

第 10 章: 緩和ポテンシャルとコスト

10.1 序論

将来の温室効果ガス排出量の推定は、特に経済的成長、人口増加、関連するエネルギー需要、エネルギー資源、及びエネルギー供給や最終消費技術の将来のコストや性能など、様々な将来の要因に多く依存している。将来における緩和政策と他の非緩和政策の構造もまた、緩和技術の普及に影響を与えるため、温室効果ガス排出や気候変動の目標を達成する可能性にも影響する。気候緩和における再生可能エネルギーの役割を検討する場合、これらのすべての異なる影響を同時に検討する必要があるだけでなく、今日の時点で確実に知ることが不可能だが、これらの様々な主な影響力 (key force) の数十年後の見通しについても検討する必要がある [10.1]。

再生可能エネルギー源が将来に果たすであろう役割についての疑問や、温室効果ガス緩和の道筋への貢献の可能性については、幅広い面において調査する必要がある。10 章では、広範囲の統合モデルからの 164 の中長期のシナリオのレビューによって、気候緩和における再生可能エネルギーの役割を理解するための背景を示す。このレビューでは、最近のシナリオで示されている地球規模の再生可能エネルギーの普及レベルを調査し、普及レベルの違いを生む主な影響をいくつか示す。(本章は、既に公表されたシナリオのみに依るものであり、いかなる新たなシナリオを形成するものではないことに留意する必要がある)。レビューは、再生可能エネルギー全体だけでなく、個々の再生可能エネルギー技術についても行う。また他の緩和技術との相互作用と競争の重要性や、エネルギー需要の進化についても広く焦点を当てる [10.2]。

セクション 10.3 では、164 のシナリオから 4 つの例示シナリオを使用し、より詳細に論じることで、広範囲のレビューを補完している。4 つのシナリオでは、再生可能エネルギーの特徴に関する異なる将来見通しの範囲に及び、様々な温室効果ガス安定化レベルを含み、また様々な基本的なモデル手法を用いている。これは、用途別 (発電、冷暖房、輸送など)、地域別に区別して再生可能エネルギーが気候変動の緩和に果たす役割を探る次の段階について詳細に論じている [10.3]。

前述の再生可能エネルギーの役割は、コスト要因に大きく依存して決まるため、費用曲線とコストについてもより一般的な議論を行う。この議論は再生可能エネルギー源を用いた緩和に関連するもので、再生可能エネルギーと温室効果ガス緩和の供給曲線の長所と短所を評価し、さらに地域の再生可能エネルギーの供給曲線や削減コスト曲線に関する既存の文献をレビューするものである [10.4]。

次に、再生可能エネルギーの商用化と普及に必要なコストについて議論する。本節では、現在の再生可能エネルギーのコストと、これらのコストがどのように将来に変化し得るかの予測について検討する。将来の市場規模と投資ニーズの評価を可能にするため、4 つの例示シナリオの結果に基づき、気候変動防止の意欲的な目標を達成しようとする場合に特に必要になりそうな事柄に関して、再生可能エネルギーへの投資について論じる [10.5]。

標準的な経済対策はコストについての全ての項目を対象にしているわけではない。そこで、気候変動の緩和と持続可能な開発に関連した再生可能エネルギーの普及拡大による社会的及び環境的成本と便益を統合した議論を行った [10.6]。

10.2 様々な再生可能エネルギー戦略に関する緩和シナリオの統合

将来のエネルギー供給と気候変動の緩和に対する再生可能エネルギーが果たし得る役割について、見通しを示す統合シナリオの数は増えている。そこで、再生可能エネルギーについての緩和における役割と緩和コストに対する影響を幅広い面で理解するため、世界的かつ大規模な 16 の統合モデルから得られた全部で 164 の最近の中・長期的シナリオについてレビューした。シナリオは募集を通じて収集された。シナリオ全体では、二酸化炭素濃度は広範囲に及び (2100 年までの大気中の二酸化炭素濃度は 350~1,050ppm、表 10.1 参照)、緩和シナリオと政策無し又はベースラインのシナリオの双方が描かれている [10.2.2.1]。

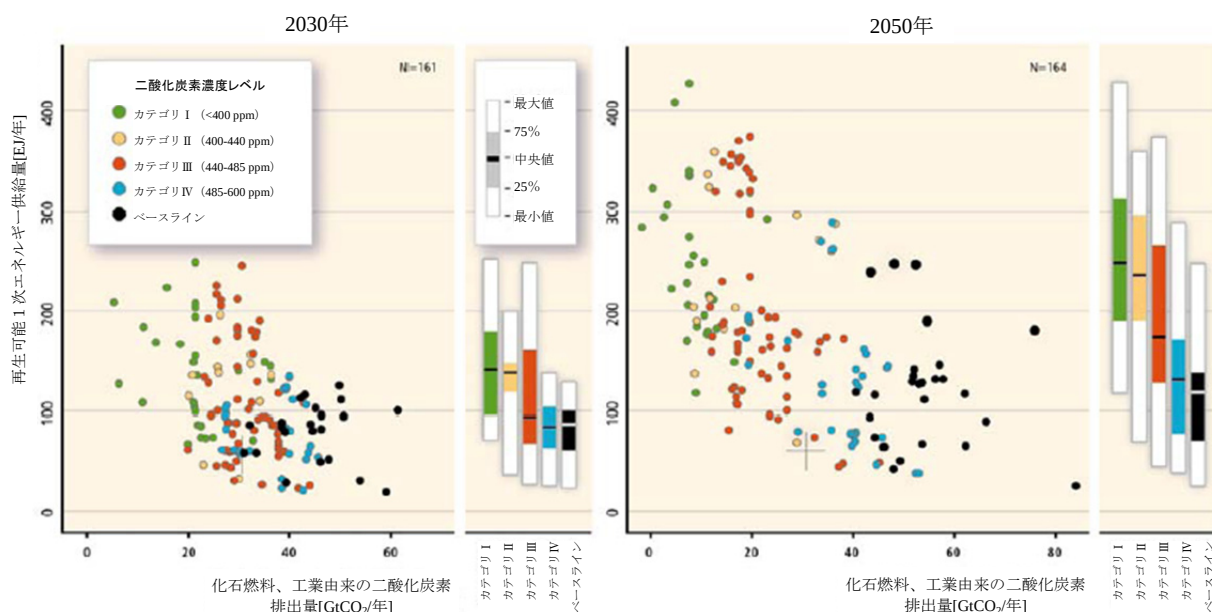


図 TS.10.1: 164 の長期シナリオから得られた、2030 年及び 2050 年における化石燃料と工業由来の二酸化炭素排出量と比較した、世界の再生可能エネルギー供給量（直接等価法）。色別の分類は、2100 年の大気中の二酸化炭素濃度レベルのカテゴリに基づく。分布図の右側にある図は、大気中の二酸化炭素濃度の各カテゴリにおける再生可能エネルギーの普及レベルを示す。黒の細線は中央値、棒内の着色部分は四分位範囲（25～75%）、白の棒の両端は全ての評価対象のシナリオの全体の範囲を示す。十字は 2007 年における値を示す。2 つのデータセットのピアソンの相関係数は、-0.40（2030 年）と -0.55（2050 年）である。評価対象のシナリオは 164 あるが、2030 年の結果はデータ報告の都合上 161 のシナリオのみである。再生可能エネルギーの普及レベルが現在を下回るのは、モデル結果と伝統的バイオマスの報告の差異による。[図 10.2]。

これらのシナリオでは、中・長期における気候変動と気候変動緩和における再生可能エネルギーの役割について、最新かつ洗練された考えのいくつかが示されている。だが、分析は数十年後の見通しを示しているため、慎重に解釈しなければならない。シナリオのすべては定量モデルを用いて求められたが、シナリオ構築に使用されたモデルの詳細やその構造には非常に大きな違いがある。加えて、シナリオは、伝統的な不確実性分析に使用され得るシナリオの無作為抽出を代表するものではない。いくつかのモデルグループでは、他のグループよりも多くのシナリオを提供している。本章のレビューのように、様々な研究から収集したシナリオに基づき行われたシナリオのアンサンブル解析においては、シナリオは本当の意味で無作為抽出ではないということと、シナリオ間にばらつきがあっても将来に対して現実的かつしばしば明快な考察を与えるか、そうでないかということについては、避けがたい葛藤がある [10.2.1.2, 10.2.2.1]。

再生可能エネルギーが気候変動の緩和に果たす役割に関する根本的な問題は、再生可能エネルギーの普及度を長期的な大気中の二酸化炭素濃度または関連する気候変動の目標とどの程度強く関連づけるかという点にある。シナリオによると、化石燃料と工業由来の二酸化炭素排出の道筋は、シナリオ全体の二酸化炭素濃度の長期目標と強い相関がある。再生可能エネルギーの普及と二酸化炭素濃度の目標に見られるこの関係は、それほど強くはない（図 TS.10.1）。一般に、二酸化炭素濃度の目標が厳しいほど再生可能エネルギーの普及は進むが、どのような二酸化炭素濃度の目標にしても、再生可能エネルギーの普及レベルには非常に大きな幅が見られる。たとえば、大気中の二酸化炭素濃度を 440ppm 未満とするシナリオ（カテゴリ I と II）では、再生可能エネルギーの普及レベルの中央値はそれぞれ、2030 年に 139EJ/年、2050 年に 248EJ/年で、最大値は 2030 年の時点で 252EJ/年だが、2050 年までに最大 428EJ/年に達する。これらのレベルは、ベースラインシナリオの再生可能エネルギーの普及レベルに比べてかなり高いが、二酸化炭素安定レベルの各カテゴリにおける再生可能エネルギーの普及の範囲が広いことは認めざるを得ない。[10.2.2.2]。

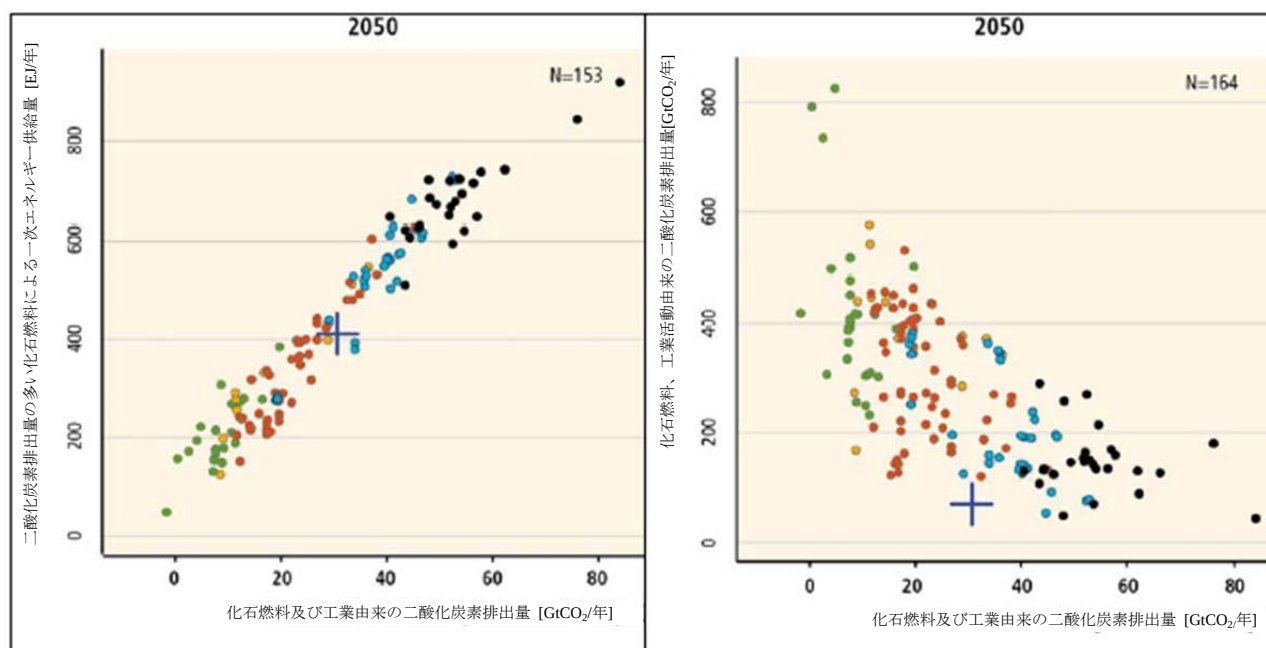


図 TS.10.2: 化石燃料及び工業由来二酸化炭素排出量を関数とした、2050 年における世界の化石燃料を無制限に放出した場合の一次エネルギー供給量（左図、直接等価法）と、低炭素の一次エネルギー供給量（右図、直接等価法）。これらは 164 の長期的シナリオで示されたものである。低炭素のエネルギーとは、再生可能エネルギーによるエネルギー、二酸化炭素回収・貯留を備えた化石エネルギー、原子力エネルギーを指す。色別の分類は、2100 年における大気中の二酸化炭素濃度レベルのカテゴリに基づく。青十字は 2007 年における値を示す。2 つのデータセットのピアソンの相関係数は 0.97（二酸化炭素排出量の多い化石燃料による排出）と -0.68（低炭素エネルギー）である。評価されたシナリオは 164 あるが、データ報告の都合上、二酸化炭素排出量の多い化石燃料による排出量と低炭素の一次エネルギーは、それぞれ 161、153 シナリオの結果のみを使用している。[右側: 図 10.4, 左側: 図 10.5]。

同時に、こうした幅があっても、大多数のシナリオでは、再生可能エネルギー普及の絶対的な規模は現在より大幅に拡大することに注視することも重要である。2008 年、世界における再生可能一次エネルギー供給量はおよそ 64EJ/年であり（直接等価法）、このうち伝統的バイオマスは 30EJ/年と大きな割合を占めていた。これに対し、多くのシナリオでは 2030 年までの再生可能エネルギーの導入量は現在の 2 倍を超えとしている。大半のシナリオでは、同時に伝統的バイオマスが減少し、非伝統的な再生可能エネルギー源の大幅な成長が示唆されている。2050 年までに、大半のシナリオでは再生可能エネルギーの導入量は 100EJ/年以上になり（中央値は 173EJ/年）、多くのシナリオでは 200EJ/年に達し、いくつかのケースでは 400EJ/年をも超える。大半のシナリオで伝統的バイオマスの使用が減少する点を考えると、各国の（伝統的バイオマスを除く）再生可能エネルギーの生産水準はおおよそ 3～10 倍に増加すると予想される。世界の一次エネルギー供給における再生可能エネルギーの割合は、シナリオによって大きく異なる。半数以上のシナリオでは、一次エネルギー供給における再生可能エネルギーの割合は 2030 年に 17%以上に、2050 年に 27%以上になることが示されているが、最も高い見込みを示すシナリオでは、2030 年に約 43%、2050 年に約 77%の割合になり、2050 年以降はさらに増加する。これは再生可能エネルギーによるエネルギー生産の驚異的な拡大である[10.2.2.2]。

実際、温室効果ガス安定化レベルを想定していないベースラインシナリオの多くでも、再生可能エネルギーの普及は拡大する。再生可能エネルギーの導入量は 2030 年には最大で 120EJ/年に、多くのベースラインシナリオでは 2050 年には 100EJ/年を超え、いくつかのシナリオでは最大で 250EJ/年に達する。これらのベースライン導入量は様々な前提を基にしている。たとえば、21 世紀にはエネルギーサービスの需要の大幅な伸びが継続すること、増加するエネルギーアクセス向上への再生可能エネルギーの貢献、あるいは化石燃料資源の使用可能性が長期的には限定的となること、他の前提（再生可能エネルギー技術のコスト低下や性能向上など）などである。これらによって、気候政策がない場合でさえ、再生可能エネルギー技術は多くの用途において経済的な競争力が高まるとしている [10.2.2.2]。

再生可能エネルギーが気候変動の緩和に果たす役割には不確実性がある。この原因は、再生可能エネルギー

ギー普及に影響する多数の影響力や不確実性に起因する。2つの重要な要因として、エネルギー需要の成長と、二酸化炭素排出削減の他の選択肢（主に原子力、化石エネルギーと二酸化炭素回収・貯蔵の組み合わせ）との競合が挙げられる。気候変動の長期的な目標を達成するには、エネルギーからの二酸化炭素排出と他の人為的排出源からの排出を削減する必要がある。いずれの気候変動の目標でも、この削減は比較的明確に定義されている。化石燃料と工業由来の二酸化炭素排出と、シナリオ全体の二酸化炭素を無制限に放出した化石エネルギーの間には、密接な関係がある（図 TS.10.2）。低炭素エネルギーへの需要（再生可能エネルギー、原子力、及び二酸化炭素回収・貯留を有する化石エネルギー）は、単純一次エネルギーの総需要量と二酸化炭素を無制限に放出した化石エネルギー生産量の差と考えられる。つまり、気候変動の制約によって例えば二酸化炭素を無制限に放出する化石エネルギーによるエネルギー供給が出来なくなっても、低炭素エネルギーの利用かエネルギー消費の削減かの、いずれかの方法によってエネルギーは供給せざるを得ない。しかしながら、シナリオは、エネルギー需要の成長、特に将来の数十年については非常に大きな不確実性があることを示している。このばらつきは一般に、緩和がエネルギー消費に与える影響に比べかなり大きい。エネルギー需要の変動性のため、二酸化炭素濃度のいずれの目標についても、低炭素エネルギーについての変動性は依然としてかなり大きい（図 TS.10.2）[10.2.2.3]。

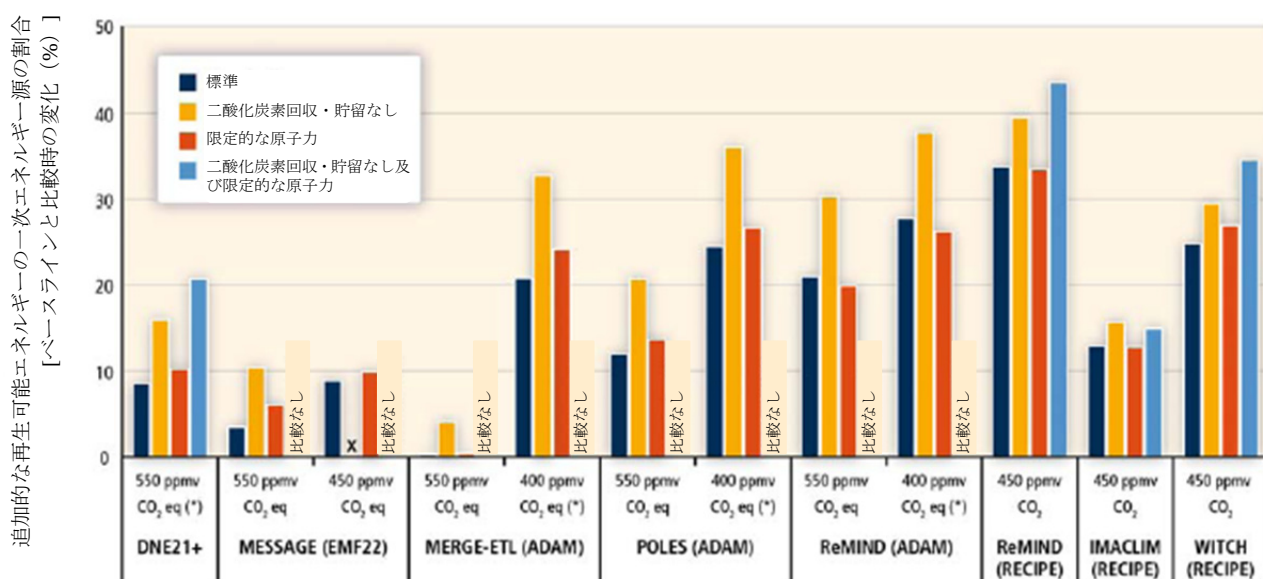


図 TS.10.3: ベースラインシナリオと比較した、特定の技術的制約シナリオにおける世界の再生可能一次エネルギーの割合の増加（2050年、直接等価法）。「X X X」は、シナリオの各濃度レベルが未達成だったことを示す。「限定的な原子力」と「二酸化炭素回収・貯留なし」の定義は、モデル間で異なる。DNE21+、MERGE-ETL、POLESの各シナリオは、様々なスピードで原子力の段階的撤廃を示している代表例である。MESSAGEシナリオでは普及を2010年までに限定している。ReMIND、IMACLIM、WITCHの各シナリオは、原子力の貢献を各ベースラインシナリオに限定しているため、現在の普及レベルに比べて大幅な拡大を暗示している。ReMIND (ADAM) の400ppmv・二酸化炭素回収・貯留なしのシナリオでは、二酸化炭素貯留の累積量が120Gt CO₂に制限されるシナリオを参照している。MERGE-ETLの400ppmv・二酸化炭素回収・貯留なしのシナリオでは、二酸化炭素貯留の累積可能量は約720Gt CO₂としている。POLESの400ppmv CO₂/eq・二酸化炭素回収・貯留なしのシナリオは実現不可能だったため、ここで示すシナリオの各濃度レベルは約50ppm CO₂下げられたものである。DNE21+シナリオは、2050年までの排出の道筋に基づき550ppmv CO₂/eqと見積もっている [図 10.6]。

再生可能エネルギー、原子力、化石エネルギー（二酸化炭素回収・貯留あり）の競合により、再生可能エネルギーの普及と二酸化炭素濃度の目標の関係は、さらに変動性が高まる。競合する供給サイドの選択肢（再生可能エネルギー、原子力、化石エネルギー（二酸化炭素回収・貯留あり））のコスト、性能、使用可能性もまた不確実である。これらのその他の供給サイドの緩和技術を導入する選択肢は、コストと性能だけでなく、潜在的には環境、社会、国家安全保障上の障壁が原因となった制約もある。すべての条件が同じと仮定すれば、再生可能エネルギーの普及レベルはさらに高くなるであろう（図 TS.10.3）[10.2.2.4]。

個々の再生可能エネルギー技術の普及の特徴にも大きな違いがある。普及の絶対的規模は技術によってかなり異なり、一部の技術については、他の技術と比較した場合の普及の大きさも大きな違いが見られる（図 TS.10.4 と TS.10.5）。さらに、普及の時間スケールも様々な再生可能エネルギーによって異なり、その主なものは技術の相対的成熟度についての現在の普及レベルと（もっぱら）関連する想定との違いを示すものである [10.2.2.5]。

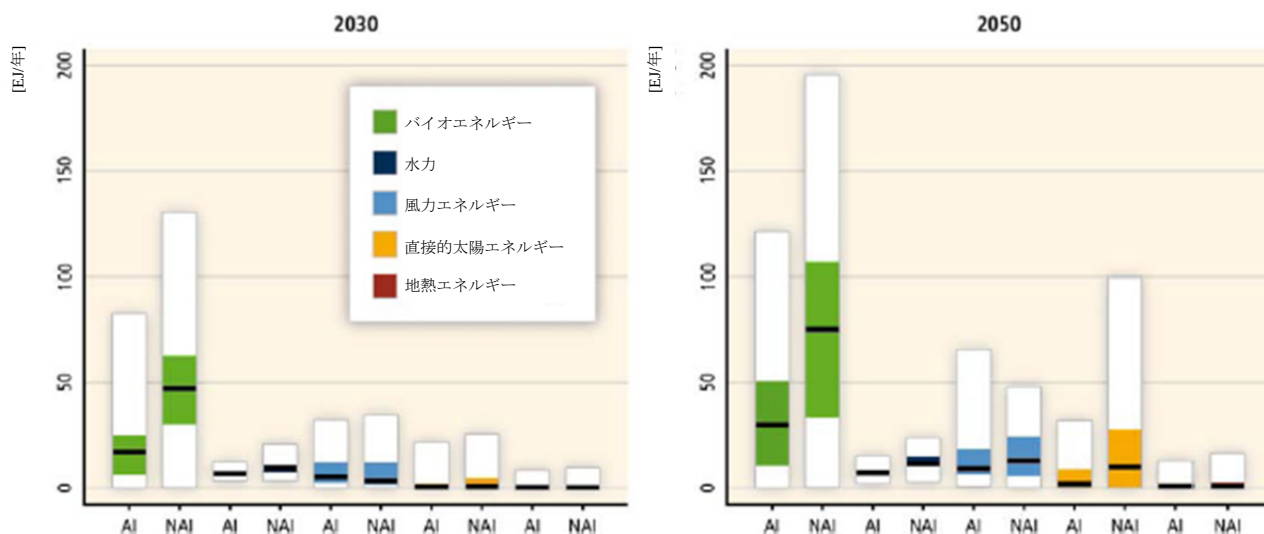


図 TS.10.4: 164 の長期的シナリオにおける附属書 I 諸国（AI）、非附属書 I 諸国（NAI）におけるエネルギー源別の地球規模の再生可能エネルギーによる一次エネルギー供給量（直接等価法による）（2030 年と 2050 年）。黒の細線は中央値、棒内の着色部分は四分位範囲（25～75%）、白の棒の両端は全ての評価対象のシナリオ全体の範囲を示す。エネルギー源によって、これらの数字の元になるシナリオの数は 122～164 と異なっている。情報を解釈する価値はあるものの、164 のシナリオは伝統的な統計分析に従った無作為抽出を代表するものではないことに留意。（バイオエネルギー供給が他のエネルギー源の供給量を一見上回っている理由の 1 つとして、本図では一次エネルギーを表示するために、直接等価法が使用されることがある。バイオエネルギーは、エタノールなどの燃料や電力などに変換される前に計算されている。他の技術は主に（100%ではないが）発電に用いられ、発電量に基づき計算される。代替法に基づき、直接等価法でなく一次等価法が用いられた場合、非バイオマスの再生可能エネルギー源によるエネルギー生産は上図の 3 倍になる）。また海洋エネルギー、ごく一部のシナリオでしか検討されていないため、対象にしていない図 10.8]。

シナリオでは一般に、再生可能エネルギーの総普及量は附属書 I 諸国に比べ非附属書 I 諸国のほうが長期的には多いことが示されている。すべてのシナリオは事実上、附属書 I 諸国に比べ非附属書 I 諸国のほうが経済成長とエネルギー需要の成長は将来の時点で大きいという想定を取り込んでいる。この結果、ベースラインまたは政策措置のないケースでは、非附属書 I 諸国における二酸化炭素排出量の割合が大幅に大きくなる。このため、長期的な排出量削減も多くならざるを得ない（図 10.4） [10.2.2.5]。

再生可能エネルギーと緩和に関するもう一つの根本的な問題は、再生可能エネルギーと緩和コストの関係である。多くの研究が、再生可能エネルギーだけでなく、原子力や、二酸化炭素回収・貯留と化石燃料の組み合わせなどを含め、個々の緩和の選択肢の普及に対する制約を想定したときのシナリオの感度を求めている（図 TS.10.6 と TS.10.7）。これらの研究では、再生可能エネルギーを含む選択肢が使用出来ない場合、緩和コストは上昇することが示されている。実際、再生可能エネルギーの限界に対するペナルティコストは、原子力や二酸化炭素回収・貯留と化石燃料の組み合わせの限界に対するペナルティコストと、少なくとも同じ程度になる場合が多い。また、これらの研究は、再生可能エネルギーの選択肢やその他の低炭素の選択肢が利用出来ない場合、より積極的な濃度目標を設定することは不可能であることも示されている。同時に、本評価の対象であるシナリオの全範囲での幅広い想定を考慮すると、シナリオは、コストの測定（炭素価格など）と再生可能エネルギーの絶対的な普及レベルには意味のある関連はないことを示している。このばらつきは、シナリオ形成に用いられた大規模な統合モデルが、パラメータの想定とモデル構造の双方に基づく、幅広い炭素価格と緩和コストの特徴を持つことを示している。まとめると、再生可能エネルギー技術の普及が制約されると緩和コストが増加することと、よ

り意欲的な二酸化炭素濃度安定レベルは達成出来ないことについては合意があるが、コスト増加が正確にどの程度の規模になるかについては、合意はほとんど無い [10.2.2.6]。

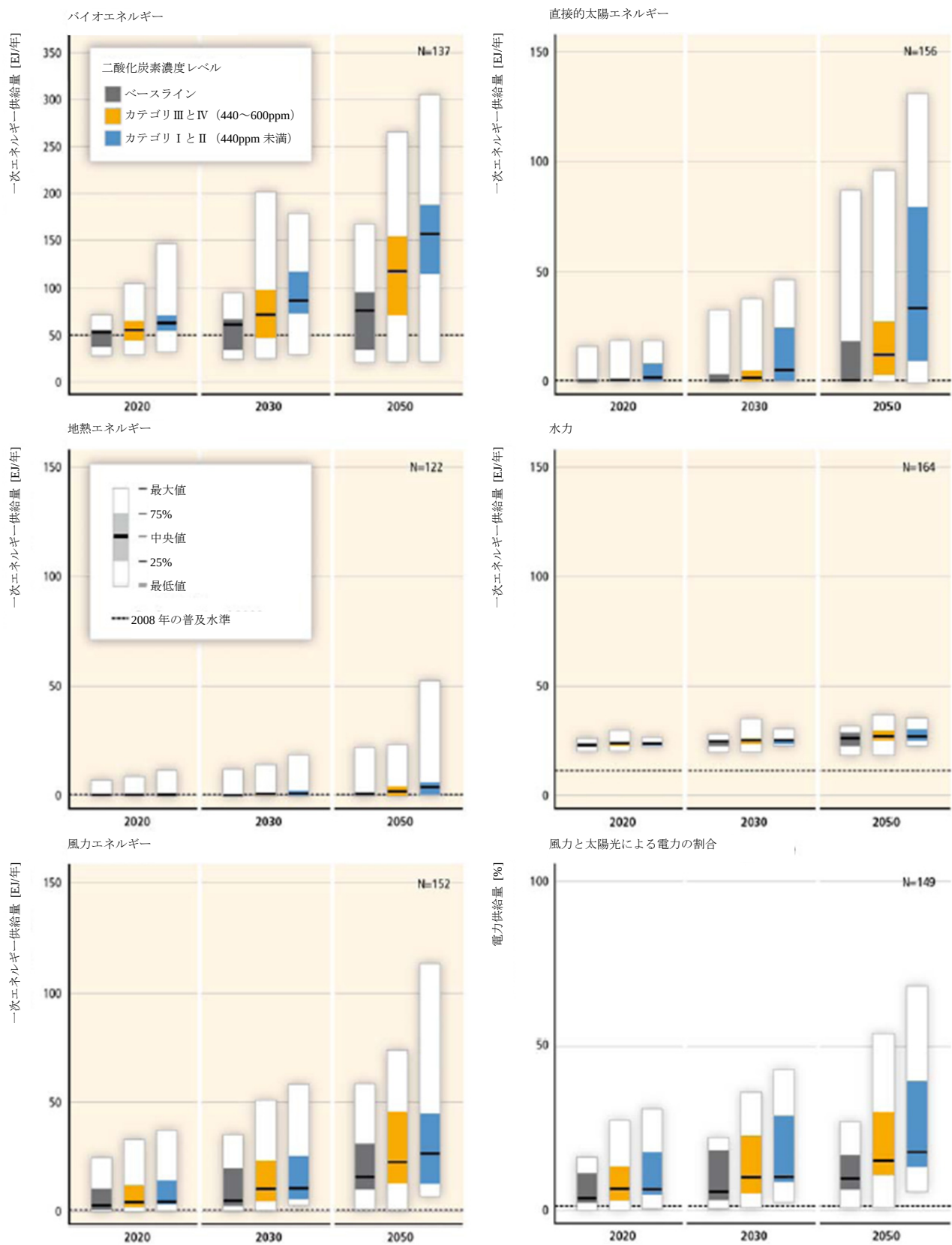


図 TS.10.5: 164 の長期シナリオを、2100 年の大気中の二酸化炭素濃度レベルでカテゴリ分けして、バイオマス、風力、太陽光、水力、地熱エネルギーの 2020 年、2030 年と 2050 年の世界の一次エネルギー供給量（直接等価法）を比較したもの。黒の細線は中央値、棒内の着色部分は四分位範囲（25～75%）、

白の棒の両端は全ての評価対象のシナリオの全体の範囲を示す [図 10.9]。

注:シナリオは計 164 あるが、データ報告の都合上、各図に用いられたシナリオの数はかなり異なっており、その数は右上に示してある。バイオエネルギー供給が他のエネルギー源の供給量を一見上回る理由のひとつとして、本図では一次エネルギーを表示するために直接等価法が使用されていることがある。バイオエネルギーは、エタノールなどの燃料や電力、熱に変換される前に計算される。他の技術は主に（100%ではないが）発電や熱生産に用いられ、生産された二次エネルギーに基づき計算される。代替法に基づき、直接等価法でなく一次等価法が用いられた場合、非バイオマスの再生可能エネルギーによるエネルギー生産は上図の 2~3 倍になる。また、海洋エネルギーは、シナリオではほぼ検討されていないため、表示していない。最終的に、2100 年の二酸化炭素レベルが、すべての安定化シナリオで 600ppm 以下であることと、最も低いベースラインシナリオで 600ppm を若干超えるレベルであることから、カテゴリ V とそれ以上は含まれておらず、またカテゴリ IV については 570ppm から 600ppm に伸びている。

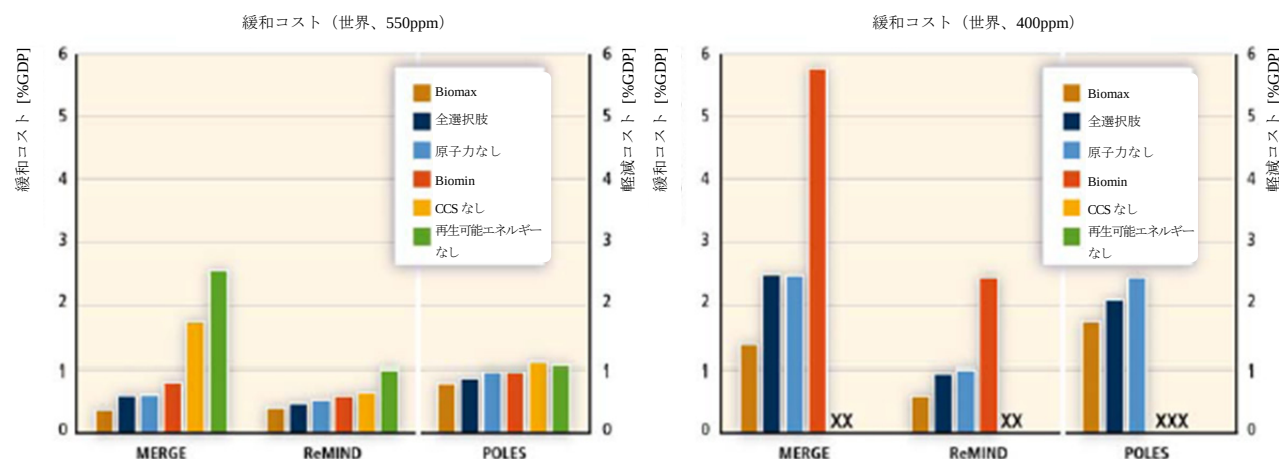


図 TS.10.6: ADAM プロジェクトに基づく世界の緩和コスト。長期的な安定化濃度が 550ppmv CO₂/eq と 400ppmv CO₂/eq の場合における、技術の使用可能性に関する様々な想定に基づく。「全選択肢」は、様々なモデルにおける標準的な技術ポートフォリオを指し、「最大バイオマス (Biomax)」と「最小バイオマス (Biomin)」はそれぞれ、バイオマスの標準的な技術ポテンシャル (200EJ) に対し 2 倍であるものと 0.5 倍であるものを指す。「二酸化炭素回収・貯留なし」は緩和ポートフォリオから二酸化炭素回収・貯留を除いたもの、「原子力なし」と「再生可能エネルギーなし」は原子力と再生可能エネルギーの普及レベルをベースラインに制限したものを指しているが、それでもなお、現在と比べればかなりの拡大の可能性を示している。右側の「X」は、技術の選択肢が限定的な場合、400ppmv CO₂/eq の水準の達成が不可能であることを示す [図 10.11]。

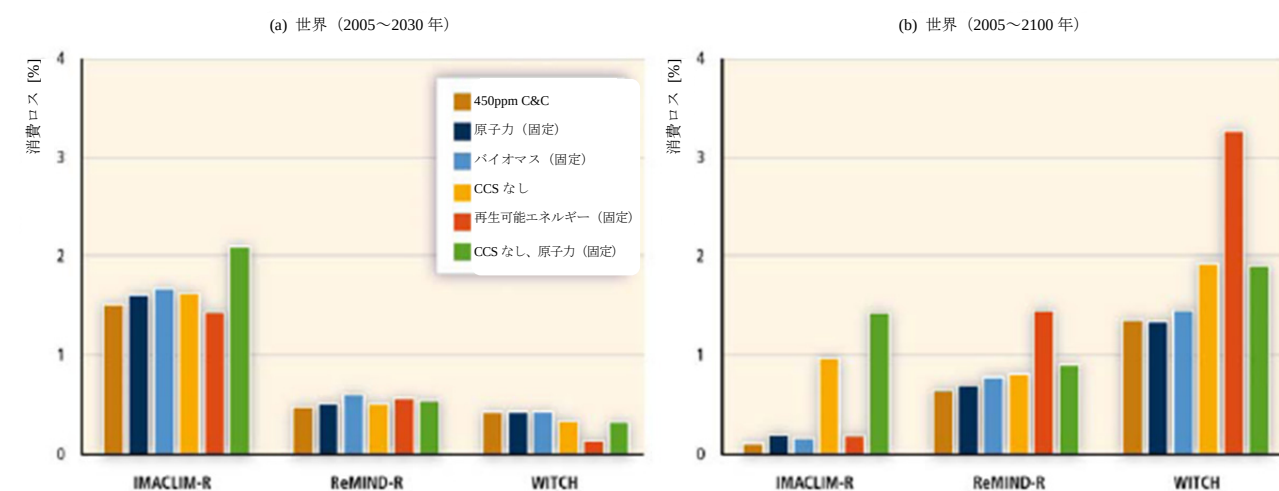


図 TS.10.7: RECIPE プロジェクトによる緩和コスト。長期的な二酸化炭素の安定化濃度を 450ppmv とした場合の、様々な技術の可能性の想定に基づく。オプションで示す技術の値は、既知 (CCS) またはベースラインのレベル (他の全ての技術) に限定されたシナリオによる消費エネルギーの削減を示す。期間は (a) 2005~2030 年と (b) 2005~2100 年である。オプションの値は、ある技術がベースライ

ンのシナリオに対して制限されているシナリオの消費エネルギーの削減の差が計算されたものである。WITCH の場合、実在的な緊急時の備えの技術 (generic backstop technology) は「再生可能エネルギー (固定)」シナリオでは利用出来ない想定であることに留意 [図 10.12]。

10.3 様々な再生可能エネルギー戦略に対する代表的な緩和シナリオの評価

164 の大規模シナリオに基づく 4 つの例示シナリオにおいて詳細分析を行い、様々な地域や部門における特定の再生可能エネルギー技術の貢献の可能性について、より詳細に検討した。ベースラインシナリオの例としては、IEA の World Energy Outlook (IEA WEO 2009) が選択され、その他のシナリオでは明確な温室効果ガス濃度安定レベルが設定された。選択された緩和シナリオは、ReMIND-RECIPE (ポツダム研究所)、MiniCAM EMF 22 (Energy Modelling Forum Study 22)、Energy [R]evolution (以下 ER2010) (ドイツ航空宇宙研究センター、グリーンピースインターナショナル、EREC) である。これらのシナリオは例示としては有用であるが、厳密な意味ですべてのシナリオを代表するわけではない。ただし、これらのシナリオは、様々な手法と幅広い想定に基づき 4 つの異なる将来の道筋を示している。これらは特に、特定の政策によって部門における現在の活発な成長 (増加率) が維持される一方で、楽観的な再生可能エネルギー適用の道筋を示すシナリオを示すような、典型的なベースラインからの様々な再生可能エネルギーの適用の道筋を示している [10.3.1]。

図 TS.10.8 は、2020 年、2030 年、2050 年の 4 つのシナリオから導かれた供給源ごとの予測される一次エネルギー生産の概観を示すとともに、世界の一次エネルギー供給の値を範囲で比較したものである。ここで行われているものと同様に直接等価法を用いた場合、選択されたシナリオ全てにおける市場シェア (2050 年) で最も大きいのはバイオエネルギーであり、太陽エネルギーがそれに続く。2050 年までの一次エネルギー構成における再生可能エネルギーの割合は 4 つのシナリオ群で大きく異なる。最も低い見込みを示すシナリオは IEA WEO 2009 で、2050 年までで 15%としている。これは現在のレベル (2008 年に 12.9%) を若干上回る程度である。ER2010 は一番高い 77%である。また、MiniCam EMF 22 は 31%が、ReMIND-RECIPE は 48%が、2050 年の世界の一次エネルギー需要のうち再生可能エネルギーで賄われる割合であるとしている。再生可能エネルギーの割合の範囲が幅広いのは、技術コストと性能データ、他の緩和技術 (二酸化炭素回収・貯留や原子力) の使用可能性、インフラや統合上の制約、非経済的な障壁 (持続可能性の側面など)、特有の政策、将来のエネルギー需要見通しの想定が様々であることによる [10.3.1.4]。

加えて、長期的に様々な技術の普及が大幅に進んだ場合においても、世界の様々な地域でほとんどの技術を適用したシナリオさえ、その再生可能エネルギーの貢献は技術的ポテンシャルに比べて非常に低くなっている (図 TS.10.9)。分析した全てのシナリオにおいて、2050 年までの世界の再生可能エネルギーの総導入量は、使用可能な再生可能エネルギーの技術的ポテンシャルの 2%にすら及んでいない。地域レベルで見ると、2050 年の世界の再生可能エネルギーの総導入量は最大で中国の計 18% (ER2010) で、次いで OECD ヨーロッパの 15% (ER2010)、インドの 13% (MiniCam EMF 22) である。さらに、2 つの地域において、使用可能な再生可能エネルギーの技術的ポテンシャルの導入率は約 6%程度となっており、その内訳は開発途上のアジアの 7% (MiniCam EMF 22)、OECD の北アメリカの 6% (ER 2010) である。その他の 5 つの地域では、使用可能な再生可能エネルギーの技術的ポテンシャルの 5%以下しか使用可能にならない [10.3.2.1]。

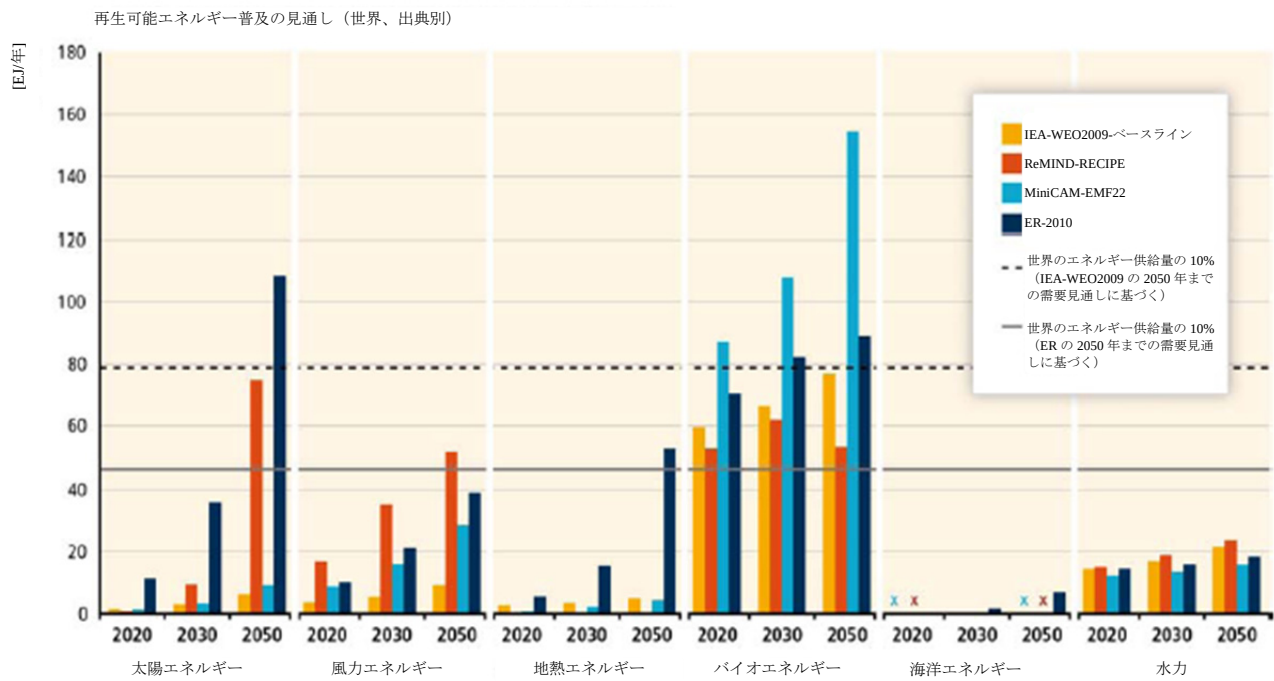
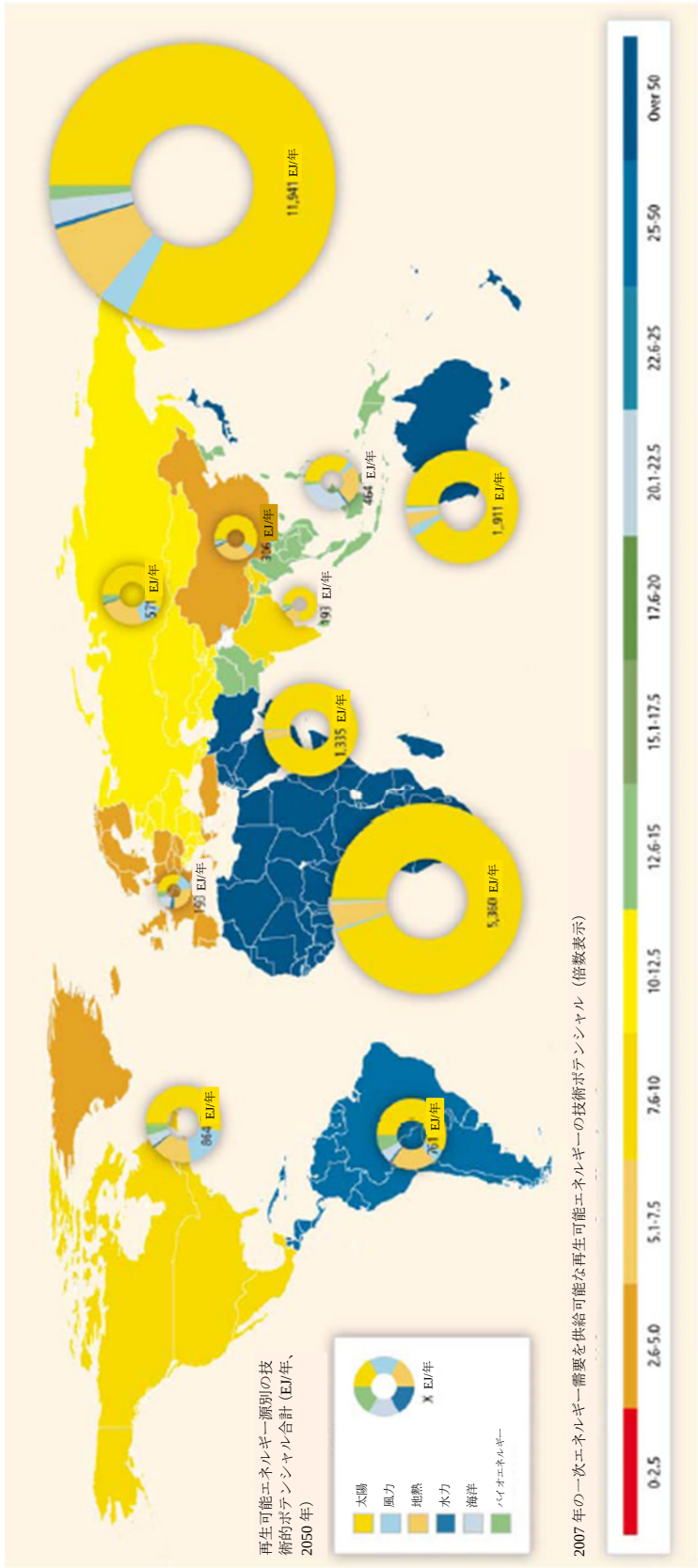


図 TS.10.8: 4 つの例示シナリオにおける供給源ごとの世界の再生可能エネルギー普及の予測と一次再生可能エネルギーの割合[図 10.14]。

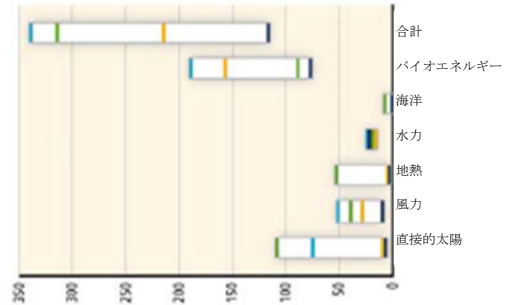


範囲グラフ：2050年までの再生可能エネルギー普及レベル（シナリオ別）と再生可能エネルギー（EJ/年）

再生可能エネルギーのポテンシャル分析：本ページの再生可能エネルギーの技術ポテンシャルは、Krewitt et al. (2009) が2009年以前に公表した研究のレビューに基づき、世界合計と地域のポテンシャルを示したものである。エネルギー生産に既に活用されているポテンシャルは差し引いていない。研究の間に見られる方法論の相違や計算方法によって、技術、地域、あるいは一次エネルギー需要に対してこれらの推定値を厳密に比較することは出来ない。2009年以降に公表された再生可能エネルギーの技術ポテンシャルの分析は一部のケースで高くなっているが、この図では含んでいない。しかしながら、一部の再生可能エネルギー技術は土地についての競合が生じる場合があり、再生可能エネルギーの技術全体を低下させる可能性がある。

シナリオデータ：IEA WEO 2009 Reference Scenario/International Energy Agency (IEA), 2009; Teske et al.; ReMIND-RECIPE 450ppm Stabilization Schenani (Luderer et al. 2009) ; MiniCAM EMF 22 1st-best 2.6 W/2 Overshoot Scenario (Calvin et al. 2009) ; Advanced Energy [R]evolution 2010 (Tresje et al., 2010)

世界-EJ/年



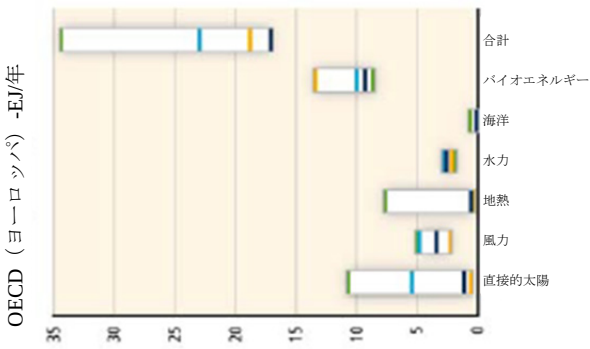
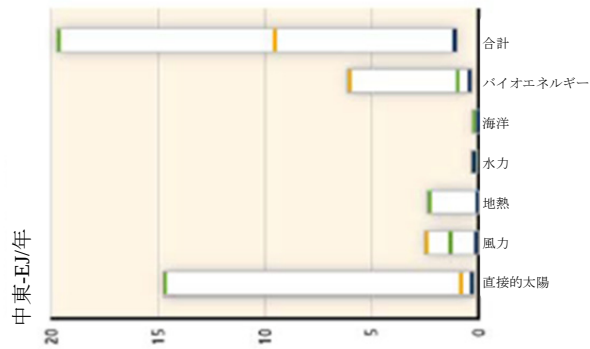
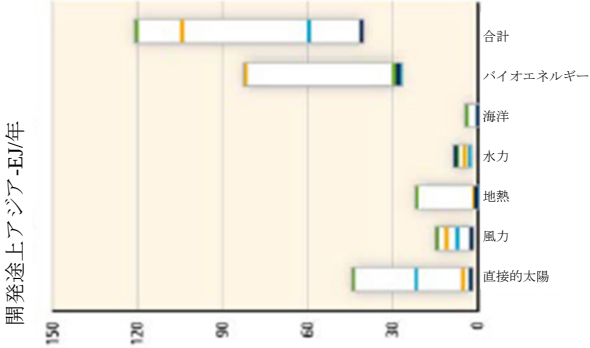
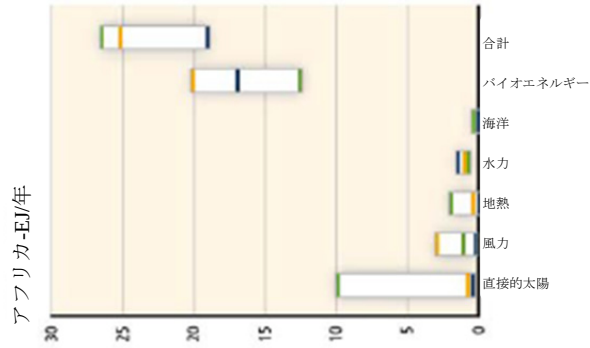
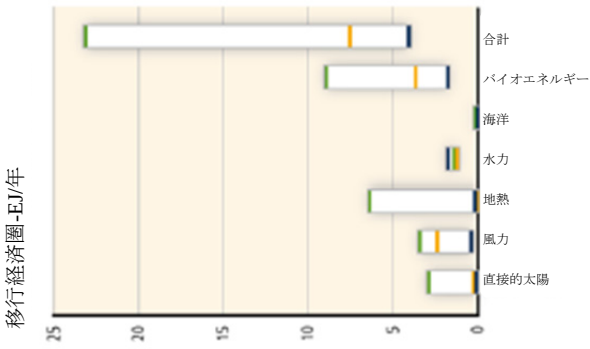
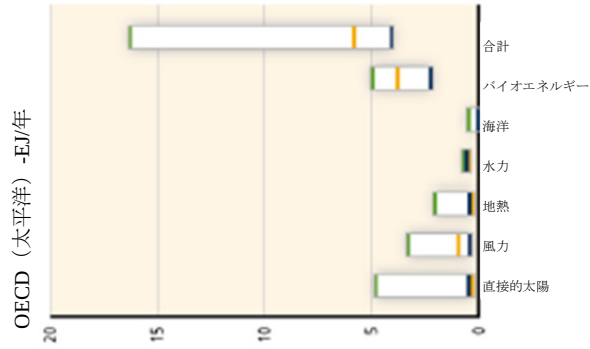
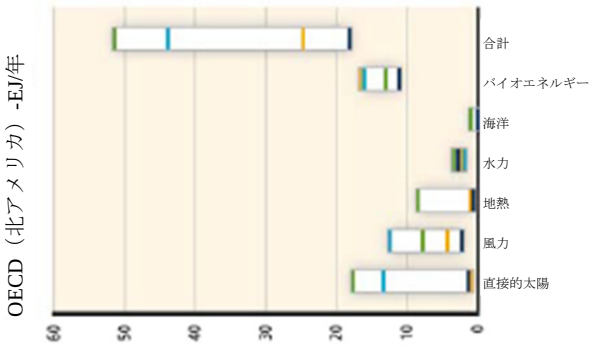
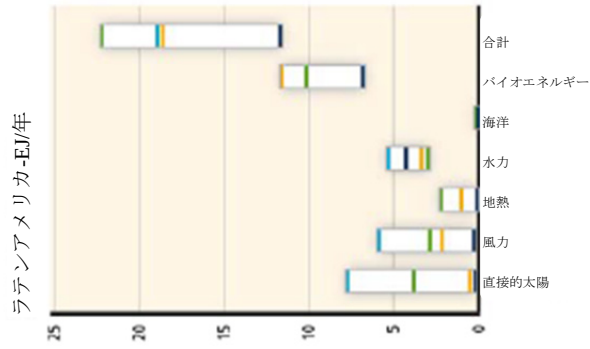


図 TS.10.9: 地域別に見た 4 つの例示シナリオにおける再生可能エネルギーの普及 (2050 年) と様々な技術に対する技術的ポテンシャルに相当する普及ポテンシャルの比較。4 つの例示シナリオは 164 シナリオの包括的な調査の一部である。これらは、具体的な温室効果ガス安定化濃度レベルを定めていない参照シナリオ (IEA WEO 2009) から、様々な二酸化炭素濃度カテゴリを代表する 3 つのシナリオまで及ぶ。3 つのシナリオのうちの 1 つがカテゴリ III (440~485ppm) の REMind-RECIPE、2 つがカテゴリ I (400pp 未満) の MiniCam EMF 22 と ER2010 である。カテゴリ I のうち MiniCam EMF 22 では、緩和の選択肢として原子力と二酸化炭素回収・貯留が含まれていることによって、その濃度レベルを達成しているのだが、ER2010 は再生可能エネルギーの楽観的な適用の道筋を採ることにより達成している。移行経済圏は、以前の中央計画経済から自由経済システムに変わった国を指す [図 10.19]。

選択された 4 つの例示シナリオでの再生可能エネルギーの普及に基づき、対応する温室効果ガス緩和ポテンシャルも計算されている。各部門では排出要因が特定され、再生可能エネルギーが代替する発電や熱供給の類いについて明示されている。代替エネルギーは全体的なシステム挙動に左右されるため、新しく一貫性のあるシナリオ分析が複雑な発電プラントの負荷配分の分析がなければ、正確には実行出来ない。従って、計算は必然的に単純な前提に基づいて行われるため、指標としての参照のみ可能である。一般に、再生可能エネルギーの正確な緩和ポテンシャルの特性は、注意深く調べる必要がある [10.3.3]。

再生可能エネルギーの適用によって、既存の化石燃料使用の構成を完全に代替するとされていることはとても多いが、例えば、原子力を含んでいる場合や再生可能エネルギー自体のポートフォリオ内で再生可能エネルギーが競争力がある場合でも、現実的には正しいとは言えないだろう。不確実性を補うために、部分的には排出要因が特定できるこのであっても、3 つの異なるケースに分けることとする (上位のケース: 化石燃料による発電構成で、具体的かつ平均的な二酸化炭素の排出。ベースラインシナリオに基づく。中位のケース: 発電構成全体における具体的かつ平均的な二酸化炭素の排出。ベースラインシナリオに基づく。下位のケース: 特定の分析シナリオの発電構成で、具体的かつ平均的な二酸化炭素の排出)。輸送部門のバイオ燃料とその他の再生可能エネルギーは、データの利用可能性が限定的なため、計算から除外した。加えて、直接暖房に使用されるバイオエネルギーのため節約された部分による温室効果ガスの排出を反映すると、計算で考慮されるのは理論的な二酸化炭素削減の半分のみである。不確実性の高さと組み込まれた温室効果ガスの変動性を考えると、前提をもう一度単純化することが必要である [10.3.3]。

図 TS.10.10 は、2020 年、2030 年、2050 年までの再生可能エネルギー源による二酸化炭素の累積削減ポテンシャルを示す。本章で詳細に検討した 4 つの例示シナリオによる。分析されたシナリオは中位のケースのアプローチであり、それぞれ、ベースライン条件に基づく 244Gt CO₂ (IEA WEO 2009)、297Gt CO₂ (MiniCam EMF 22)、482Gt CO₂ (ER 2010)、490Gt CO₂ (ReMIND-RECIPE のシナリオ) の間の累積の削減ポテンシャル (2010~2050 年) を示している。計算されたすべてのケースとシナリオによる全体の範囲は、WEO 2009 参照シナリオによる化石燃料と工業由来の累積二酸化炭素排出量約 1,530Gt CO₂ に対し、同じ期間において、IEA WEO 2009 のベースラインで 218Gt CO₂、ReMIND-RECIPE で 561Gt CO₂ となっている。しかし、これらの数字は輸送部門 (バイオ燃料と電気自動車を含む) の再生可能エネルギー使用に関する二酸化炭素削減は除いている。このため、全体的な二酸化炭素緩和ポテンシャルはこれ以上になる可能性がある [10.3.3]。

様々なシナリオに基づく再生可能エネルギー普及の道筋における世界の二酸化炭素累積削減量
(2010 年から 2020 年、2030 年、2050 年まで)

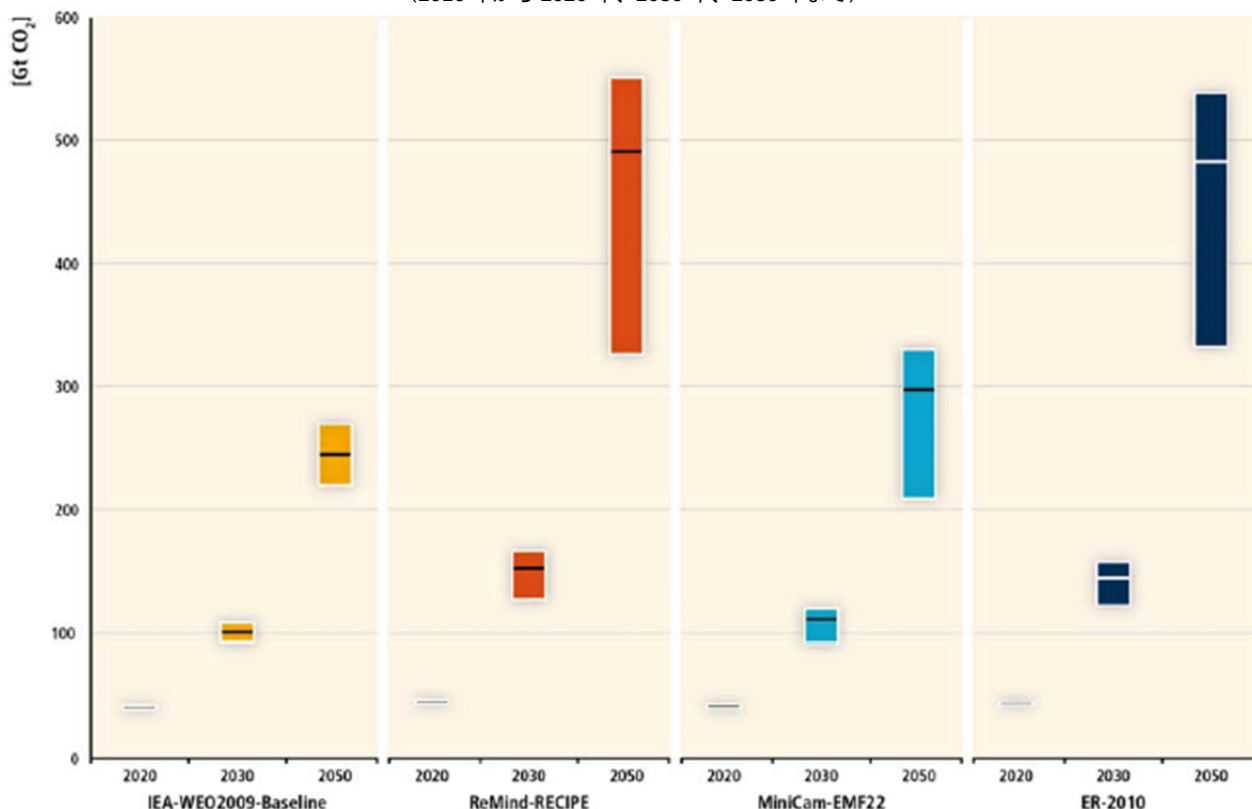


図 TS.10.10: 4 つの例示シナリオ群に示される 2010 年から 2050 年の間の世界の二酸化炭素削減量。表示範囲は、代替される在来型エネルギー源に関する不確実性を示す。上限は高炭素の化石燃料を完全に代替する想定であるが、下限は分析したシナリオ自体における具体的な二酸化炭素排出を考慮している。中央の線は、再生可能エネルギーが参照したシナリオにおける具体的なエネルギー構成を代替すると想定して計算されたものである [図 10.22]。

10.4 再生可能エネルギー源による緩和に対する地域的な費用曲線

炭素削減、エネルギー、またはエネルギー節約の供給曲線の概念は全て、同一の基盤によるものである。これらは一般に、個別のステップにより構成される曲線であり、各ステップは軽減措置や発電技術、あるいはそのポテンシャルに対する省エネルギーの限界コストに関連している。これらのステップはコストの順にランク付けされる。グラフで説明すると、これらのステップは左の最低コストから始まり、コストが高くなるにつれ右に移動し、右肩上がりの限界コスト曲線を形成する。結果として、得られた曲線は、伝統的な経済学における供給曲線と似た解釈が可能になる [10.4.2.1]。

省エネルギー供給曲線の概念はよく使用されるが、共通する特定の制限がある。最も頻繁に指摘される制限は、負のコストのポテンシャルについて科学者間で論争があること、行為者が曲線に反映されるような基準ではない他の基準に基づいて決定するような現実を単純化すること、エネルギー価格の上昇や割引率を含む将来の予想に特有の経済的または技術的な不確実性、強い集合の偏りによるさらなる不確実性、ベースラインの想定に関する高い感度、将来の発電電のポートフォリオ全体も挙げられる。個々の措置を別々に検討し、同時にまたは異なった順番で適用される措置の間の相互依存性を無視している点であり、また炭素削減曲線の場合については（不確かな）排出要因の想定に対する感度の高さも制限の 1 つと言える [10.4.2.1]。

これらの批判を念頭に置けば、方法論を詳しく述べた包括的かつ一貫性のある手法を用いた研究がほとんどない状況のなか、再生可能エネルギーの軽減コストと供給曲線に関するデータと調査結果を比較するのは非常に難しいことにも注目すべきである。地域、国レベルの研究の多くは、中期の二酸化炭素排出軽減のベースラインは 10%以下、軽減コストは約 100US ドル/t CO₂ (2005 年) としている。ここでレビューされたシナリオの多くで報告されている緩和ポテンシャルに比べ、低コストの軽減ポテンシャル

は極めて低い [10.4.3.2]。

10.5 商業化と普及のコスト

一部の再生可能エネルギー技術は、現在の市場のエネルギー価格に対して大まかには競争力を持っている。その他のほとんどの再生可能エネルギー技術は、たとえば、好ましい資源条件の地域や、他の低価格のエネルギー供給のインフラが不足している地域など、特定の状況のもとで競争力のあるエネルギーのサービスを提供することが可能である。しかしながら、世界の大部分の地域では、多くの再生可能エネルギー源の急速な普及を確実なものにするためには依然として政策措置が不可欠である [2.7, 3.8, 4.6, 5.8, 6.7, 7.8, 10.5.1, 図 TS.1.9]。

図 TS.10.11 及び TS.10.12 は、均等化発電原価 (LCOE) についての追加的なデータを示している。これは、特定の再生可能エネルギー技術や再生可能暖房技術においては、それぞれ、均等化単価 (levelized unit costs) または均等化発電コスト (levelized generation cost) とも呼ばれる。図 TS.10.13 は、輸送燃料の均等化原価 (LCOF) を示す。均等化発電原価は、エネルギー変換装置の全原価（つまり、投資費用、運転保守費用、燃料費、廃棄費用など）を指し、耐用年数内のエネルギー出力に対してこれらのコストを割り当てたものである。ただし、補助金や政策インセンティブは考慮していない。一部の再生可能エネルギー技術（たとえば太陽光発電、集光型太陽熱発電、風力エネルギーなど）は、様々なコストに対し投資コストが高い割合を占めるという特徴があるため、適用される割引率は、これらの技術の均等化発電原価に大きな影響を与える（図 TS.10.11, TS.10.12, 及び TS.10.13 参照） [10.5.1]。均等化発電原価は、文献レビューに基づき、可能である最新のコストデータを示すものである。同一の技術の均等化原価は、再生可能エネルギー源の基盤や地域的な投資費用、財政支援や運転保守などによって、世界各地でばらつきがあるため、それぞれの範囲はかなり幅広い。異なる技術間の比較は、図 TS 1.9, TS 10.11, TS.10.12, 及び TS.10.13 で提供されるコストデータのみに基づいて行うべきではなく、場所、プロジェクト、投資家に特有な状況も考慮すべきである。技術の章 [2.7, 3.8, 4.7, 5.8, 6.7, 7.8] では、この点について有益な鋭い視点を提供している [10.5.1]。

ここに示されたコストの幅には、統合コスト（第 8 章）、外部コストまたは便益（第 9 章）、または政策コスト（第 11 章）は反映されていない。適切な条件を仮定すると、その範囲の下限は、一部の再生可能エネルギー技術がすでに、世界の大部分の地域における現在のエネルギー市場において、従来型の技術と競合することが出来ることを示している [10.5.1]。

[10.4.4, 図 10.23, 10.25, 10.26, 及び 10.27] に示した供給コスト曲線は、使用可能な資源の主材料についての追加的な情報を示すものである（資源採取に関連する均等化発電原価の関数として示される）。これとは対照的に、[10.3.2.1, 図 10.15～10.17] で検討されている供給コスト曲線は、再生可能エネルギー拡大の特定の軌道がたどられた時点における、様々な地域において利用される再生可能エネルギーの（再び、関連する均等化発電原価の関数としての）総量を示す。加えて、技術の章のコストに関する節で示された均等化発電原価と図 TS.10.11, TS.10.12, 及び TS.10.13（及び Annex III において）示された均等化発電原価は、現在のコストについてのものであることは強調しなければならない [10.5.1]。

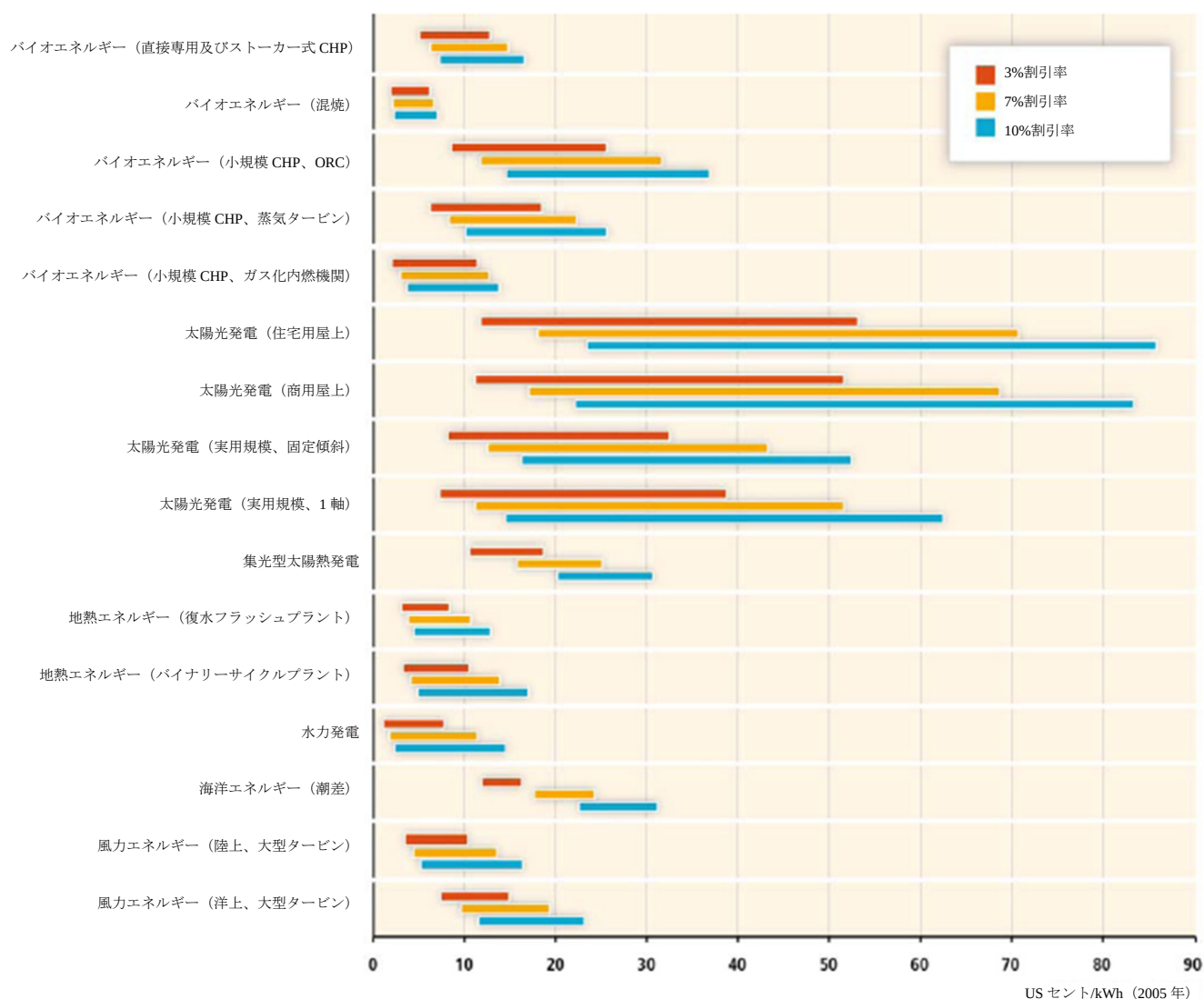


図 TS.10.11: 3%、7%、10%の割引率における商用可能な再生可能エネルギー技術の均等化発電原価。すべての技術に対する均等化発電原価の推定値は、Annex III で要約されている入力データ及び Annex II で説明されている手法に基づく。均等化原価幅の下限は、投資、運転保守、(該当する場合) バイオマスコストの幅の下限、及び設備利用率と耐用年数の幅の上限、また(該当する場合) 変換効率、副産物収入の幅の上限に基づく。均等化原価幅の上限は、投資、運転保守、(該当する場合) バイオマスコストの幅の上限、及び設備利用率と耐用年数の幅の下限、また(該当する場合) 変換効率、副産物収入の幅の下限に基づく。変換効率、副産物収入、耐用年数は、場合によっては基準値または平均値に設定されることに注意。データや補足情報については、Annex III を参照 (CHP: コージェネレーション、ORC: 有機ランキンサイクル、ICE: 内燃機関) [図 10.29]。

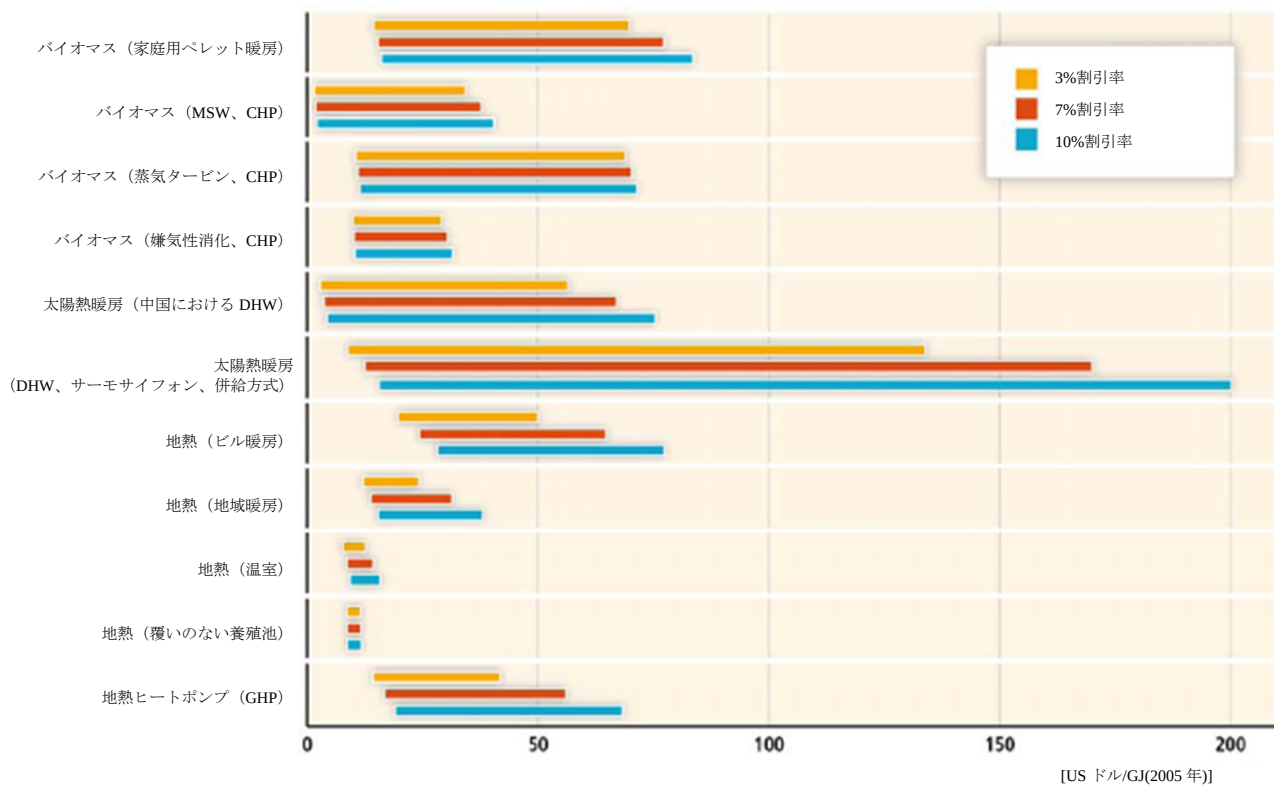


図 TS.10.12: 3%、7%、10%の割引率における商用可能な再生可能エネルギー技術の熱の均等化原価 (LCOH)。すべての技術に対する熱の均等化原価の推定値は、Annex III で要約されている入力データ及び Annex II に説明されている手法に基づく。均等化原価幅の下限は、投資、運転保守 (O&M)、(該当する場合) 供給原料のコストの幅の下限、及び設備利用率と耐用年数の幅の上限、また (該当する場合) 変換効率、副産物収入の幅の上限に基づく。均等化原価幅の上限は、従って、投資、運転保守 (O&M)、(該当する場合) 供給原料のコストの幅の上限、及び設備利用率と耐用年数の幅の下限、また (該当する場合) 変換効率、副産物収入の幅の下限に基づく。設備利用率、及び耐用年数は、場合によって、基準値または平均値に設定されることに注意。データや補足情報については、Annex III を参照 (MSW: 一般廃棄物、DHW: 住宅用温水) [図 10.30]。

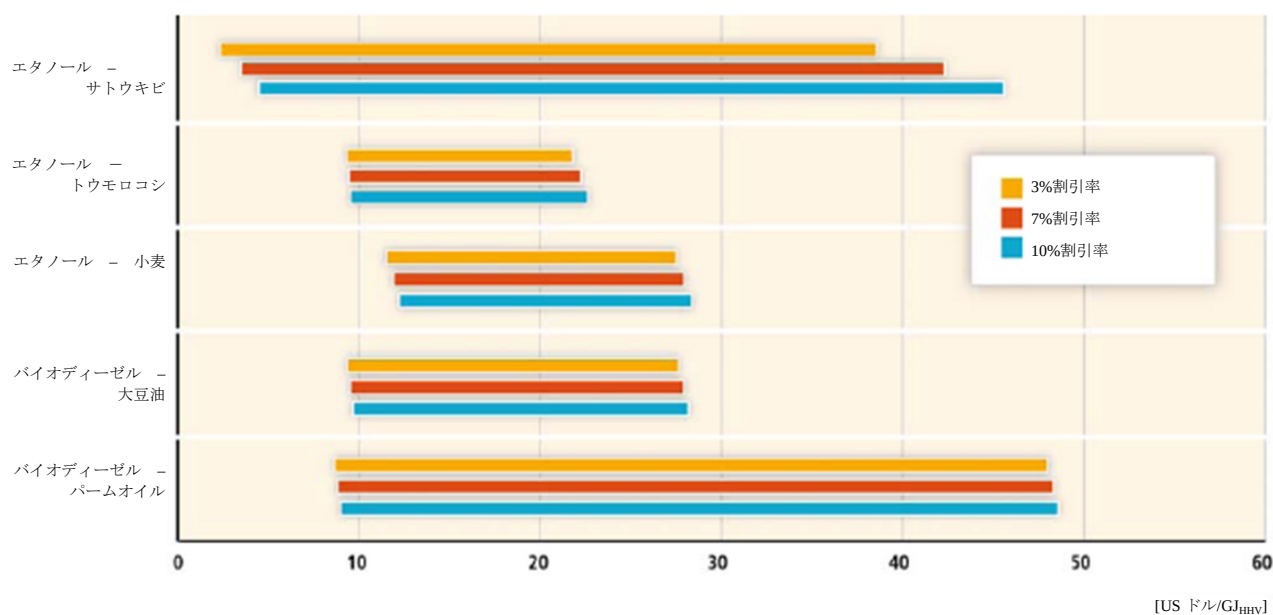


図 TS10.13: 3%、7%、10%の割引率における商用可能なバイオマス変換技術の燃料の均等化原価（LCOF）。すべての技術に対する燃料の均等化原価の推定値は、Annex III にまとめられている入力データ及び Annex II にて説明されている手法に基づく。均等化原価幅の下限は、投資、運転保守（O&M）、供給原料のコストの幅の下限によって決まる。均等化原価幅の上限は、投資、運転保守、供給原料のコストの幅の上限によって決まる。変換効率、副産物収入、設備利用率、及び耐用年数は、平均値になっていることに注意。データや補足情報については、Annex III を参照（HHV: 高位発熱量）[図 10.31]。

再生エネルギー技術における大きな進歩と関連したコスト削減は、過去 10 年間で実証された。ただし、これらを牽引する様々なドライバーや相互作用（たとえば、研究開発による学習、経験による学習、使用による学習、相互作用による学習、技術の大型化、規模の経済）は、必ずしも詳細には理解されていない [2.7, 3.8, 7.8, 10.5.2]。

経験的見地から見れば、コスト削減は、経験（または、「学習」）曲線によって説明することが出来る。

（累積の）設備容量の倍増に対し、多くの技術において、特定の投資コスト（特定のコスト指標に依存する均等化原価や単価）はほぼ一定割合の減少を示した。この改善を示す数値は、学習率（LR）と呼ばれる。観測された学習率の概要を、表 TS.10.1.に示す [10.5.2]。

表 TS.10.1: 様々なエネルギー供給技術に関する観測された学習率。古い文献では短い期間を対象としているため、信頼性が低いことに注意[表 10.10]。

技術	出典	国/地域	期間	学習率 (%)	性能測定単位
陸上風力					
	Neij, 1997	デンマーク	1982 - 1995	4	風力タービンの価格 (US ドル/kW)
	Mackay and Probert, 1998	アメリカ	1981 - 1996	14	風力タービンの価格 (US ドル/kW)
	Neij, 1999	デンマーク	1982 - 1997	8	風力タービンの価格 (US ドル/kW)
	Durstewitz, 1999	ドイツ	1990 - 1998	8	風力タービンの価格 (US ドル/kW)
	IEA, 2000	アメリカ	1985 - 1994	32	発電コスト (US ドル/kWh)
	IEA, 2000	EU	1980 - 1995	18	発電コスト (US ドル/kWh)
	Kouvaritakis et al., 2000	OECD	1981 - 1995	17	風力タービンの価格 (US ドル/kW)
	Neij, 2003	デンマーク	1982 - 1997	8	風力タービンの価格 (US ドル/kW)
	Junginger et al., 2005a	スペイン	1990 - 2001	15	ターンキー投資コスト (ユーロ/kW)
	Junginger et al., 2005a	イギリス	1992 - 2001	19	ターンキー投資コスト (ユーロ/kW)
	Soderholm and Sundqvist, 2007	ドイツ、イギリス、デンマーク	1986 - 2000	5	ターンキー投資コスト (ユーロ/kW)
	Neij, 2008	デンマーク	1981 - 2000	17	発電コスト (US ドル/kWh)
	Kahouli - Brahmi, 2009	世界	1979 - 1997	17	投資コスト (US ドル/kWh)
	Nemet, 2009	世界	1981 - 2004	11	投資コスト (US ドル/kWh)
	Wiser and Bolinger, 2010	世界	1982 - 2009	9	投資コスト (US ドル/kWh)
洋上風力					
	Isles, 2006	EU 諸国 8 か国	1991 - 2006	3	風力発電基地への投資コスト (US ドル/kW)
太陽光発電 (PV)					
	Harmon, 2000	世界	1968 - 1998	20	太陽光モジュール価格 (US ドル/Wpeak)
	IEA, 2000	EU	1976 - 1996	21	太陽光モジュール価格 (US ドル/Wpeak)
	Williams, 2002	世界	1976 - 2002	20	太陽光モジュール価格 (US ドル/Wpeak)
	ECN, 2004	EU	1976 - 2001	20-23	太陽光モジュール価格 (US ドル/Wpeak)
	ECN, 2004	ドイツ	1992 - 2001	22	システムコストのバランス価格
	van Sark et al., 2007	世界	1976 - 2006	21	太陽光モジュール価格 (US ドル/Wpeak)
	Kruck and Eltrop, 2007	ドイツ	1977 - 2005	13	太陽光モジュール価格 (ユーロ/Wpeak)
	Kruck and Eltrop, 2007	ドイツ	1999 - 2005	26	システムコストのバランス価格
	Nemet, 2009	世界	1976 - 2006	15-21	太陽光モジュール価格 (US ドル/Wpeak)
集光型太陽熱発電 (CSP)					
	Enermodal, 1999	アメリカ	1984 - 1998	8-15	設備投資コスト (US ドル/kW)
バイオマス					
	IEA, 2000	EU	1980 - 1995	15	発電コスト (US ドル/kWh)
	Goldemberg et al., 2004	ブラジル	1985 - 2002	29	エタノール燃料価格 (US ドル/m ³)
	Junginger et al., 2005b	スウェーデン、フィンランド	1975 - 2003	15	森林木材チップ価格 (ユーロ/GJ)
	Junginger et al., 2006	デンマーク	1984 - 1991	15	バイオマス生産コスト (ユーロ/Nm ³)
	Junginger et al., 2006	スウェーデン	1990 - 2002	8-9	バイオマス CHP 電力 (ユーロ/kWh)
	Junginger et al., 2006	デンマーク	1984 - 2001	0-15	バイオマス生産コスト (ユーロ/Nm ³)
	Junginger et al., 2006	デンマーク	1984 - 1998	12	バイオガスプラント (ユーロ/m ³ バイオガス/日)
	Van den Wall Bake et al., 2009	ブラジル	1975 - 2003	19	サトウキビ由来のエタノール (US ドル/m ³)
	Goldemberg et al., 2004	ブラジル	1980 - 1985	7	サトウキビ由来のエタノール (US ドル/m ³)
	Goldemberg et al., 2004	ブラジル	1985 - 2002	29	サトウキビ由来のエタノール (US ドル/m ³)
	Van den Wall Bake et al., 2009	ブラジル	1975 - 2003	20	サトウキビ由来のエタノール (US ドル/m ³)
	Hettinga et al., 2009	アメリカ	1983 - 2005	18	トウモロコシ由来のエタノール (US ドル/m ³)
	Hettinga et al., 2009	アメリカ	1975 - 2005	45	トウモロコシ生産コスト (US ドル/t トウモロコシ)
	Van den Wall Bake et al., 2009	ブラジル	1975 - 2003	32	サトウキビ生産コスト (US ドル/t)

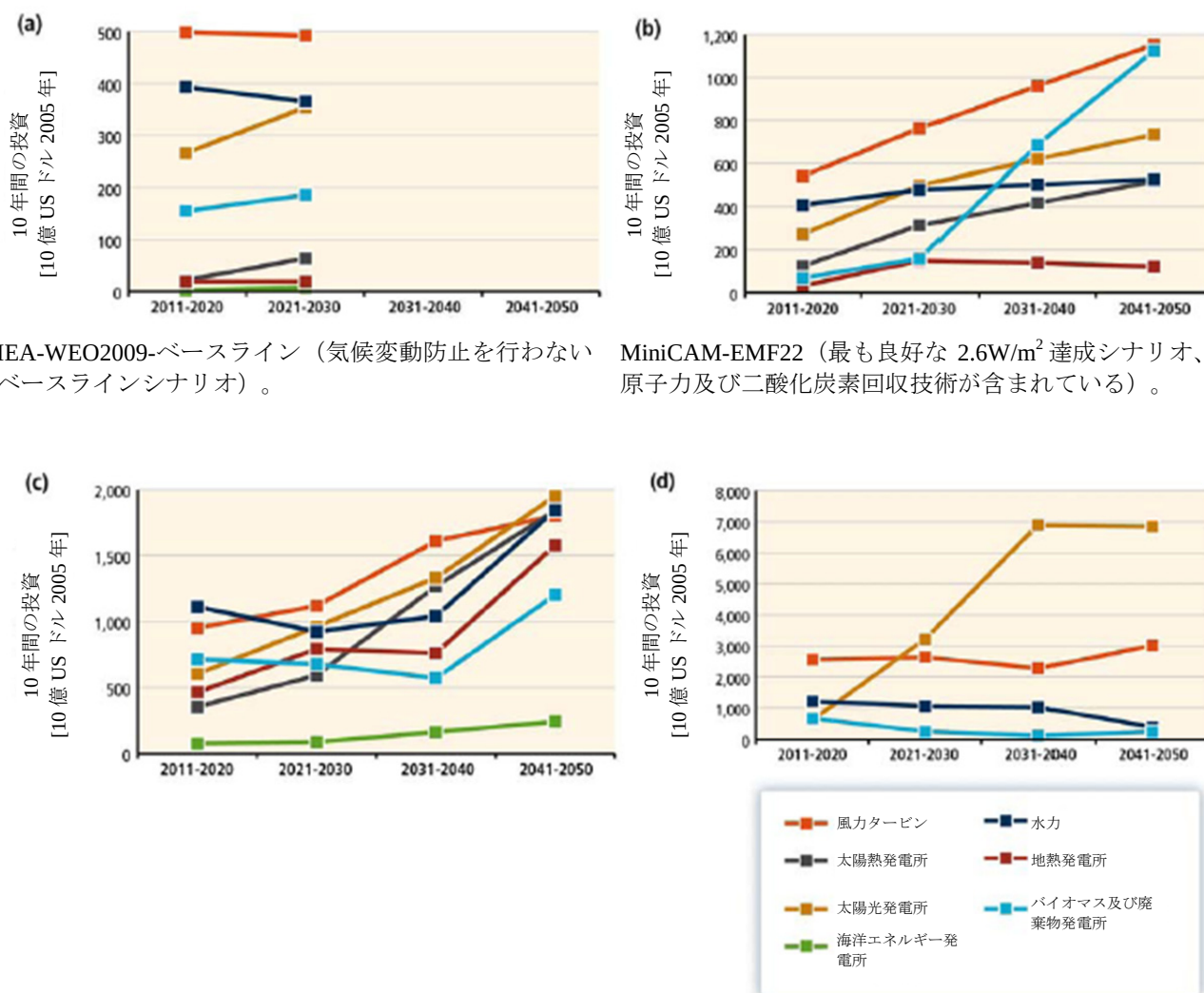
過去の経験曲線を推定することによって将来のコストを評価するあらゆる取り組みにおいては、学習率の不確実性に加え、注意事項や知識のギャップを考慮に入れなければならない。[10.5.6 と 7.8.4.1] 補足的な方法として、専門家への聞き取り調査は、将来のコスト削減の可能性についての追加的な情報を収集するために利用することができ、学習率を使用して得られた評価と比較出来る。さらに、技術改良の可能性を特定するための工学的なモデル分析も、コスト予測を開発する追加的な情報を提供する [2.6, 3.7, 4.6, 6.6, 7.7, 10.5.2]。

たとえば、重要な潜在的技術進歩や関連するコスト削減は、以下の応用分野（これに限るものではない

が）で期待されている：次世代バイオ燃料やバイオリファイナリー、先進的な太陽光発電（PV）や集光型太陽熱発電（CSP）の技術や製造プロセス、涵養地熱システム、複数の先端海洋技術。水力発電に関するさらなるコスト削減については、他の再生可能エネルギー技術ほど重要ではない可能性が高いが、広い自然条件下で水力発電プロジェクトを技術的に実行可能にし、新規及び既存のプロジェクトの技術性能を改善するための研究開発のチャンスは存在する [2.6, 3.7, 4.6, 5.3, 5.7, 5.8, 6.6, 7.7]。

特定の革新的な技術へ先行投資すべきかどうかという疑問に対する回答は、その技術を単独で扱っている限り、出すことができない。この問題点を明らかにし、とりわけ、今後の気候変動防止技術同士の競争を調べる初めての試みとして、統合評価のモデリングを行う研究者が内生的な手法による技術的学習モデルを開発し始めている。こうしたモデリングによる比較の結果、気候に関する厳しい目標を背景として、技術学習における先行投資は多くの場合正当化され得るということが示されている[10.5.3.]。

しかしながら、図 TS.10.14 で検討されている様々なシナリオやその他の研究が明白に示すように、これらの投資の正確な量や時期についてはかなりの不確実性が伴う [10.5.4]。



ER-2010 (450 ppmv CO₂eq、原子力及び二酸化炭素回収技術は含まれていない)。

ReMIND-RECIPE (450 ppmv CO₂eq、原子力及び二酸化炭素回収技術は含まれる)。集光型太陽熱発電は考慮されていないので、他のシナリオと比較して太陽光発電の割合が高い。

図 TS.10.14: 野心的な気候変動防止目標を達成するために必要な、世界における 10 年間の投資の例(単位:10 億 US ドル (2005 年))。比較対象として、(a) は IEA-WEO2009-ベースライン (気候変動防止を行わないベースラインシナリオ) を示す[図 10.34]。

10.3 節で詳細に分析された 4 つの例示シナリオは、発電部門における 10 年間にわたる世界の累積投資の範囲をカバーしている。その範囲は、2011～2020 年の 10 年間で 1 兆 3600～5 兆 1000 億 US ドル (2005 年)、2021～2030 年の 10 年間で 1 兆 4900～7 兆 1800 億 US ドル (2005 年) であり、これらの数値によって、将来の市場価格とその投資機会を評価することが出来る。低い数値は、国際エネルギー機関 (IEA) の World Energy Outlook 2009 のシナリオを参照したものであり、高い数値は、大気中の二酸化炭素 (単独) 濃度を 450ppm に安定化させるシナリオを参照したものである。参照シナリオにおける年間の平均投資額は、2009 年に報告された各々の投資額よりもわずかに減っている。2011～2020 年における再生可能エネルギー発電所部門の投資額で年間平均値の高いものは、この分野における世界の投資が現在よりも 3 倍に膨れ上がるという予測にほぼ対応したものである。さらに、次の 10 年間 (2021～2030 年) においては、5 倍に増加することが予測されている。但し、年間投資の額の多い数値でさえ、世界の GDP の 1%にも満たない。さらに、再生可能エネルギー発電所の設備容量が増えれば、化石及び原子力燃料の量は減ることになるが、一方で、一定の電力需要を満たすためにはこれらの燃料が必要とされる場合もある[10.5.4]。

10.6 社会的、環境的コストと便益

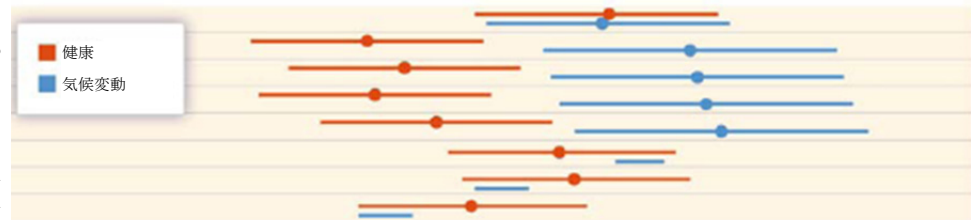
エネルギー抽出、変換、及び使用は、著しい環境的影響や社会的コストを発生させる。多くの場合、化石燃料を基盤としたエネルギーを再生可能エネルギーに変えることで、温室効果ガス排出量を削減し、それ自身による他の環境的影響や外部コストもある程度削減し得るが、再生可能エネルギーも同様に、環境的影響と外部コストを持っており、それはエネルギー源や技術に左右される。これらの影響やコストも考慮しなければならない、また、包括的なコスト評価が必要とされる場合には考慮しなければならない [10.6.2]。

図 TS.10.15 は、2つの主な外部コストの構成要素、つまり気候関連の外部コストと健康関連の外部コストの不確実性の幅が広範囲にわたっていることを示している。小規模のバイオマス燃焼 CHP 発電所は、微粒子排出による健康への影響のために、比較的高い外部コストを生じる。洋上風力エネルギーは、外部コストが最小になるものと思われる。原子力に対する外部コストは、ここでは報告されていない。それは、外部コストの特徴と評価、低頻度事故や近い将来の廃棄物処理場からの放射能漏れによる放射性核種の放出からくるリスクが、実質的に避けられない例えば気候変動や大気汚染のものとは大きく違っているからである。しかしながら、そうした原子力関連の外部影響は、社会における議論や判断によって考慮することが出来る。また、様々なエネルギーの生産チェーン（石炭、石油、ガス、水力など）による死亡者数で見た事故のリスクは、OECD 加盟国よりも非加盟国において一般に高い [10.6.3, 9.3.4.7]。

個別の技術については外部コストのみが図 TS.10.15 に示されているため、1つの技術が別の技術を代替すると仮定した場合、便益が導き出される。再生可能エネルギー源とそれを発電のために使う技術は、化石燃料を基盤とした技術よりも、発電量当たりの外部コストがほとんどの場合低い。しかしながら、例外もあるため、事例に応じた検討が必要である [10.6.3]。

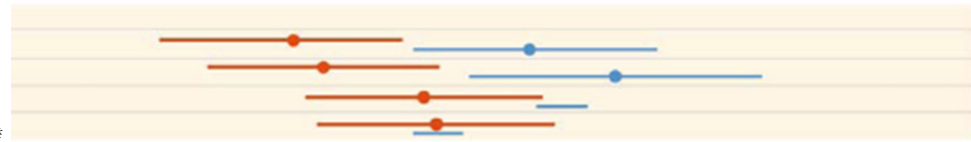
石炭火力発電所

- (A) 既存のアメリカの発電所
- (B) 石炭コンバインドサイクル $\eta=46\%$
- (B) 石炭 $\eta=43\%$
- (B) 褐炭コンバインドサイクル $\eta=48\%$
- (B) 褐炭 $\eta=40\%$
- (C) 硬質炭 800 MW
- (C) 硬質炭 燃焼後、二酸化炭素回収・貯留付き
- (C) 褐炭 酸素燃焼、二酸化炭素回収・貯留付き



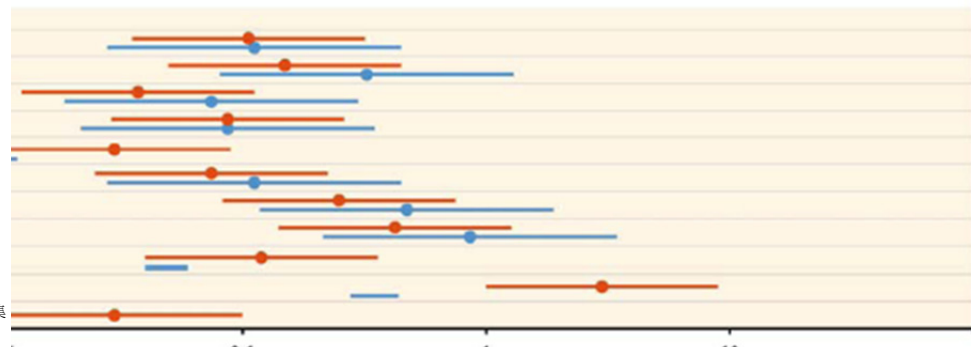
天然ガス火力発電所

- (A) 既存のアメリカの発電所
- (B) 天然ガス $\eta=58\%$
- (C) 天然ガス コンバインドサイクル
- (C) 天然ガス 燃焼後、二酸化炭素回収・貯留付き



再生可能エネルギー

- (B) 太陽熱
- (B) 地熱
- (B) 風力 2.5 MW、洋上
- (B) 風力 1.5 MW、陸上
- (C) 風力、洋上
- (B) 水力 300 kW
- (B) 太陽光発電 (2030 年)
- (B) 太陽光発電 (2000 年)
- (C) 太陽光発電、南ヨーロッパ
- (C) バイオマス CHP 6 MWeI
- (D) バイオマス、火格子ボイラー、静電集塵器(ESP) 付き 5・10 MW 燃料



外部コスト[US セント/kWh]

図 TS.10.15: 再生可能エネルギー及び化石エネルギーの発電のライフサイクルに起因する外部コストの例。この図は対数スケールとなっていることに注意。黒線は、気候変動に起因する外部コストの範囲を示し、赤線は、大気汚染物質による健康への影響に起因する外部コストの範囲を示す。化石エネルギーでは、二酸化炭素回収・貯留が装備されていない場合、気候変動に起因する外部コストが大部分を占める。Comb.C: コンバインドサイクル (Combined Cycle)、Postcom: 燃焼後 (Post-Combustion)、 η : 効率要素。これらの結果は、それぞれ異なる仮定による 4 つの研究に基づく (A~D)。健康への影響の外部コストに対する不確実性は、3 倍であると考えられている [図 10.36]。

しかし、エネルギー源の外部影響に関する評価及び判断については、不確実性が多く存在している。物理学的、生物学的、及び健康面での損害についての評価には、多くの不確実性が含まれ、その推定値は通常、計算モデルに基づいている（その結果については、多くの場合立証が難しい）。その損害や変化は、コスト算出に利用されるような市場価値をほとんど持たない。従って、損害の評価は間接的な情報またはその他の方法を使用せざるを得ない。また、損害の多くは、遠い将来において、ここで検討されたエネルギー生産の恩恵を受けている社会とはまったく異なる社会において起こるものであるため、判断を複雑なものにしている。こうした要因は、外部コストの不確実性の一因となっている [10.6.5]。

しかしながら、再生可能エネルギー由来の外部コストと便益に関する知見は、最良の選択肢を選び、エネルギーシステムを全体として省エネルギーと高福祉の方向へ導くための社会への助言を提供する [10.6.5]。

第 11 章：政策、財政支援及び実行

11.1 序論

再生可能エネルギーの生産量は世界で急速に増加しているが、多数の障壁がその発展を阻害し続けている。したがって、再生可能エネルギーが、気候変動緩和に多大に且つ急速に貢献する可能性がある場合、様々な形の経済支援政策や促進的環境を作り出す政策が必要とされる可能性が高い [11.1]。

再生可能エネルギー政策は、再生可能エネルギーの技術開発及び普及を妨げる様々な障壁を乗り越えるのを支援し、再生可能エネルギーが占める割合の拡大を促進してきた。再生可能エネルギー政策はすべてのレベルの行政（地方、州・県、国、世界）において制定されており、その範囲は技術開発に対する基礎的な研究開発から、導入される再生可能エネルギーシステムやそれらが生み出す電力、熱、燃料の利用促進までである。一部の国では、規制機関や公益事業が責任を与えられているか、または独自のイニシアチブで再生可能エネルギーのメカニズムの支援を計画し、実行する。国際機関、開発銀行のような非政府関係者も重要な役割を担っている [1.4, 11.1, 11.4, 11.5]。

再生可能エネルギーは、配電（利用可能性）の時間や信頼性、再生可能エネルギーのネットワークへの統合に関するその他の測定基準といった、新たな評価因子によって評価される。また、再生可能エネルギー普及を促す環境を作り出すために、政府やその他の主体が出来ることもたくさんある [11.1, 11.6]。

11.1.1 気候変動政策をはじめとした再生可能エネルギー特有の政策の根拠

再生可能エネルギーは、社会に多くの便益をもたらす。一部の再生可能エネルギー技術は現在の市場エネルギーの価格と広範囲にわたり競合している。広範囲にわたる競合をしていない別の再生可能エネルギーの多くも、一定の状況下では競合するエネルギーサービスを提供している。しかし世界の大部分の地域においては、いまだに再生可能エネルギーの普及拡大の促進には政策措置が必要とされている [11.1, 10.5]。

気候政策（炭素税、排出量取引または規制政策）は、炭素集約技術と比較すると低炭素技術の関連費用を減少させる。しかし、気候政策（炭素価格など）のみで再生可能エネルギーに関する広範囲の環境・経済的・社会的目的を満たすのに十分なレベルで、再生可能エネルギーの促進を図れるかは疑問である [11.1.1]。

2 つの関連性のない市場の失敗が、排出量取引市場（または一般に温室効果ガス価格政策）が存在していても、技術開発の潜在力が高い革新的な再生可能エネルギー技術の追加支援を行う理由を作り出している。1 つ目の市場の失敗は、温室効果ガス排出の外部費用である。2 つ目の市場の失敗はイノベーションの分野にある。つまり、企業が再生可能エネルギー技術の学習に対する投資の将来の便益を過小評価する場合、またはそれらの便益を使用できない場合、企業はマクロ経済の観点から最適とされる額よりも少ない額で投資をする、ということである。温室効果ガス価格政策だけではなく再生可能エネルギーに特有な政策も、関連する技術開発の機会があるならば（または気候変動緩和を超える目標が達成されるならば）、経済的観点から妥当である。ロックイン、炭素リーケージ及びリバウンドの影響のような潜在的悪影響は、政策のポートフォリオ設計において考慮されなければならない [11.1.1, 11.5.7.3]。

11.1.2 政策のタイミングと強み

展開政策に対する研究開発政策の調整のタイミング、強み、レベルは、その政策の効率と効果、社会に対する総コストに対し、次の 3 つの方法で影響を与える。1) 国が再生可能エネルギーを直ちに促進するか、あるいはコストがさらに下がるまで待つか 2) 国が再生可能エネルギーを支援すると決断した場合、その後の研究開発政策が普及政策に移行するタイミング、強さ、及びコーディネート 3) 加速させる「市場需要」政策と緩やかな「市場需要」政策の実施のコストと便益の比較についての重要な議論。1 つ目に関して、化石燃料技術に対し、十分な競争力を持つには、損益分岐点に達するまで再生可能エネルギーに対する大幅な事前投資が必要となる。その投資を行わなければならない時期は目標によって異なるが、国際社会が世界の気温上昇を 2℃に安定させることを目標とするならば、低炭素技術に対する投資はすぐにでも開始しなければならない。

11.2 現在の動向：政策、財政支援及び投資

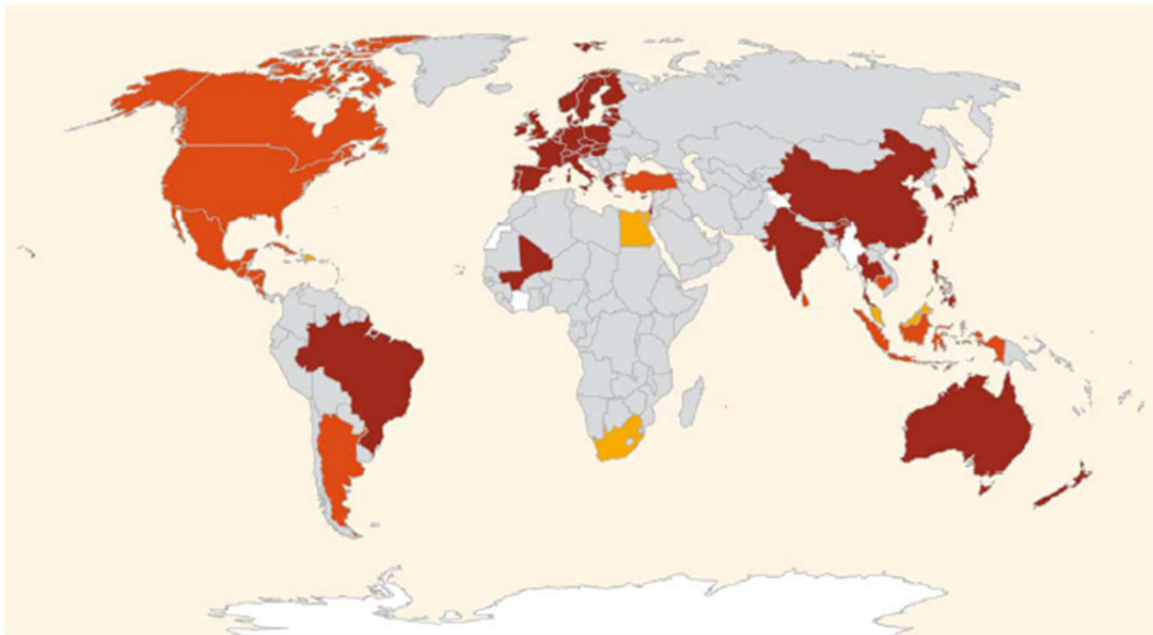
ここ数年、再生可能エネルギー政策の数及び種類が増えたことにより、1990 年代初頭までは、再生可能エネルギーの利用を促進する政策を制定する国はわずかであった。その後、特に 2000 年代初頭から中頃以降は、だんだん多くの国の地方自治体、州・県並びに国家レベル、また国際レベルにおいて政策が制定され始めている（図 TS.11.1 参照）[1.4, 11.1, 11.2.1, 11.4, 11.5]。

当初導入された政策の多くは先進国におけるものであったが、1990 年代後半から 2000 年代初頭以降は、再生可能エネルギーの利用を促進する政策の枠組みを政府の様々なレベルで制定する発展途上国も増えてきている。2010 年代初頭までにこれらの再生可能エネルギーの電力政策を持つ国のうち、約半数が世界各地の発展途上国である [11.2.1]。

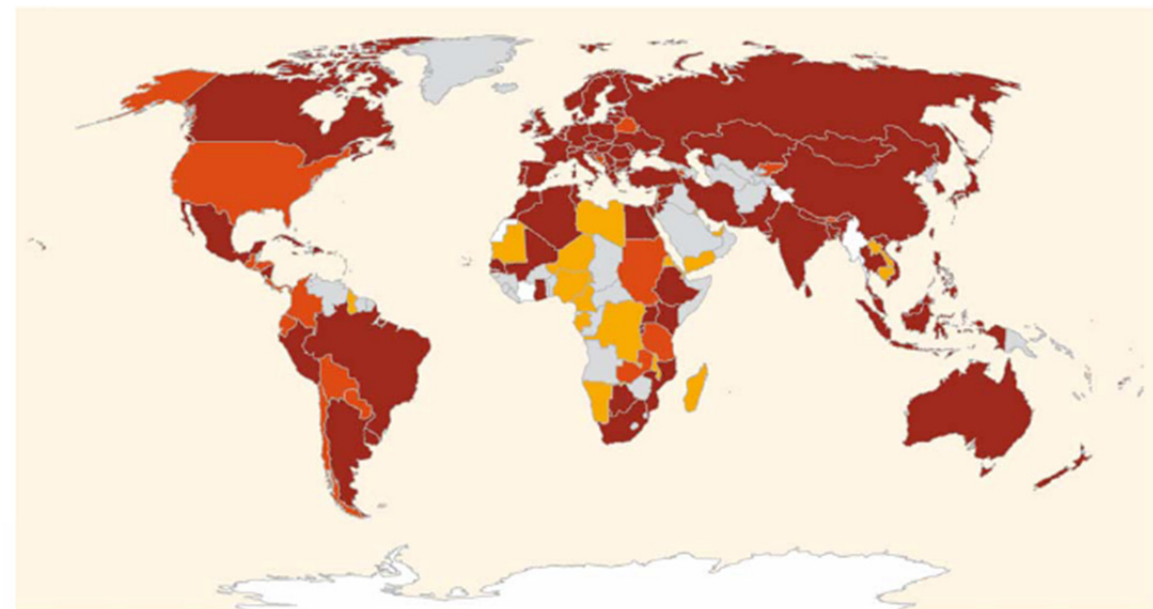
再生可能エネルギー政策を持つ多くの国は整備された複数の枠組みを有しており、現行の政策と対象の多くは時間とともに強化されてきた。国家の政策を超えて、国際政策や協定も増えている。世界中の数百に及ぶ都市や地方政府も、目標の確立、または再生可能エネルギー普及政策や地方の再生可能エネルギー開発を促進するためのその他の機構の制定を行っている [11.2.1]。

再生可能エネルギー政策の焦点は、冷暖房及び輸送部門を含めた、もっぱら電力だけに集中するものから変化している。これらの傾向は、再生可能エネルギー技術の範囲の拡大とその製品及び実際における成功例が増加するのとは一致している（第 2～7 章を参照）。同様に再生可能エネルギーにおける年間投資の急速な増加、及び、特に 2004 年や 2005 年以降の財政支援機関の多様性と一致している[11.2.2]。

2005 年



2011 年初頭



■ 1つ以上の再生可能エネルギーに特化した政策があり、1つ以上の再生可能エネルギーの普及目標を持つ国
■ 1つ以上の再生可能エネルギーに特化した政策を持つ国
■ 再生可能エネルギーに特化した政策、再生可能エネルギーの普及目標のどちらも持たない国

図 TS.11.1: 2005 年中頃及び 2011 年初頭における少なくとも 1 つ以上の再生可能エネルギーに特化した普及目標や普及政策を持つ国。この図は、国家レベルの目標や政策を持つ場合に限り（地方自治体や州/県レベルを含まない）、必ずしも包括的なものではない [図 11.1]。

支援政策環境の拡大に呼応して、2004～2005 年以降、世界的に再生可能エネルギー部門全体の投資レベルが大幅に増加している。ファイナンスは、「一連の」技術開発またはその個々の段階に対して行われる。一連の技術開発には、1) 研究開発、2) 技術開発及び商業化、3) 設備製造及び販売、4) プロジェクトの建設、及び 5) 主に合併及び買収を通じた借り換え及び企業の売却、の 5 つの区分がある。以下のようにファイナンスは再生可能エネルギー部門の現在及び予想される成長の指標となり、これらの段階のそれぞれにおいて時間とともに増額されてきた [11.2.2]。

- （1） 研究開発のファイナンスと（2） 技術開発及び商業化の動向は、その部門の中長期的予想の指標となる。通常、数年後に技術が完全に商業化されて初めて利益が上がり始める形の投資が行

われている [11.2.2.2, 11.2.2.3]。

- ・（3）製造販売の投資の動向は、その部門（特に市場需要の増加が続く場合）の短期的予想の指標となる [11.2.2.4]。
- ・（4）建設投資の動向は、温室効果ガスに関連するコストの内部化が再生可能エネルギー・プロジェクトへの新しい資金の流れにつながる可能性の程度を含め、現在の部門の活動の指標となる [11.2.2.5]。
- ・（5）産業の合併・買収の動向は、その部門の成熟度全体を反映し、時間とともに広がる借り換え活動の動きは、従来の大口投資家が初期段階の成功した投資を先行者から買収しつつ、さらにその部門に参入することを意味する [11.2.2.6]。

11.3 主たる動因、機会及び便益

再生可能エネルギーは社会に対し多くの便益をもたらすことが出来る。二酸化炭素排出量の削減に加え、政府は地方環境の整備と健康効果など、以下のような多数の目標を達成するための再生可能エネルギー政策を決定してきた。すなわちエネルギー利用の促進、特に地方に対するもの、エネルギー技術及びエネルギー資源のポートフォリオ多様化によるエネルギー安全保障目標の向上、及び潜在的な雇用機会や経済成長による社会的及び経済発展などである [11.3.1–11.3.4]。

再生可能エネルギーにおける動因の相対的重要性は国によって異なり、時間が経つにつれ変化する。エネルギーの利用は、発展途上国では一次の動因とされるが、先進国ではエネルギー安全保障と環境に関する懸案事項が最も重要である [11.3]。

11.4 再生可能エネルギーの政策立案、実行、及びファイナンスに対する障壁

再生可能エネルギー政策は、再生可能エネルギーの技術開発や普及を妨げる様々な障壁を取り除く支援をすることで、再生可能エネルギーの割合の増加を促進してきた。再生可能エネルギー政策の決定、実行及び財政支援それぞれに特有の障壁（市場の失敗など）は再生可能エネルギーの普及をさらに阻害する可能性がある [1.4, 11.4]。

政策の策定及び制定の障壁には、再生可能エネルギー資源、技術、政策オプションに関する情報及び意識の不足、「ベストな」政策設計またはエネルギーの移行を実行する方法に関する理解の不足、外部コストと便益の定量化及び内部化に伴う困難性、既存の技術、政策にロックインされてしまうことなどがある [11.4.1]。

政策実行に関連する障壁には、既存の規制との矛盾、熟練労働者の不在や再生可能エネルギー政策を実施する制度の能力不足が含まれる [11.4.2]。

財政支援への障壁には、投資家間の認識不足、タイムリーで適切な情報の不足、財政支援構造及びプロジェクトの規模に関する問題、限定的な実績に関する問題が含まれる。また、一部の国では、不完全な資本市場や手ごろな財政支援を利用する手段の不足などの組織的な脆弱性がある。これらすべてはリスクとしての認識を増大させ、その結果コストが増加し、または再生可能エネルギーのプロジェクト財政支援の獲得をより困難にする。最も肝心なのは、多くの再生可能エネルギー技術が、現在のエネルギー市場価格に対する経済的競争力を持たないことであり、様々な形の政策の支援がないために投資家にとってそれらの技術が金融的に無益なものになること、また、それにより投資資本が制限されることである [11.4.3]。

11.5 政策オプションの経験とその評価

多くの政策オプションにより、再生可能エネルギー技術支援は、初期段階、実証、商業化の前段階から成熟及び広範囲の普及までの段階で可能となっている。

これらの政策には、再生可能エネルギー技術を促進させるための政府の研究開発政策（供給プッシュ）、再生可能エネルギー技術の市場を生み出す目的の普及政策（需要プル）が含まれる。政策は様々な方法で分類され得るが、世界的に認められた再生可能エネルギーの政策オプションまたは分類のリストは存在しない。本章では簡略化するために、以下の分類によって研究開発や普及政策を体系化した [11.5]。

- ・ 財政上のインセンティブ：個人、家庭、企業などのアクターが、所得税やその他の税を介して、国庫への負担を減額される、あるいは払い戻しまたは助成金という形で国庫から支払いを受けている。
- ・ 公的ファイナンス：財務リターンが期待出来る公的支援（ローン、株式）や、金融債務の負担（保障）
- ・ 規制：適用される者の行為を指導または制御する規則

目標は政策の中心的要素ではあるが、実施中の政策を成功させるのに特定の目標が必要なわけではない。さらに、目標を設定しても、それを遂行する政策がない場合、その目標は達成されない可能性が高い [11.5]。

政策手段の成功は、様々な目的や基準をどの程度達成可能かという点で決まる。

- ・ **効果**：意図した目的が達成された度合
- ・ **効率**：投入資本（インプット）に対する結果の比率、つまり経済的資源の消費に対して、実現した再生可能エネルギーの目標の比率
- ・ **エクイティ（株式の出資持ち分）**：政策の負担と配当の結果
- ・ **制度の実現可能性**：政策手段が合理的だとされ、賛同を得、採用され、実行される可能性の度合 [11.5.1]。

文献の多くは政策の効果及び効率に重点を置いている。特定の政策オプションの要素により、政策オプションが様々な基準を達成しやすくなったり、しにくくなったりする。また、これらの政策の設計や実行方法により、どの程度これらの基準を満たすかが決まる。政策やその設計の細部の選択は、最終的には政策決定者が考える目的や優先順位に依存する [11.5.1]。

11.5.1 再生可能エネルギーの研究、開発に関する政策

新しい低炭素技術の研究開発、イノベーション、普及及び展開は導入者が考えている以上に社会に便益をもたらし、その結果、その取り組みにかかる投資は少なくて済む。したがって、政府の研究開発は再生可能エネルギーを発展させる重要な役割を果たすことが出来る。全ての国が公的資金で研究開発を支える余裕があるわけではないが、一定のレベルの支援が可能な大多数の国では、再生可能エネルギーの公的研究がその初期技術の性能を高めることで初期の採用者の要求を満たすことが出来、既に商業環境で機能する既存の技術も改良している [11.5.2]。

政府の研究開発政策は学術的研究開発基金、助成金、賞金、税控除及び公営研究センターの利用などの財政的インセンティブや、長期低利貸し付け、転換権付き貸し付け、公的出資比率及びベンチャー・キャピタル基金などの公的な融資を含む。研究開発の題目で行われる投資は、再生可能エネルギーの資源マッピングから、商用の再生可能エネルギー技術の改良に到るまで、技術開発のライフサイクルに沿った幅広い活動にまたがっている [11.5.2]。

研究開発政策の成功は多くの要因に左右される。その一部は明確に定まるが、残りは文献の中で論争の対象となる。研究開発プログラムの結果の成功は、割り当てられた資金総額だけに関係するのではなく、毎年の財政支援の一貫性にも関係がある。研究開発が運用されたりされなかったりすると、技術の学習には悪影響が出る。また、学習とコスト削減は、継続性、コミットメントと取り組みの組織化、資金の

管理場所と管理方法に左右され、また同様に取り組みの規模にも依存する。文献には、急進的な技術進歩ではなく、漸増的な改善を目指す研究を通じた進展が研究開発政策にとってより成功するアプローチであると論じている。研究開発に対する助成金（及びその範囲を超えるもの）は「出口戦略」を持つよう設計されており、それにより技術が商品化され、環境の整った機能的で持続可能な部門を離れていくにつれ、助成金は徐々に廃止される [11.5.2.3]。

理論的な文献と技術的なケーススタディの両者から得られた最も確実な研究成果の1つによれば、研究開発投資は、他の政策手段で補完される場合に最も効果的である。限定的ではないが、特に、新たな再生可能エネルギー技術の需要を同時並行で強化する政策が、これに当てはまる。技術開発において、比較的初期の普及政策は、たとえば日本やデンマークのように、研究開発を通じたものか（製造の結果としての）活用を通じたものかを問わず、その学習を促進させる。研究開発及び普及政策は、一体となって研究開発に対する民間部門投資を引き出すプラス方向のフィードバック・サイクルを形成する（図TS.11.2を参照） [11.5.2.4]。

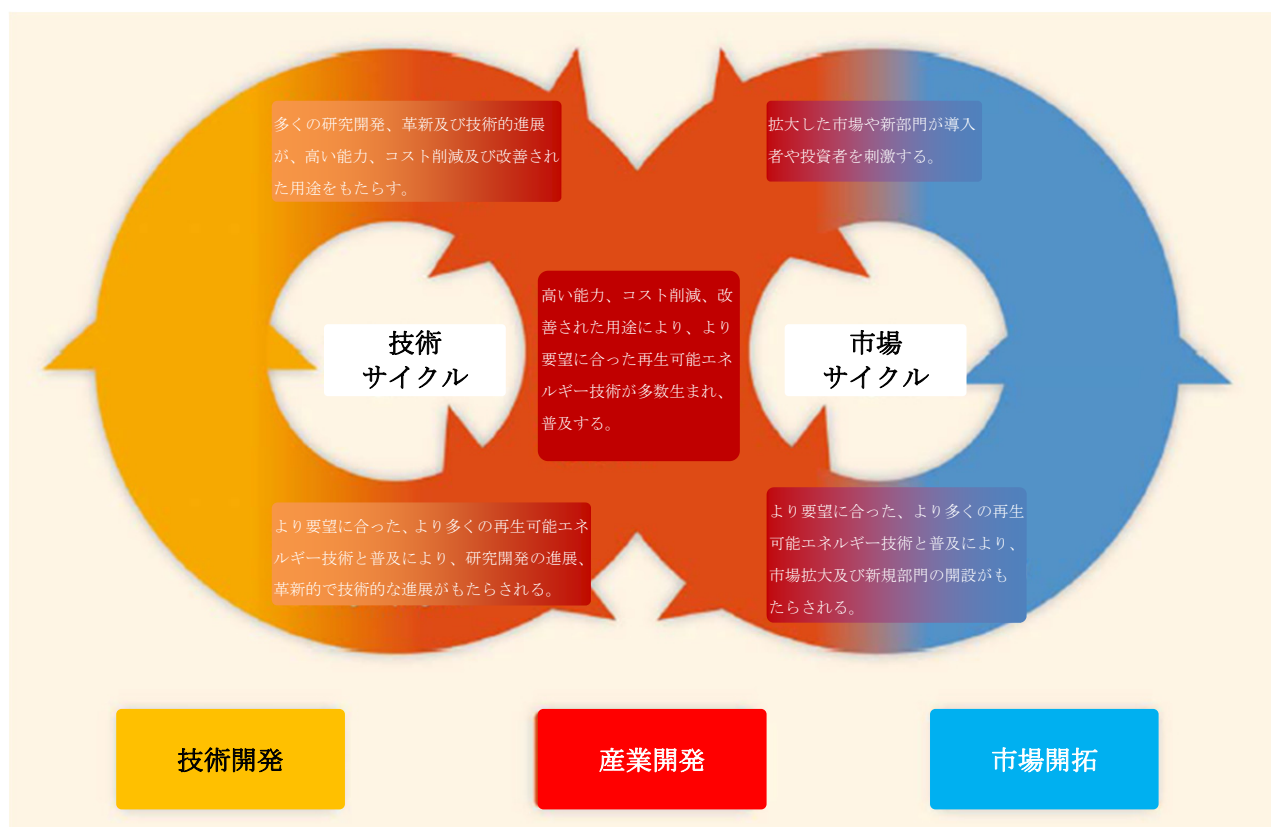


図 TS.11.2: 技術コストを下げる技術開発と市場展開の相互強化サイクル[図 11.5]

11.5.2 普及政策

特に再生可能エネルギーの普及を促進するために制定された政策の枠組みは多様であり、すべてのエネルギー部門に応用が可能である。これらには財政的インセンティブ（助成金、エネルギー生産報酬、割り戻し、税控除、減免、可変または加速減価償却）、公的ファイナンス（株式投資、保証、貸付、公的調達）及び、規則（市場割当、入札・競売、固定価格買取制度、エコ表示とグリーン・エネルギー購入、余剰電力購入、優先アクセス又はアクセスの保証、優先送電）が含まれる。規則とその影響は、ある最終消費部門と別の最終消費部門とでは大きく異なる一方、財政的インセンティブ及び公的ファイナンスはすべての部門に対し、広く適用される [11.5.3.1]。

インセンティブは、設置関連の先行投資コストの低減、生産コストの低下、または再生可能エネルギー発電で受け取る支払いの増加により、再生可能エネルギー投資のコスト及びリスクを軽減することが出来る。財政上のインセンティブはまた、エネルギー市場価格に比べて再生可能エネルギーが競争的に不利な立場のままになっている様々な市場の失敗を補償し、再生可能エネルギー投資の財政的負担を減ら

す手助けとなる [11.5.3.1]。

財政的インセンティブは種類の異なる政策を組み合わせた場合、最も効果的となる傾向にある。一般に、生産に助成金を出すインセンティブは、望ましい結果、即ちエネルギーの発生 (Sawin, 2001) を促進するため、投資助成金に比べ好まれる。しかし政策は、特定の技術や成熟の段階に合わせなければならず、投資の助成金は、ある技術が依然として比較的割高な場合か、その技術の適用規模が小さい場合 (小規模な屋上の太陽熱システムなど) に役立つものになり得る。特に、技術の基準とシステム及び設備の最低限の質を保証する証明が組み合わされている場合に当てはまる。交付や割り戻しの利益はあらゆる収入レベルの人に対し公平であり、その結果、幅広い投資と活用を促進するので、風力エネルギー政策の実例からは、生産交付及び割り戻しは税控除が望ましいとされる。また、一般的に購入または生産の時点、またはその前後で交付や割り戻しが行われるため、(課税期間の終了時に向けて最大限投資する傾向よりも) 時間が経つにつれより一様に増加する結果となる。税を基にしたインセンティブは、昔から最も成熟し、安価な利用可能技術のみを促進するのに利用される傾向にある。一般に、多くの利益を上げ、納税しており、税控除を有益に利用する立場にある民間部門企業が存在する国では税控除が最適な働きをする [11.5.3.1]。

公的ファイナンスのメカニズムには2つの目的がある。1つは再生可能エネルギー・プロジェクトへの商業的な投資を直接集めたり実施すること、もう1つはこれらの技術を対象にした大規模で商業的に持続可能な市場を間接的に創り出すことである。長期低利貸し付けや保証のような従来の公的ファイナンスの政策に加え、多数の革新的な枠組みが、地方行政レベルなどの様々なところで現れてきている。これには、再交付が、エネルギーの節約 (カリフォルニア州の Property Assessed Clean Energy など) や多目的に利用する政府資金の「リサイクル」 (再生可能エネルギーのプロジェクトのエネルギー効率向上により貯蓄される公的資金の利用など) に適合可能にする資産所有者に対する長期貸付による再生可能エネルギーのプロジェクトの投資が含まれる [11.5.3.2]。

再生可能エネルギー技術及びエネルギー供給の公共調達、再生可能エネルギー市場を刺激するメカニズムと言及されることが多いが、実際にはそれほど活用されているわけではない。政府は、自己の保有施設用に再生可能エネルギーを購入する公約を行うか、消費者に対しクリーン・エネルギーのオプションを推奨することによって、再生可能エネルギー開発を支援することが出来る。この枠組みのポテンシャルは大きい。多くの国、州、及び国家において、エネルギー購入は公的支出の最も大きい割合を示し、政府が最大のエネルギー消費者である [11.5.3.2]。

規制政策には、量主導型政策と価格主導型政策がある。これには、クォータ制、固定価格買取制度、質的側面と質的インセンティブ、及びネットメーターなどのアクセス手段などが含まれる。量主導型政策は、達成すべき量を定め、市場が価格を決定出来るようにする。一方、価格主導型政策は、価格を定め、市場が量を決定出来るようにする。量主導型政策は、義務または命令の形式をとることで最終消費部門の3部門全てに利用可能である。質的インセンティブには、グリーン・エネルギー購入とグリーンラベルプログラムなどがある (政府により義務づけられることがあるが、常時ではない)。質的インセンティブには、グリーン・エネルギー購入及びグリーン表示プログラムなどがある (政府により義務づけられることがあるが、常時ではない)。このプログラムは、消費者にエネルギー製品の質に関する情報を提供し、自発的に決定出来るようにし、再生可能エネルギーの需要を牽引する [11.5.3.3]。

普及に対する政策 - 電力

今日まで、冷暖房や輸送よりも発電に対して再生可能エネルギーの利用を促進する政策はるかに多く制定されてきた。これらには、再生可能エネルギー電力発電に対する投資や、それを促進するための財政的インセンティブ、公的ファイナンス、及び様々な電力に特有の規制政策が含まれる。政府は再生可能エネルギー電力の利用を促進する様々な政策形式を使用するが、実施している最も一般的な政策は固定価格買取制度や市場割当 (または再生可能エネルギー利用割合基準 (RPS)) である [11.5.4]。

量基準型政策 (市場割当、再生可能エネルギー利用割合基準、及び入札・競売政策) や価格基準型政策 (固定価格及び割り増し価格の固定価格買取制度)、主に市場割当及び固定価格買取制度の評価を行い、効果及び効率の基準に焦点を置く文献が多数存在する。欧州委員会向けに実施されたものを含む、多くの過去の研究は、「適切な設計の」及び「適切に実施された」固定価格買取制度が、今まで再生可能エネルギー電力を促進するのに最も効率的 (受け取るトータル・サポートと発電コストの比較で決まる)

かつ効果的（消費される再生可能エネルギー電力の割合を増加させる能力）な支援政策であると結論付けている [11.5.4]。

適切に実施された固定価格買取制度が成功した主な理由の 1 つは、この制度が通常、長期固定価格の支払い、電力網接続とすべての発電に対する送電網の利用保証を組み合わせたことにより、投資の高い安全性を保証していることである。適切な設計の固定価格買取制度は技術的、地理的多様性の両方を助長してきており、様々な規模のプロジェクトを促進するのにより適切であることがわかっている。固定価格買取制度政策の成功はその内容次第である。最も効果的かつ効率的な政策は、以下の要素の大部分またはすべてを含んでいる [11.5.4.3]。

- ・ ユーティリティへの購入義務
- ・ 優先アクセスと優先給電
- ・ 発電コストをベースに、技術タイプやプロジェクトの規模によって区分された、綿密に算出した開始値を持つタリフ
- ・ 法に付記されている追加調整を伴う、長期の定期的な設計の評価と、短期の支払基準の調整。これは技術や市場の変化を反映させ、イノベーションや技術の変更を促し、コストを制御するためのものである。
- ・ ユーティリティを含む、ポテンシャルのある全ての発電機に関するタリフ
- ・ 適正利率を確保するための十分な期間にわたって保証されるタリフ
- ・ 利率に基づき、また国や地域全体で均等に分配されたコストへの統合
- ・ 明確な接続標準と、送配電コストを割り振る手順
- ・ 合理化された管理と申請プロセス
- ・ 適用除外が好ましいグループへの注意。たとえば競争の観点からの大口利用者、または低収入その他社会的に弱い立場の顧客など。

数か国における実例は、適切な設計の政策のもと、価格変動を少なくし（完全になくすことではない）、リスクを低減する長期契約を伴う再生可能エネルギーの証明書が発行される場合、市場割当スキームの効果は法に則った高いレベルに達する可能性があることを示している。一方、これらは最も成熟した、最低コストの技術に役立つことがわかっている。この効果は、様々な再生可能エネルギー・オプションが区別されている、または他のインセンティブと対になる場合には、政策の設計段階で対処される。最も効果的で効率的な量基準型枠組みには、以下の要素のすべてではないとしても、そのほとんど、特にリスクの最小化を支援するものが含まれている [11.5.4.3]。

- ・ 市場の大部分への適用（市場割当のみ）
- ・ 資源及び関係者などに対する明確に定義された適応ルール（市場割当及び入札・競売に該当）
- ・ 新設容量に明確な焦点を当てたバランスのとれた需給状態。市場割当は現時点での供給を上回るが、合理的なコストで達成可能（市場割当のみ）
- ・ 長期契約・特定買取義務及び終了日。市場割当とその次の市場割当の間に時間の空白が無いこと（市場割当のみ）。
- ・ 規則違反に対する適切な罰則と適切な執行（市場割当と入札・競売に該当）
- ・ 最低 10 年間の長期目標（市場割当のみ）
- ・ 技術固有の幅、あるいは差別的支援の適応（市場割当と入札・競売に該当）
- ・ 適切なリターン及び財政支援を可能にするための最低交付金（市場割当と入札・競売に該当）

ネットネーターまたは売電システムでは、指定した売電期間の別の時間に、小規模生産者が送電網に対し、顧客の超過負荷がその余剰発電で相殺される場合に限り、彼らの全需要量を超えて発電した再生可

能エネルギー電力のすべてを小売価格にてリアルタイムで「売却」出来るようにしている。これは、顧客に小規模の分散型電源に対する投資を促し、系統に電力を流れ込ませる動機を与えるための管理しやすい手段と考えられており、また、需要がピークとなる時間帯に再生可能エネルギー電力が生産される場合、ロードファクターを改善することで提供者に利益をもたらす。しかし、この制度のみでは、発電コストが小売価格よりも高額となる太陽光発電のような競争力の低い技術の著しい成長を促す刺激としては、発電コストが小売価格よりも高額となるため、ほとんどの場合で不十分であることが分かっている [11.5.4]。

普及のための政策 - 冷暖房

ますます多くの国で、再生可能エネルギーを利用した冷暖房（H/C）技術を向上させるためのインセンティブや指令が実施されている。再生可能エネルギーを利用した冷暖房への支援を行うに当たっては、政策立案者は分散になりがちな冷暖房技術に伴う特有の課題に取り組む必要がある。冷暖房サービスは一軒の住宅に行われる小・中規模の設備設置により提供される。或いは、地域暖房と冷房を提供する大規模な装置を備えることが可能である。再生可能エネルギーを利用した暖房（RE-H）と冷房（RE-C）両方に対する政策手法は特に、規模の大きさ、様々な温度にする調整能力、広範囲にわたる需要、熱負荷との関係、利用の変動性、及び中心となる供給または取引のメカニズムの欠如などの、より雑多な資源の特性に特に取り組む必要がある [11.5.5]。

冷暖房の再生可能エネルギー源の利用を支援する政策の数は、ここ数年増えており、その結果、再生可能エネルギーを利用した冷暖房の発電（IEA, 2007b）が増加している。しかし、支援体制の多くは再生可能エネルギーを利用した暖房に焦点を当ててきた。現在の再生可能エネルギーを利用した暖房を促進する政策はリベートや助成金、減税及び税控除のような財政上のインセンティブ、財政支援のような公的ファイナンス政策、利用義務のような規則、及び教育努力を含む [11.5.5.1→11.5.5.3, 11.6]。

これまで、財政上のインセンティブが広く利用されている政策であったが、再生可能エネルギーを利用した暖房システムの導入後に利用可能な税額控除（つまり事後）は、導入前に事前承認が必要となる助成金と比べ、輸送の面で有利となる可能性がある。ただし、このオプションの利用は限定される。利用義務、クォータ制などの規制政策によって、再生可能エネルギーを利用した冷暖房の成長を公共予算から独立して、促進するポテンシャルに対する関心が高まってきた。しかし、現在まで、これらの政策を利用した事例は少ない [11.5.5]。

再生可能エネルギーによる発電及び輸送と同様に、再生可能エネルギーを利用した冷暖房の政策は、設計の段階で特定の技術、現在の市場及び現在のサプライチェーンの成熟状態を考慮した場合、特定の条件や場所により適したものになる。生産インセンティブは、費用対効果が低い測定・監視方法を持つ小規模で分散型のオンサイトの冷暖房システムの導入よりも、地域暖房網など大規模な冷暖房システムのほうが、より有効である [11.5.5]。

再生可能エネルギーを利用した冷房技術を支援する政策例はいくつかあるが、再生可能エネルギーを利用した冷房のみの普及促進を目的とする政策は、概して、再生可能エネルギーを利用した暖房の場合の政策に比べ、あまり発展していない。

上記で取り上げた枠組みの多くは、再生可能エネルギーを利用した冷房にも適用出来るが、一般に、暖房の場合と同じようなメリットとデメリットがある。再生可能エネルギーを利用した冷房に対する普及政策での経験不足は、多くの再生可能エネルギーを利用した冷房技術の技術開発が初期段階にあることと関係している可能性が高い。初期市場及びサプライチェーンを発達させるための研究開発支援及び政策支援は、近い将来における再生可能エネルギーを利用した冷房技術の普及を促進する上で特に重要となる可能性がある [11.5.5.4]。

普及のための政策 - 運輸

運輸用の再生可能エネルギーの普及を支援するために、様々な政策が実施されてきたが、これらの政策の大多数と関連する事例がバイオ燃料に特有のものになっている。バイオ燃料の支援政策は財政上のインセンティブ（バイオ燃料くみ上げ時の税控除など）又は規則（混合義務など）による国内消費の促進、生産設備に対する公的ファイナンス（融資など）や原材料の支援または政策減税（消費税免除など）による国内生産の促進を目的とする。通常、政府は政策を組み合わせで制定する [11.5.6]。

税上のインセンティブは一般にバイオ燃料の支援のため使用され、それによって化石燃料に対するバイオ燃料の費用競争力が変動する。この政策はバイオ燃料のバリュー・チェーン全体に沿って導入されるが、通常、この政策が最も対象となるのは、バイオ燃料生産者（消費税免除・控除など）と、最終消費者（バイオ燃料くみ上げ時の税控除など）のいずれか、またはその両方である [11.5.6]。

しかし、ヨーロッパの一部の国及びその他の G8+5 の国々は、バイオ燃料に対する優遇税制措置の利用から混合義務へと次第に移行し始めている。一般的にこれらの義務が暗示する価格は公にされない（電力部門などとは対照的）ため、バイオ燃料義務の下で支援の水準を評価することは難しい。バイオ燃料使用義務は多くの最新のバイオ燃料産業の発展と成長におけるキー・ドライバーである一方、燃料提供者は低コストのバイオ燃料を混合する傾向にあるため、特定種類のバイオ燃料の利用促進にはあまり適していないことがわかっている。元来、バイオ燃料使用義務は、広範囲に平等な分配を達成し、内在する社会的・環境的悪影響を最小化するためのさらなる要件を慎重に検討する必要がある。輸送燃料消費におけるバイオ燃料の占める割合が特に高い国々では、義務（罰則込み）に財政的インセンティブ（率優先した税免除）を組み合わせたハイブリッドシステムが存在する [11.5.6]。

統合

急速に再生可能エネルギーの普及を拡大し、政府/社会が特定の目標を達成出来るようにするためには、一部の政策要素が他よりも効果的かつ効率的であることが示されている。政策設計及び実施の詳細部分は、効果及び効率を判断する際に、実施中の具体的な政策と同程度重要だろう。主要な政策要素の例を以下に示す [11.5.7]。

- ・ 投資家が、リスクに見合ったリターンで投資を回収出来るようにコストをカバーする固定価格買取制度などの助成金による適切な価格。
- ・ ネットワーク及び市場へのアクセスの保証、もしくは最低でも保証された明確に定義されたアクセスの除外規定。
- ・ リスクを緩和することによりファイナンス・コストを下げる長期契約。
- ・ 技術及び用途の多様性を織り込んだ規定。再生可能エネルギー技術の成熟度及び特徴は様々であり、それに伴う障壁も大きく異なっていることが多い。気候変動を緩和するためには、複数の再生可能エネルギー源及び技術が必要となる可能性があり、現在は他のものより成熟度が低かったり、コストが高かったりする技術も、将来的にエネルギー需要の充足及び温室効果ガス排出量削減において重要な役割を果たす可能性がある。
- ・ 技術や市場が進歩するにつれて時間とともに減少すると予想されるインセンティブ。
- ・ 透明性が高く、容易にアクセス出来るため、関係者が政策及びその機能に加え市場への参入やコンプライアンスに必要となるものを理解出来る政策。中長期的政策目標のような透明性も含まれる。
- ・ 供給側（伝統的生産者、技術またはエネルギー供給の販売業者（電力、熱、燃料の別なく））及び需要側（事業、家庭など）両方における参入のポテンシャルを可能な限り広くすることを意味する包括性。これは分散型再生可能エネルギーとともに「自発的に発生」し、より多くの資本の投資を促してより幅広い再生可能エネルギー向け公的支援の構築を助け、競争を強化する、より広範な参入を可能にする。
- ・ 優遇された免除グループ、たとえば競争的地盤での主要な利用者や低収入及び脆弱な消費者への、公平性と分配面における配慮。

また、全ての政策に合う雛型的政策は存在せず、政策立案者は経験から学び、必要に応じてプログラムを調整する能力を発揮することが有効な事を認識することも重要である。政策は、地方の政治的、経済的、社会的、生態的、文化的、そして財政上の需要及び条件に加え、技術の成熟度、手の届く資本の利用可能性、地方及び国家の再生可能エネルギー資源材料などの要因に対応する必要がある。さらに、中

国の経験ではっきりとわかるように、再生可能エネルギーの様々な障壁を克服するためには一般的に政策の組み合わせが必要となる。透明性が高く持続する政策の枠組みは、特定の政策の予測可能性から、炭素の価格決定及びその他の外部性、再生可能エネルギーの長期目標に至るまで、投資リスクを低減、再生可能エネルギー展開及び低コストの用途の発展を促進するのに重要であることが明らかになった [11.5.7]。

再生可能エネルギー政策のマクロ経済的影響

供給プッシュ型再生可能エネルギー利用促進への支払金は公共の予算（多国間、国、地方）からの出費となる傾向にあり、一方、需要プッシュ型の枠組みのコストは大抵、最終消費者が負担する。たとえば、再生可能電力政策は国の電力部門に対して行われ、ここで発生する新たなコストは大抵、電力消費者が負担するが、免除または再配分により、個人の顧客や社会的に立場の弱い顧客に対するコストを必要に応じ削減出来る。いずれにせよ支払うべきコストは発生する。目的がこの先数十年にわたってエネルギー部門を変革することである場合、この期間全体でのコストを最小限に抑えることが重要であり、この計算に社会に対するコスト及び便益をすべて含めることも重要である [11.5.7.2]。

再生可能エネルギーのコストと便益の総合分析は、これらの正味の影響の判断において非常に多くの要素が関与するので非常に難しい。影響は次の 3 つに分類される。（1）システムの直接的及び間接的コストと再生可能エネルギーの普及の便益。（2）分散の影響（再生可能エネルギーの利用促進の結果として経済的関係者またはグループが受ける便益や負担）。（3）GDP や雇用に与える影響のようなマクロ経済的側面。たとえば、再生可能エネルギー政策は将来の経済成長や雇用創出の機会をもたらすが、正味の影響を測ることは複雑で不正確なものである。これは再生可能エネルギー利用促進の新たなコストが経済に対し配分及び予算の影響を発生させるからである。国、または地域経済に対するこれらの影響を調査している研究はほとんどない。しかし、実施されている研究では、ほとんどの場合、正味の経済的なプラス効果があるとしている [11.3.4, 11.5.7.2]。

再生可能エネルギー政策と気候政策の相互作用、及び想定外の潜在的影響

再生可能エネルギーの展開における重複する要因と根拠、重複する管轄区域（地方、国、世界）により、時折、想定外の影響を伴う多数の政策間相互作用が発生する。したがって、政策間の相互作用と複数の政策の累積的な影響の明確な理解が重要である [11.3, 11.5.7, 11.6.2]。

世界規模で包括的に適用されない場合、炭素価格設定と再生可能エネルギー政策の両方が「炭素漏損（リーケージ）」のリスクを生む。1 つの管轄区域または部門における再生可能エネルギー政策は、その管轄区域または部門における化石燃料エネルギーの需要を縮小させる。他の条件が等しければ、それによって世界規模で化石燃料価格が低下するため、他の管轄区域または部門における化石エネルギー需要が押し上げられる。全世界で実施しても、準最適な炭素価格と再生可能エネルギー政策は炭素の排出量を潜在的に増加させる可能性がある。たとえば、化石燃料資源の所有者が長期的により強力な再生可能エネルギー普及支援政策を恐れている場合、再生可能エネルギー支援が穏やかな限り、その所有者は資源抽出を増加させる可能性がある。同様に、将来の炭素価格の上昇見通しは、油田やガス井の所有者が炭素税の低い内に資源をより早く抽出する動機づけとなり、気候及び再生可能エネルギー技術の普及の両方についての、政策立案者の目標を弱体化させる。このような「グリーン・パラドックス」の状況はかなり特異的であり、炭素価格設定は低い水準から始め、急速に上昇させる必要がある。同時に補助金付きの再生可能エネルギーは化石燃料を基盤とする技術よりも、価格が高いままでなければならない。しかし、炭素価格と再生可能エネルギーの補助金が最初から高水準で開始する場合、このようなグリーン・パラドックスが起こる可能性は低い [11.5.7]。

再生可能エネルギーの補助金を伴う炭素税のような、固定の炭素価格を設定する混合政策の累積的な影響は、大部分は付加的である。言い換えると、再生可能エネルギーの補助金を伴う炭素税の増額は、排出量を抑え、再生可能エネルギーの展開を促進する。しかし、排出量取引や再生可能エネルギーのクォータ制のような内因性価格政策を組み合わせたエネルギーシステムへの影響は、一般的にそれほど直接的ではない。排出量取引制度にさらに再生可能エネルギー政策を追加すると、通常、炭素価格を低下させ、次に、炭素強度（石炭エネルギーなど）の技術を、天然ガス、原子力やエネルギー効率改善などの他の非再生可能エネルギー減少オプションと比較してより魅力的なものにする。この場合、排出量全体は上限までに固定されたままだが、再生可能エネルギー技術が、他のエネルギー技術よりも規模の大きな特定の外部性及び市場障壁に遭遇している場合にのみ、再生可能エネルギー政策は法的順守のコスト

を減少させ、社会福祉を改善する [11.5.7]。

最後に、再生可能エネルギー政策単独（つまり炭素価格は含まない）では、非再生可能エネルギーの低炭素技術及びエネルギー効率の改善を含む利用可能な最小コストの緩和オプションを全て利用するのに十分なインセンティブを提供しないため、必ずしも炭素排出量を削減する効率的な手法とはならない [11.5.7]。

11.6 促進的環境と地域問題

再生可能エネルギー技術は、エネルギーシステムの変化を促進する広範囲の「促進的」政策とともに実施される場合、気候変動緩和における重要な役割を担う。「促進的」環境は、さまざまな制度、関係者（金融業界、経済界、市民社会、政府など）、インフラ（ネットワーク及び市場など）及び政治的成果（国際協定・協力、気候変動戦略など）を網羅する（表 TS.11.1 を参照） [11.6]。

エネルギーシステムにおけるイノベーションの促進を通じて再生可能エネルギーにとって有利な、または「促進的」環境を作り出すことが可能である。すなわち、既定の政策と、その他の再生可能エネルギー政策やその他の非再生可能エネルギー政策とを、出来る限り相互に作用させる。再生可能エネルギー開発事業者による財源確保やプロジェクトの達成促進を行う。再生可能エネルギーの導入や成果のためのネットワークや市場へのアクセスに対する障壁を取り除く。技術移転や人材育成を可能にする。機関やコミュニティのレベルでの教育の質向上や意識向上を行う。そして、「促進的」環境の存在により、再生可能エネルギーを普及させる政策の効率や効果を上げることが出来る [11.6.1～11.6.8]。

イノベーションに関する文献では、普及している技術により適切な制度環境が整備されるため、確立された社会技術システムがイノベーションの多様性を狭める傾向にある、という結論が一般に受け入れられている。この結論は強力な経路依存性を発生させ、競合するよりよい代替候補を除外（またはロック・アウト）する可能性がある。以上の理由により、社会技術システムの変化には時間がかかり、その変化には線形ではなく体系的な変化が含まれる。再生可能エネルギー技術は、世界の大部分で、現存するエネルギー供給構成に対応するために構築されるエネルギーシステムに統合されつつある。その結果、インフラは現在の主要な燃料、及び考慮する必要のあるロビー活動や同業者に有利に働く。技術変化は複雑なため、全レベルの政府（地方から世界まで）が政策を通じて再生可能エネルギー開発を促すこと、非政府関係者も政策の策定や実施に関与することが重要である [11.6.1]。

お互いに補足しあう政府の政策は成功する可能性が極めて高く、個々の再生可能エネルギー政策の設計も、他の政策との調整がうまくいくかどうかに影響する。農業に対するエネルギーから水政策まで、といった複数の部門にわたる政策の相補性を積極的に推進しようと試みることは、一方でそれぞれの独立した目的も考慮するが、容易な作業ではなく、ありうるトレードオフによっては双方に裨益するかあるいはどちらかが有利な状況や勝つか負けるかという状況を作り出す。これは、部門間の政策の矛盾や不一致を除外し、同時に複数の管理レベルにて活動の調整を行う強力な中枢の必要性を意味する [11.6.2]。

広範囲の促進的環境には、再生可能エネルギー技術またはプロジェクトの特有のリスクとリターンのプロファイルを反映する条件にて、財政支援の利用手段を提供出来る金融部門が含まれる。財政支援やその利用手段のコストは、投資時に普及している広範囲の金融市場の状況、プロジェクトや技術及び関係者特有のリスクに左右される。広範囲の状況とは、再生可能エネルギー特有の政策の域を超え、政策及び通貨リスク、さらにエネルギー部門の他の部分からの投資をめぐる競争など、エネルギー関連問題、エネルギー部門の規則または改革の状態を含む [11.6.3]。

表 TS.11.1: 再生可能エネルギーの管理体制を成功させる要因及び参加者
[表 11.4]

促進的環境の 特徴→ 再生可能エネルギー政策を成功 させる要因及び 関係者↓	11.6.2 節 統合政策（国の 政策、超国家的 政策）	11.6.3 節 金融と投資リス クの 削減	11.6.4 節 地方における計 画及び許可	11.6.5 節 再生可能エネル ギー技術のイン フラ、ネットワ ークと市場の提 供	11.6.6 節 技術移転と人材 育成	11.6.7 節 政府の域を超え るアクターから の学習
制度	設計段階で再生可能エネルギー政策を他の政策と統合させることにより、政府の政策同士の不一致の可能性を減少させる。	融資を行う制度及び機関の整備により、国同士の協力を促進し、長期低利貸し付け又はクリーン開発メカニズム（CDM）を提供出来る。 長期公約はリスクに対する認知を低減する。	計画及び許可プロセスにより、地方において、再生可能エネルギー政策が非再生可能エネルギー政策と統合出来るようになる。	政策決定者及び取締役官は、安全基準や利用規則などのネットワークや市場に対するインセンティブ及び規則を制定することが出来る。	再生可能エネルギー技術の信頼性は認証により保証される。 制度協定は技術移転を可能にする。	他の関係者から自由に学ぶことにより政策の設計を補完でき、現在の社会状況において機能することにより政策の効果を高めることが出来る。
市民社会（個人、世帯、非政府組織、共同体など）	市町村または都市は地方における国の政策の統合についての決定的役割を担う。	コミュニティ投資は投資リスクを共有し、削減出来る。 投資及びプロジェクト開発における官民パートナーシップは政策手段に関するリスクの低減に貢献する。 適切な国際制度により、資金の公平な分配が可能。	地方の計画及び許可プロセスへの市民社会の参加により、多くの社会的に関連する再生可能エネルギー・プロジェクトの選択が可能になることがある。	市民社会はエネルギーの共同生産及び新たな分散型モデルを通じて、電力供給網の一部となることが出来る。	地方の関係者及び非政府組織は、多国籍企業、非政府組織、中小企業をまとめる新たなビジネスモデルを用いて、技術移転に関与することが出来る。	公開政策プロセスへの市民社会参加により、新たな知識が創造され、制度変更が促される。 市町村及び都市は地方でも可能な再生可能エネルギーの技術開発を行うソリューションを開発する。 人々（個人または集団）は政策の意図及び背景の制約に整合性がある場合、発展するエネルギーに関連した活動をする可能性がある。
金融業界と経済界	-	投資及びプロジェクト開発における官民パートナーシップは政策手段に関するリスクの低減に貢献する。	再生可能エネルギー・プロジェクトの開発事業者は、（1）計画及び許可要件を伴うプロジェクト開発の調整（2）地方におけるニーズと条件に対する、計画及び許可プロセスの適合について、ノウハウと	ネットワーク及び市場規則が明確であると、投資家の信頼性が増す。	融資機関及び政府機関は政府と提携し、長期低利融資またはクリーン開発メカニズム（CDM）を提供出来る。	多国籍企業は地方の非政府組織または中小企業を新しい技術開発（新たなビジネスモデル）に関与させることが出来る。 法人及び国際機関の整備は投資リスクを低減させる。

			業務用ネットワークを提供する。 経済界は整合性がある統合された政策に対し、積極的にロビー活動を行う可能性がある。			
インフラ	ネットワーク規則・市場規則に政策を統合することで、低炭素経済に適したインフラ整備が可能になる。	ネットワーク及び市場規則が明確であると、投資のリスクが低下し、投資家の信頼性が増す。		明確で透明性の高いネットワーク規則及び市場規則は、将来の低炭素社会を補完するインフラをもたらす可能性が一段と高い。		都市及びコミュニティの、長年にわたるインフラ及びネットワーク開発の枠組みにより、政策決定への地方の関係者の関与を持続させることが可能である。
政策（国際協定・協力、気候変動戦略、技術移転など）	超国家的ガイドライン（「合理化」、海洋計画、影響研究におけるEUなど）は、再生可能エネルギー政策を他の政策と統合するのに貢献する。	再生可能エネルギー政策の長期にわたる政策公約は、再生可能エネルギー・プロジェクトにおける投資リスクを軽減する。	超国家的ガイドラインは計画及び許可プロセスの進展に貢献する可能性がある。	開発法人はインフラ整備の持続を支援し、低炭素技術を利用しやすくする。	クリーン開発メカニズム、知的財産権（IPR）及び特許契約は技術移転に貢献する。	非政府機関からの適切な提供意見は、社会的に関連するより多くの合意を促す。 技術移転に関する専門家グループ（EGTT）、地球環境ファシリティ（GEF）、クリーン開発メカニズム（CDM）及び共同実施（JM）などの気候変動枠組条約のプロセスの枠組みは再生可能エネルギー政策決定における非国家関係者の関与を促進するガイドラインを示す。

これまでの成功した再生可能エネルギー技術の普及では、国家及び地方両方において好ましい手続きが併用されていた。利用許可の「効率化」などの普遍的な手続きの調整は、場所及び規模に固有の条件を無視してしまうと思われるため、プロジェクト普及のレベルにおけるステークホルダー間の対立を解消する可能性は低い。再生可能エネルギーの導入を促進する計画の枠組みは、以下の要素を含むことがある。すなわち、関係者の期待や興味の調整、再生可能エネルギー普及の背景の重要性についての理解、便益共有の枠組みの採用、協業ネットワークの構築、及び交渉の対立部分を明確に示す枠組みの導入などである [11.6.4]。

再生可能エネルギー・プロジェクトが計画承認を受領したのちは、以下の場合に再生可能エネルギー・プロジェクトの構築に対する投資が行われる。(1) ネットワークへの経済的連携が合意された後 (2) プロジェクトがネットワークとの再生可能エネルギー生産の「買い入れ」についての契約を結ぶ時 (3) 通常は市場経由で行うエネルギーの販売が補償される時。これらの要件を満足させる能力、そのゆとり

及びコストは再生可能エネルギー・プロジェクトが実現出来るかどうかの中核をなす。さらに、再生可能エネルギーがエネルギーシステムに統合される方法は、再生可能エネルギーの統合全体のシステムのコストや様々なシナリオの道筋のコストに影響を及ぼす。再生可能エネルギー・プロジェクトのインフラ及び接続を時宜に応じて拡張及び強化するため、経済的規制者が、「先行」または「事前」ネットワーク投資や本格的なインフラ強化に先立つプロジェクト接続を認めなければならない可能性がある [11.6.5, 8.2.1.3]。

多くの国では、主要な課題は再生可能エネルギー技術へのアクセスと関係している。再生可能エネルギー技術を含む、多くの低炭素技術は数か国で開発され、その数か国に集中している。比較的発展した経済国において開発されたクリーン技術へのアクセスなしに産業発展の汚染が激しい段階を「リープフロッグ」することが出来る可能性が低いと言われている。しかし、非援助国における環境政策がその技術の採用に対してインセンティブを付与しない限り、再生可能エネルギー技術のような技術は一般的に、国境を越えていくことはない。また、技術移転は置き換えるのではなく、人材育成における国内での取り組みを補完するべきである。都会から離れた農村のコミュニティにおいて再生可能エネルギーに関する適応、導入、保守、修理、及び改善の能力を得るためには、技術移転への投資を、専門性、導入に関する助言及び訓練、技術適応、修理、及び保守を提供するコミュニティに根差した拡張サービスへの投資によって補完しなければならない [11.6.6]。

技術移転に加えて、制度学習も再生可能エネルギーの普及を進めるうえで重要な役割を担う。制度学習は制度変更につながり、再生可能エネルギー政策の選択及び設計を制度が改善する余地が生まれる。これは、再生可能エネルギー・プロジェクトにおける位置決定や投資について多数の決定を行う必要がある、より深いレベル（農村の場合が多い）での制度面の能力強化を図っている。制度学習は、政策立案者が、政策立案における協調的アプローチのためにこれらの非政府関係者を引き寄せられる場合に、制度学習は発生する可能性がある。情報及び教育はエネルギーに関する活動に影響を与える主要政策ツールとして重視されている。しかし、教育ベース及び情報ベースの政策の効果は、背景要因により制限され、情報ベース及び教育ベースの政策のみへの過度な依存には注意が必要となる。エネルギーに関する活動の変化は、個人の基準や態度が価格、政策の意図、及び再生可能エネルギー技術自体、個人が自身を知る社会的背景と相互作用を行うプロセスの結果である。これらの文脈的要因は、個人の行動よりも複雑ではあるが効果的でもある変化の媒体としての集団行動の重要性を示している。このことは、政策立案者が再生可能エネルギー移行への個人の関与を望む場合における狭義の「態度行動変化」政策の枠を超えた協調的な体系的政策を支持している [11.6.7, 11.6.8]。

11.7 構造的変化

もし政策決定者が再生可能エネルギーの割合を増加させ、同時に意欲的な気候緩和目標を達成しようとするならば、長期にわたって実例から学ぶ意思と柔軟性が重要となる。再生可能エネルギーの割合を高く保ちながら温室効果ガス濃度安定化レベルを達成するには、今後数十年にわたり現在のエネルギーシステムの構造的変化が必要となるだろう。この低炭素エネルギーへの移行は、移行可能な期間が数十年に制限される。そのため開発後は、将来の再生可能エネルギーの高い普及率のもとで必要となる構造とは大きく異なる現在エネルギー構造のもとで構築されるシステムへ、統合されなければならない。そのため、以前とは異なるエネルギー移行（薪から石炭、石炭から石油など）となる [11.7]。

主に再生可能エネルギーを基盤とする世界的なエネルギーシステムへの構造的変化は、再生可能エネルギーと併用してエネルギー効率を向上させるという重要な役割を担うことから始まる。しかし、これには、炭素リーケージ及びリバウンドの影響を回避する税または排出量取引スキーム形式の妥当な炭素価格政策が必要となる。技術の普及を支援するため、研究開発の枠を超えて拡張する新たな政策が必要であり、これは、教育及び意識向上を含む促進的環境の構築、農業・輸送・水道管理・都市計画などの広範囲にわたる部門と行う統合政策の系統的開発である [11.6, 11.7]。再生可能エネルギーへの最大の投資を促す政策の枠組みは、リスクを減少させ、魅力的なリターンを実現し、投資期間にわたって安定的であるように設計されるものである [11.5]。エネルギーのインフラが開発途上の場合や、エネルギー需要が将来増加すると見込まれる場合は、適切かつ信頼し得る手段が一段と重要になる [11.7]。