事業者報酬を払う制度を導入し始めている。

このような状況も踏まえ、欧州のスマートグリッドは、小規模分散型の再生可能エネルギーを地産地消する方向に向かうと考えられ、ドイツなどは政策的にその方向に舵を切りつつある。また、変動電源はその出力変動特性から導入比率には限界があることもあり、特にデンマークやスペインなどの導入上位国においては、今後、変動電源の導入は徐々に鈍化していくものと考えられる。

## 第1章 再生可能エネルギーの役割

### 1.4 今後に向けた課題と克服方策

固定価格買取制度の開始以降、再生可能エネルギーの大量導入が現実のものとなり、立地制約や系統制約など新たな問題が顕在化している。国内・国際市場のさらなる拡大や中国企業等の参入による競争の激化といった環境変化も踏まえながら、これらの課題をどのように解決していくかが、政府目標に掲げられる最大限の再生可能エネルギーの導入を実現するための重要な鍵となる。ここでは、今後に向けた課題と克服方策を説明する。

#### 1.4.1 今後に向けた課題

##### (1) 大量導入に伴い顕在化してきた課題

2009年時点では未来の目標であった2020年の太陽光発電の導入量14GWは、固定価格買取制度等の導入促進策によって約5年前倒しで実現しつつある。再生可能エネルギーを将来に向けて導入拡大していくためには、低コスト化、信頼性向上、立地制約の解消、系統安定化対策などさまざまな課題を確実に克服していく必要がある。

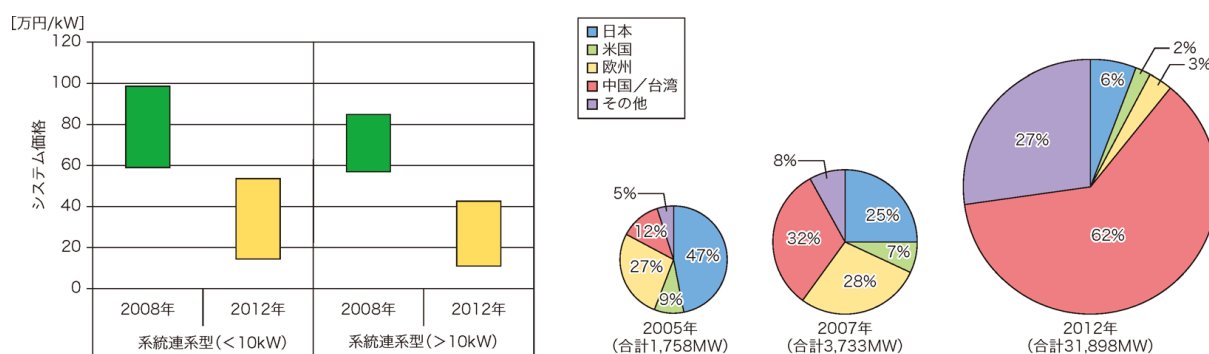


図 1-34 太陽光発電のシステム価格低減と企業シェアの変化

出典：第2章参照

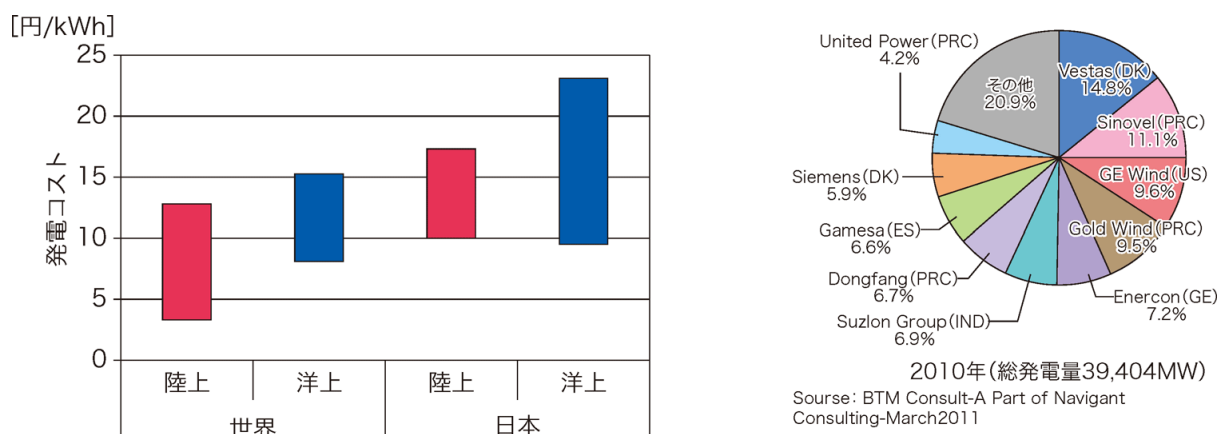


図 1-35 風力発電の海外コスト比較と企業シェア

出典：第3章参照

## (2) 急拡大した市場と競争の激化

再生可能エネルギーは国内のみならず国際市場においても急拡大を続ける一方、中国企業等の参入によるコモディティ化が進展してコスト競争が激化している。このような中、我が国企業の競争力をどのように維持するかが大量導入の実現とともに難しい課題となっている。

また、エネルギーセキュリティ (Energy Security)、環境制約 (Environment)、経済成長 (Economics)、安全・安心 (Safety) といったいわゆる 3E+S を同時達成するエネルギーシステムを構築するためには、エネルギー技術におけるさらなるイノベーションの進展も重要になる。そのためには、エネルギーシステムにパラダイム・シフトをもたらすような革新的なエネルギー技術の開発を進める必要がある。そのような技術開発の取り組みは、我が国の再生可能エネルギー、新エネルギー技術の産業競争力を強化する上でも重要であり、さらにその基盤となる人材育成にもつながることから継続的な活動が必要である。また、再生可能エネルギー関連の技術開発には、さまざまな技術のインテグレーションや導入時における効果的なシステム構築が求められることから、これらに精通する人材の育成も課題である。

## (3) 環境アセスメント等の規制

固定価格買取制度開始後、比較的設置が容易な太陽光発電については急速に導入拡大が進んだが、風力発電や地熱発電等については環境アセスメント等の技術以外の課題に直面し、導入が制約される側面もある。今後、これらの課題にどのように取り組むかも重要である。さらに、新しいエネルギー技術の社会への普及を進める上で、技術開発のみならず、技術の標準化や規制の適正化についても適切に取り組んでいくことが必要であり、導入・普及施策とも相まって着実に社会実装を進めていくことが重要である。

## (4) 我が国企業の国際展開

今後、巨大市場として継続的な成長が期待される再生可能エネルギー分野において、我が国の新エネルギー技術の海外展開を後押しするためにどのような支援が必要か、官民あげた戦略的な取り組みが求められる。

以上のような課題の解決に向けて、NEDO は以下の取り組みを行う。

### 1.4.2 大量導入に向けての技術的課題の克服

#### (1) 太陽光発電

太陽光発電は資源ポテンシャルが大きく、また設置のリードタイムが短いことから、今後、さらに高い導入量が期待されている。また、我が国電機・電子産業の技術的蓄積が活かされる技術領域でもある。

しかしながら、現在の市場拡大を支えているのは固定価格買取制度であり、ドイツなど先行して普及拡大が進む国々に見られるように、買取価格を下げれば、導入にブレーキがかかることは周知の事実である。一方で固定価格買取制度は、電力需要家の賦課金で賄われている以上、将来に向かって買取価格を引き下げなければ、電力価格に占める賦課金の上昇が進み、産業活動や国民生活への影響が無視できなくなる。政府の掲げる導入目標の達成に向けて、持続的な導入普及

## 第1章 再生可能エネルギーの役割

を実現するためには、できるだけ早く太陽光発電の発電コストを基幹電源並みに低減させる必要がある。そのためNEDOは、システム構成やコスト構造に着目し、従来から取り組んでいた「セル・モジュールの低コスト化、高効率化」に加え、「周辺機器・部材の低コスト化、長寿命化」、「システム効率の向上」、「O&M技術の高効率、低コスト化」等の技術開発を行う。

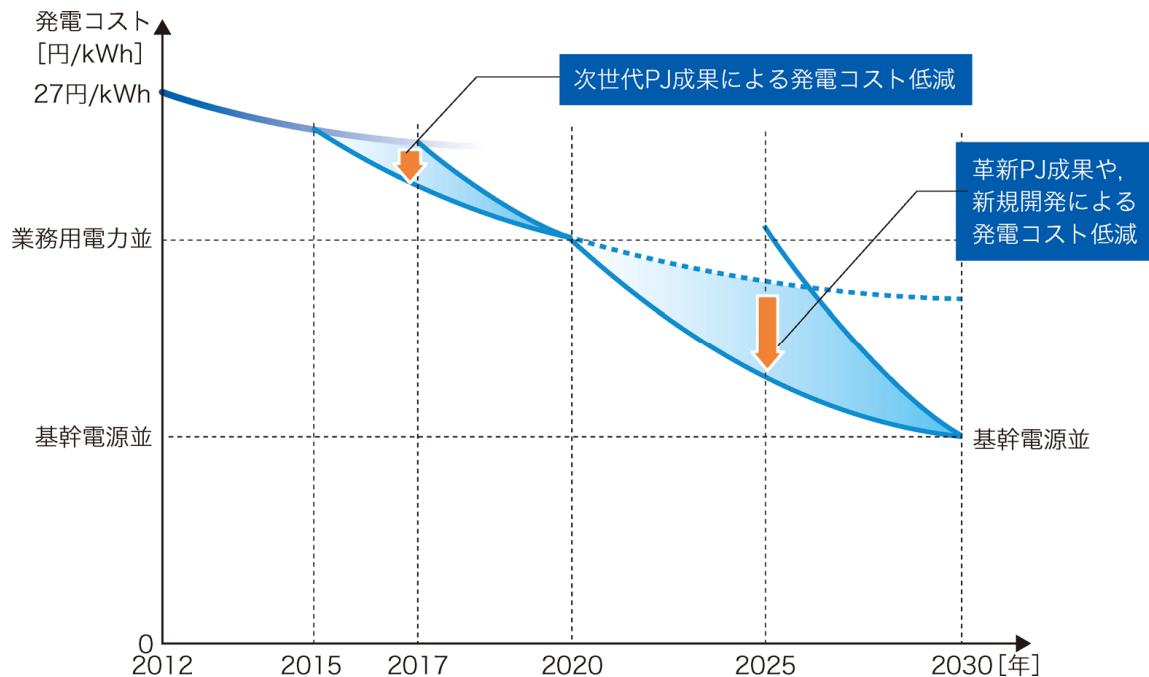


図 1-36 非住宅用（メガソーラー）の発電コスト低減シナリオ

出典：第2章参照

### 太陽光発電多用途化実証プロジェクトの実施体制

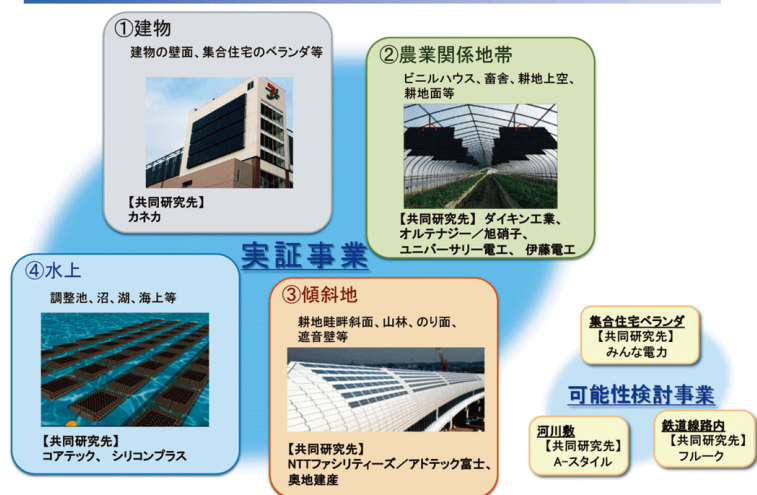


図 1-37 太陽光発電多用途化実証プロジェクトのイメージ

出典：第2章参照



また、平坦な地上や建物の屋根への設置が急速に進む一方で、系統接続費用や整地コストが安く抑えられる条件の良い設置場所は少なくなってきた。今後、さらに導入拡大を進めるためには、規制や割高な設置コスト等の理由で導入できなかった場所・分野への設置を進めることが必要である。そこで NEDO は、太陽光発電の導入が進んでいなかった建物の壁面、水上など未利用領域分野への太陽光発電導入拡大を目的として、低コスト設置技術の高付加価値機能の開発にも取り組んでいく。

## (2) 風力発電

風力発電は、再生可能エネルギーの中でも比較的発電コストが低く、好風況の場所に設置すれば火力発電(LNG)並の発電コストとなることから、中長期的に大規模な導入が期待されている。ただし、風力発電においても、低コスト化、出力安定化等の技術的課題を克服していくことが求められる。

政府の掲げる再生可能エネルギー導入促進への貢献及び産業競争力の強化の観点から、NEDO は、風力発電の一層の低コスト化に資する高効率ブレード等の開発や、メンテナンス技術の高度化等、信頼性や稼働率の向上に向けた取り組みを推進する。また、環境アセスメントの円滑な実施に貢献するための実証事業に着手する。

さらに、設置可能地域の拡大のため、複雑な風況、台風、洋上の環境に適応した風力発電機の開発も必要となる。特に洋上風力発電については、世界的に研究開発が活発に行われている風車の大型化に取り組み、炭素複合材を採用する長翼ブレード、油圧システムによるドライブトレイン等を開発し、世界最大級の 7MW 洋上風車の技術を確立し、国内外へ展開することを目指していく。

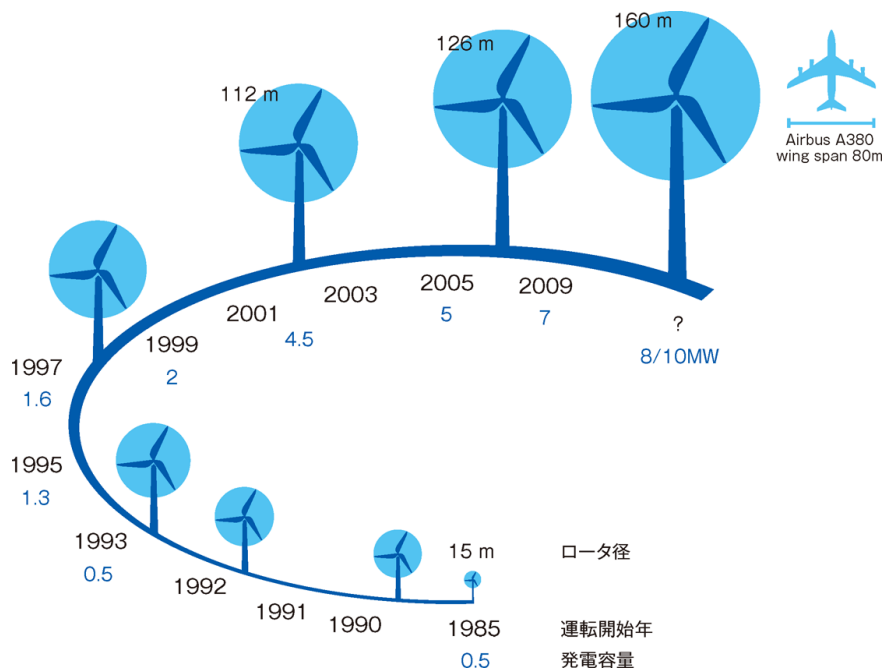


図 1-38 風力発電の大型化の推移

出典：第3章参照

## 第1章 再生可能エネルギーの役割

### (3) バイオマスエネルギー

バイオマス利用技術は、既存のエネルギーシステムとの親和性が高く、世界でも利用が進んでいる再生可能エネルギーである。また、エネルギーの地産地消の観点から、我が国はこれらバイオマスのエネルギー利用促進のための技術開発に注力してきた。今後は、バイオマスの液体燃料利用の促進に向けた取り組みを実施するとともに、バイオマスの発電利用や熱利用も併せて推進していくことが重要である。

食糧供給に影響しないバイオ燃料製造技術を将来的に確立するため、NEDOは、第2世代バイオ燃料であるセルロース系エタノールについては、政府が目標に掲げる2020年頃の実用化・事業化に向けて、製造技術の開発、実証を行うとともに、第3世代バイオ燃料である微細藻類等由来による燃料については、藻類からのジェット燃料等の製造技術、BTL技術の開発を行っていく。

また、バイオマス燃料の既存発電システムでの活用促進や効率的な熱利用の推進に向け、バイオマス燃料の性状改良等の開発やバイオマス燃料の含水率や形状等の性状を制御する技術等の開発も行う。

### (4) 海洋エネルギー発電

四方を海に囲まれた我が国は、海洋エネルギーの賦存量が大きく、波力発電技術や潮力発電技術、その他海洋エネルギー発電技術について早期に実用化・事業化を図ることが重要である。

NEDOは、海洋エネルギー発電技術について、開発した技術を実海域において実証を行うとともに、発電コストの低減等に向けた技術開発を行い、中長期的に他の再生可能エネルギーと同程度の発電コストを達成することを目指していく。

### (5) 地熱発電・再生可能エネルギー熱利用

地熱発電については、従来、規制等の関係で開発が停滞していたが、最近、国立公園内への設置が一部緩和されたことから、NEDOは、例えば景観に配慮した小型で高効率の発電技術の開発などに取り組んでいく。また、温泉熱については、高温の源泉から温泉として用いる40℃付近にするまで、従来は冷ますだけで熱を捨てていたが、この熱を利用した小型の発電機の開発等も2013年度から開始する。

さらに、再生可能エネルギーの利用拡大に向けては、発電のみならず熱利用を促進することが重要である。これまで我が国では、地熱に関する技術開発を中心に行ってきたが、今後は地熱に加え未利用熱等の技術開発にも取り組み、再生可能エネルギー熱利用を進めていくことが重要である。

### (6) 系統サポート技術

大規模な導入が期待される太陽光発電や風力発電等の再生可能エネルギーは、天候に左右されるため出力が不安定な電源であるため、系統側における電力安定化対策として蓄電池等に係る技術開発が行われているが、発電側においても電力安定化等に向けた取り組みが必要である。

政府の掲げる大量導入の目標達成に向けて、NEDOは、出力変動に対する予見性の向上のため、発電出力予測システムの検討及び開発を行うとともに、出力変動緩和のための蓄エネルギーシステムの可能性評価及び開発等、再生可能エネルギーの調整電源化に向けた必要な技術開発を行う

ていく。また合わせてスマートグリッドのような需要家サイドの対策技術の開発にも取り組む。

### 1.4.3 差別化による競争力強化、高付加価値化による用途拡大

#### (1) 太陽光発電

太陽光発電は、海外企業による生産規模の拡大と、それに伴う市況の低迷により、国際的な競争が激化しており、技術の差別化による競争力強化、高付加価値化による用途拡大、新たなビジネス創出が求められている。太陽光発電産業の競争力強化については、差別化による競争力強化並びに高付加価値による用途拡大・新たなビジネス創出のため、デザイン性、新規用途の開拓など太陽光発電の高付加価値化を実現する。

例えば「有機系太陽電池実用化先導技術開発」では、少ない光でも発電し、軽量で加工が容易で、着色などさまざまなデザインができる次世代型の太陽電池の開発や、太陽電池そのものに絵を描ける、半透明にできるなど、既存の太陽電池にないデザイン性の高さと、曇りの日や垂直に設置した場合でも性能を発揮できる色素増感太陽電池の特長を活かした「デザインソーラーランタン」「独立電源型広告掲示板」等の実証を開始する。また、軽量、フレキシブルといった有機薄膜太陽電池の特長を活かした、シースルー性のある「発電するサンシェード」の実証を行う。



デザインソーラーランタン（左）、発電するサンシェード（右）

図 1-39 有機系太陽電池の開発事例

出典：第2章参照

#### (2) バイオマス輸送燃料

航空機からの CO<sub>2</sub> 排出量削減に向けた対策として、植物系バイオマスから製造されるバイオ燃料の実用化が期待されているが、現時点ではコスト競争力に乏しく導入普及のネックとなっている。NEDO は、コスト競争力のある燃料製造システムの開発に向け、微細藻類のミドリムシの培養の生産性向上と、油脂含有率の向上の要素技術開発を実施する。

## 第1章 再生可能エネルギーの役割

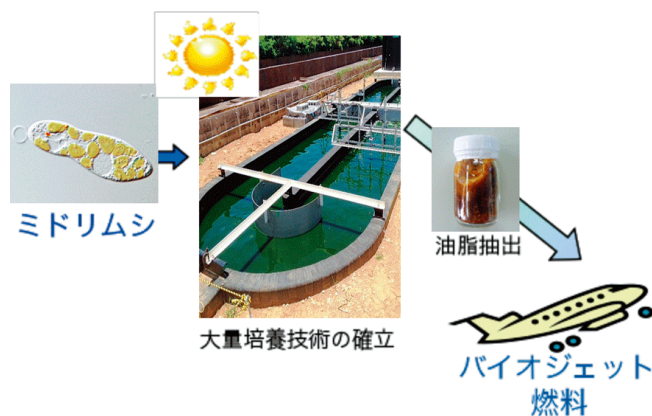


図 1-40 藻類由来バイオジェット燃料製造のイメージ

出典：NEDO 作成資料

## 1.4.4 新技術の社会実装のための標準化や規制適正化

## (1) 風力発電

社会実装を確実に図るため、NEDO は、洋上風力発電の設置、運転、保守に係るガイドラインを整備するとともに、固定価格買取制度における調達価格設定に必要なデータ提供等の取組を行う。具体的には、設計、施工、運転保守に係る実証研究の成果や環境影響評価の結果をガイドライン等に取りまとめ、我が国の洋上風力発電の基盤を整備するとともに、設備費用や運転保守費用等を整理し、固定価格買取制度における調達価格等の検討に資する基礎データを取りまとめる。

## (2) 水素・燃料電池

再生可能エネルギー電源の出力変動による諸課題の解決や、電力潮流安定化技術として蓄エネルギー技術の活用が期待されており、世界中で技術開発や実証研究が行われている。また、再生可能エネルギー電源の発電電力（再生可能電力）を水素として貯蔵し、燃料電池自動車などの用途に利用する動きもある。

水素を活用したアプリケーションの一つである燃料電池は、燃料となる水素と空気中の酸素を直接化学反応させて電気と熱を同時に取り出すため、エネルギー効率が高かつ発電・発熱時には温室効果ガスを発生しないため、我が国におけるエネルギーの効率利用や地球温暖化対策の観点から重要な技術である。また、東日本大震災以降、災害に強い分散型エネルギーシステムへの重要性が増している点からも、分散型電源の一翼を担う燃料電池に対する期待が高まっている。

NEDO は、家庭用燃料電池の普及拡大と業務用・発電事業用燃料電池の実用化・事業化を図るため、家庭用燃料電池の一層の低コスト化及び耐久性向上、業務用・事業用発電システムの確立に向け、必要な技術開発等を行う。

また、社会実装のため、標準化等に資する取組を行うことが求められる。市場化が目前に迫った燃料電池自動車の普及拡大と水素供給インフラの整備促進に向け、NEDO は、自動車用燃料電池の低コスト化及び耐久性 5,000 時間の達成等に向けた技術開発を行うとともに、将来的に水素ステーションのコストを 2 億円程度に低減すべく、水素の製造・輸送・貯蔵・供給に係る技術開発を行う。併せて、水素供給インフラの低コスト化・高性能化を図るべく、技術の実証等を行うとともに、経済性の向上のため、規制適正化や標準化等に資する取り組みを行う。

さらに、水素を利用したエネルギーシステムの実現に向け、技術動向等を調査し、水素の貯蔵や輸送等に関する新しい技術の開発等を行う。

### 1.4.5 国際展開に向けて

我が国の新エネルギー技術の産業競争力強化や地球環境問題の解決等に向け、当該技術の海外展開に向けた戦略的な国際協力を実施していくことが重要である。

今後、再生可能エネルギー市場の拡大が見込まれる国々との間でパートナーシップの構築を図るべく、産官学が連携して、政策対話、情報交換、人材育成、共同研究等を通じてネットワーク強化を図る。また、再生可能エネルギーの普及拡大が今後見込まれる国・地域における技術実証事業を行うとともに、新しい技術の実用化・事業化・国際的な技術動向の把握・市場の開拓の観点から、多国間・二国間協力の枠組みを有効活用する。

例えば、再生可能エネルギーに関する技術専門家の育成を目的として、NEDO と国際再生可能エネルギー機関（IRENA）が共同で研修事業を 2013 年 10 月に実施。世界 27 カ国から 38 名が参加し、太陽光発電を中心とした再生可能エネルギー関連技術等に関する研修を行った。



図 1-41 新興国・途上国の再生可能エネルギー専門家育成のための研修事業

## まとめ

第 1 版の再生可能エネルギー技術白書作成時（2010 年）から再生可能エネルギーを取り巻く政策および市場環境は大きく前進、進展した。それに伴い、産業の競争環境も大きく変化している。

これまでは未来の目標に対する技術課題を克服してきたが、今後は目の前の現実となった大量導入に係る課題を克服していく必要がある。

これらの課題克服に取り組むことは、国内の再生可能エネルギーの導入普及に資するだけでなく、我が国企業の国際競争力強化に繋がるものであることから、NEDO は産学官の叡智を結集して課題解決に取り組む。

## 第1章 参考文献

- (1) エネルギー白書 2013, (2013, 資源エネルギー庁), <http://www.enecho.meti.go.jp/topics/hakusho/2013/index.htm>
- (2) 平成 23 年(2011 年)東北地方太平洋沖地震の被害状況と警察措置, (2014/1/10 警察庁緊急災害警備本部), <http://www.npa.go.jp/archive/keibi/biki/higaijokyo.pdf>
- (3) Electricity information 2013, (2013, IEA)
- (4) BP Statistical Review of World Energy June 2013 (2013, BP), [http://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/statistical-review/statistical\\_review\\_of\\_world\\_energy\\_2013.pdf](http://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/statistical-review/statistical_review_of_world_energy_2013.pdf)
- (5) Energy Balances of OECD countries 2012, (2012, IEA)
- (6) Energy Balances of Non-OECD countries 2012, (2012, IEA)
- (7) 総合資源エネルギー調査会 総合部会資料, (2013, 資源エネルギー庁), <http://www.enecho.meti.go.jp/info/committee/sougoubukai/index.htm>
- (8) 総合資源エネルギー調査会 基本政策分科会合資料, (2013, 資源エネルギー庁), <http://www.enecho.meti.go.jp/info/committee/kihonseisaku/index.htm>
- (9) Energy Technology Perspectives 2010, (2010, IEA)
- (10) 各種エネルギー源の温暖化ガス排出量の比較 (産業技術総合研究所ホームページ), [http://unit.aist.go.jp/rcpvt/ci/about\\_pv/e\\_source/RE-energypayback.html](http://unit.aist.go.jp/rcpvt/ci/about_pv/e_source/RE-energypayback.html)
- (11) RPS 法ホームページ, (資源エネルギー庁), <http://www.rps.go.jp/RPS/new-contents/top/main.html>
- (12) 調達価格等算定委員会資料, (2012, 資源エネルギー庁), [http://www.meti.go.jp/committee/gizi\\_0000015.html](http://www.meti.go.jp/committee/gizi_0000015.html)
- (13) 再生可能エネルギー発電設備の導入状況について (6 月末時点), (2013, 資源エネルギー庁), <http://www.meti.go.jp/press/2013/10/20131004003/20131004003-2.pdf>
- (14) コスト等検証委員会報告書, (2011, エネルギー・環境会議 コスト等検証委員会), <http://www.enecho.meti.go.jp/info/committee/kihonmondai/8th/8-3.pdf>
- (15) 次世代送配電ネットワーク研究会報告書, (2010, 資源エネルギー庁), [www.enecho.meti.go.jp/info/committee/data/denki38th/sanko3.pdf](http://www.enecho.meti.go.jp/info/committee/data/denki38th/sanko3.pdf)
- (16) 地域間連系線等の強化に関するマスタープラン研究会中間報告書 (2012/4), [http://www.meti.go.jp/committee/sougouenergy/sougou/denryoku\\_system\\_kaikaku/pdf/004\\_10\\_00.pdf](http://www.meti.go.jp/committee/sougouenergy/sougou/denryoku_system_kaikaku/pdf/004_10_00.pdf)
- (17) Bloomberg New Energy Finance Summit Keynote, (2013, Bloomberg)
- (18) Medium-Term Renewable Energy Market Report 2013 (2013, IEA)
- (19) World Energy Outlook2013 (2013, IEA)